



Piano Strutturale Comunale

G4 - Rapporto di Valsat

Elaborato gestionale

RAPPORTO sulla SOSTENIBILITA' GENERALE di Ravenna

ADOTTATO	Delibera di C.C.P.V. n. 117/2005	Del 23-06-2005
APPROVATO	Delibera di C.C.P.V. n. 25/2007	Del 27-02-2007
PUBBLICATO	BUR n. 57/2007	Del 26-04-2007

Sindaco	Fabrizio Matteucci
Segretario Generale	Dott. Amedeo Penserino
Assessore Urbanistica	Fabio Poggjoli

CONSULENTI

Consulente generale	Prof. Arch. Gianluigi Nigro	Consulente sostenibilita' ambientale	Prof. Enzo Tiezzi
Collaboratori	Arch. Tiziana Altieri	Collaboratore	Arch. Marco Rosini
Consulente operativo	Arch. Giovanna Mathis		
Consulente paesaggio	Arch. Edoardo Preger		
	Arch. Francesco Nigro		

UNITA' DI PROGETTO

Responsabile Coordinatore	Arch. Franco Stringa	S.I.T.	Ing. Giovanni Malkowski	Collaboratori	Arch. Raffaella Bendazzi
Responsabile attivita'	Arch. Alberto Mutti		Dott. Alessandro Morini		Arch. Stefania Bertozzi
	Arch. Francesca Proni		Silvia Casavecchia		Arch. Paola Billi
	Arch. Antonio Olivucci		Arch. Elisa Giunchi		Mauro Burnazzi
	Arch. Leonardo Rossi	Segreteria	Giovanna Galassi Minguzzi		Arch. Daniela Giunchi
	Arch. Antonia Tassinari		Franca Gordini		Arch. Caterina Gramantieri
Responsabile Ambiente	Dott.ssa Angela Vistoli	Comunicazione	Maurizia Pasi		Arch. Luigi Liverani
Istruttori Tecnici	Barbara Amadori				Arch. Elisa Marchi
	Francesca Brusi				Paolo Minguzzi
	Federica Proni				Mirko Venturrelli



**In sede di controdeduzione non sono state apportate
modifiche al presente documento non essendo pervenute
osservazioni in merito.**





Gli autori desiderano ringraziare tutto lo staff tecnico dell'Area Pianificazione Territoriale del Comune di Ravenna e in particolare dell'Unità Operativa del Sistema Informativo Territoriale. Senza il loro lavoro non sarebbe stato certamente possibile raggiungere questi risultati.

Un ringraziamento particolare va poi alla Dott.ssa Serena Bellinzona per il prezioso contributo nella meticolosa organizzazione dei dati statistici per le analisi di flusso.





Indice

0. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, TERMODINAMICA E SOSTENIBILITÀ: UNA PREMESSA E ALCUNE INDICAZIONI	<i>p. 6</i>
o.o.1. La deriva della sostenibilità	<i>p. 11</i>
o.o.2. La sostenibilità generale nelle fatiche del piano: il caso di Ravenna	<i>p. 12</i>
o.o.3. Il pregiudizio del PIL, smentito dalla termodinamica	<i>p. 15</i>
o.o.4. Il contributo teorico: l'analisi degli emergy storages	<i>p. 16</i>
1. LE BASI TERMODINAMICHE DELLA SOSTENIBILITÀ	<i>p. 19</i>
1.0.1 Emergeia ed exergia, i punti essenziali	<i>p. 21</i>
1.1. L'ANALISI EXERGETICA E CONCETTI TERMODINAMICI FONDAMENTALI	<i>p. 23</i>
1.1.1. Fortuna e prospettive dell'exergia applicata allo studio delle tematiche ambientali	<i>p. 23</i>
1.1.2. Radici e fondamenti dell'analisi exergetica	<i>p. 25</i>
1.1.3. La biosfera e l'exergia nei processi naturali	<i>p. 30</i>
1.1.4. L'uso dell'exergia da parte della società	<i>p. 34</i>





1.2. L'ANALISI EMERGETICA	<i>p. 37</i>
1.2.0. L'emergia: un approccio orientato. Una premessa contro il rischio dell'ingenuità inversa	<i>p. 37</i>
1.2.1. Analisi emergetica: concetti e definizioni	<i>p. 43</i>
1.2.2. Confronto con le analisi economiche	<i>p. 44</i>
1.2.3. Come viene svolta un'analisi emergetica di flusso	<i>p. 45</i>
1.2.4. Indicatori basati sull'analisi emergetica per la valutazione di un'economia nazionale o locale	<i>p. 45</i>
1.2.5. Il maximum power principle e l'efficienza dei sistemi	<i>p. 51</i>
1.2.6. Emergia e transformity	<i>p. 55</i>
1.2.7. L'algebra dell'emergia	<i>p. 56</i>
1.3. GLI STORAGES EMERGETICI: FONDI, DEPOSITI E ACCUMULI	<i>p. 61</i>
1.3.1. Il ruolo non-banale degli storages nei sistemi complessi	<i>p. 61</i>
1.3.2. Tipologie di storages emergetici, attraverso la storia e l'organizzazione della biosfera	<i>p. 64</i>
1.3.3. La gestione degli storages: sostenibilità e apprendimento	<i>p. 67</i>
1.3.4. Una proposta operativa, pensando alla pianificazione	<i>p. 69</i>
1.3.5. Em-storages antropici: la risorsa città	<i>p. 70</i>
1.3.6. Em-storages biotici e capitale naturale	<i>p. 71</i>
2. ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ GENERALE DI RAVENNA	<i>p. 75</i>
2.0. CITTÀ E SOSTENIBILITÀ, LA CONOSCENZA DI SFONDO	<i>p. 77</i>
2.0.1. La dissoluzione della regione urbana	<i>p. 77</i>
2.0.2. La rete urbana globale: un bilancio	<i>p. 79</i>
2.1. L'ANALISI DI RAVENNA ATTRAVERSO I FLUSSI DI EMERGIA	<i>p. 83</i>
2.1.1. La struttura dell'analisi	<i>p. 83</i>
2.1.2. La costruzione del modello	<i>p. 85</i>
2.1.3. Dati e fonti – elaborazioni	<i>p. 88</i>
2.1.4. L'analisi emergetica – tabelle di sintesi	<i>p. 103</i>





2.1.5 Schede	<i>pp. 106-174</i>
2.1.6 Risultati – flussi energetici	<i>p. 175</i>
2.1.7 Il Comune di Ravenna	<i>p. 178</i>
2.1.8 Il porto di Ravenna	<i>p. 170</i>
2.1.9 Unità elementari	<i>p. 182</i>
2.1.10 Schede	<i>pp. 184-205</i>
2.1.11 Mappe di sintesi e indicatori energetici	<i>p. 206</i>
2.2. L'ANALISI DEGLI STORAGES EMERGETICI DI RAVENNA: FONDI E ACCUMULI	<i>p. 213</i>
2.2.1. Gli Em-storages biotici: il capitale naturale	<i>p. 213</i>
2.2.2. La procedura di calcolo	<i>p. 215</i>
2.2.3. La frazione epigea	<i>p. 216</i>
2.2.4. La frazione ipogea	<i>p. 222</i>
2.2.5. Gli Em-storages antropici: il capitale urbano	<i>p. 229</i>
2.2.6. La procedura di calcolo	<i>p. 229</i>
3. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE PER LA VALSAT	<i>p. 237</i>
BIBLIOGRAFIA	<i>p.241</i>





■ *pagina 6*





Pianificazione territoriale, termodinamica e sostenibilità: una premessa e alcune indicazioni

«Non ha senso fare una politica ambientalista in Europa e non occuparsi di quello che succede in Sud America, e soprattutto di quello che succede nei Paesi in via di sviluppo. Il vero problema di questo impatto è la sua esistenza sul piano planetario.»
Carlo Rubbia (1995)

Il composito ambito della pianificazione territoriale e urbanistica è stato interessato, nel corso degli ultimi trent'anni, da un fenomeno curioso quanto pervasivo. Mentre nelle riflessioni disciplinari e nei documenti di Piano ricorreva sempre più spesso il tema della sostenibilità, il dibattito sui "limiti della crescita", che aveva informato di sé tanta parte degli anni '70, è stato progressivamente messo ai margini in funzione di approcci decisamente più "pragmatici" di gestione e, finalmente, di supporto alla *crescita* delle economie locali.

Alla fine degli anni '90 anche i filoni più "*environmentally oriented*" della disciplina si sono diretti verso la ricerca di soluzioni che garantissero il mantenimento degli equilibri dell'ambiente locale "dimenticando", non importa quanto in buona fede, per opportunità ovvero per ignoranza, il tema rilevante della *sostenibilità globale*.

Le radici di questa miopia nello sguardo della pianificazione sono da imputare in parte alla tensione neo-pragmatica che ha interessato un po' tutte le correnti riformiste del pensiero occidentale fiorentole di ammiccanti "terze vie", in parte alla mancanza di una autentica cultura scientifica diffusa.

Il fatto che gli strumenti a disposizione del pianificatore abbiano un orizzonte di coerenza necessariamente limitato giustifica infatti solo in parte l'assenza quasi totale di attenzione al problema del rapporto fra attività locali e vincoli globali.

I limiti che oggi trovano spazio nelle analisi come negli strumenti di controllo e verifica dei piani e dei programmi sono, nella quasi totalità, *valori di soglia* relativi a particolari "pressioni" che vengono esercitate sull'ambiente locale. Nella vulgata delle pubbliche amministrazioni parlare di ambiente, oggi, significa *in primis* riferirsi ai cosiddetti "superi" delle polveri sottili o dell'ozono nell'aria, alle classi di qualità delle acque, alle soglie di inquinamento acustico o elettromagnetico: a set di valori ben noti e monitorabili (con le difficoltà





tecnico-economiche del caso), al di là dei quali la legge impone di intervenire a tutela della salute pubblica.

Su un piano parallelo esiste il filone, storicamente precedente, della verifica del rischio, prima quello idrogeologico, più recentemente quello connesso alle attività industriali.

Su un terzo livello si trova poi il tema delle aree protette, della tutela della flora e della fauna, della gestione dei parchi che, per tanto tempo, hanno rappresentato *tout-court* "l'ecologia" nell'immaginario collettivo.

Le esperienze, più recenti, di Agenda XXI hanno raccolto sotto l'ombrello semantico della sostenibilità tutti questi aspetti già frequentati dalla routine amministrativa della cosa pubblica, aggiungendo un accento sulla partecipazione e sulla condivisione sociale. Unici elementi scollati dal senso complessivo di questo scenario, ma talmente scontati da non dare nell'occhio, i temi del "risparmio" energetico, dell'effetto serra e del cosiddetto buco nell'ozono.

Questo patchwork di attenzioni rivolte (escludendo, appunto, le ultime tre voci) all'ambiente *locale* si è ormai talmente consolidato che non emerge nessun disagio, nessun sospetto sul come l'etichetta della sostenibilità definisca, in realtà, un orizzonte di senso comune capace di connettere tra loro tutti questi temi, ma introducendo a monte – questo il punto dolente – dei limiti globali.

Il tema fondante dei limiti della crescita è diventato, anzi, un autentico tabù, al punto da far perdere talvolta la percezione della dicotomia fra *crescita* e *sviluppo*, fino a far accettare quale sinonimo di sviluppo sostenibile il brutto ossimoro della "crescita sostenibile".

Ma al di là di questo smarrimento assai generalizzato, il rapporto tra i grandi enunciati delle convenzioni internazionali sulla sostenibilità e gli atti concreti della pianificazione locale è ampiamente monco, per quanto riguarda il tema della sostenibilità globale, anche (e forse soprattutto) perché ai pianificatori manca un solido apparato analitico di riferimento.

Una volta concesso che alle comunità locali e alle classi politiche interessa soprattutto lo stato di salute dell'ambiente locale, come può infatti il pianificatore di buona volontà *capire* quali effetti ha il comportamento del suo sistema territoriale sul consumo delle risorse, ovvero sull'inquinamento complessivo della biosfera? Come è quindi possibile mantenere, nei tempi stretti della produzione del consenso che (almeno nei paesi cosiddetti democratici) sta alla base della pianificazione, la presa sui tempi lunghi e sulle scale dimensionali della sostenibilità globale, se nemmeno si possiedono solidi elementi di conoscenza da proporre al dibattito collettivo?

La convinzione sottesa a tutto il lavoro presentato qui di seguito è che alcune descrizioni di tipo termodinamico possiedano il grado di generalità necessario per comprendere lo stato di salute di un territorio rispetto alla sostenibilità globale, costruendo al tempo stesso una conoscenza rilevante – e immediate conseguenze pratiche – anche sotto il profilo della sostenibilità locale. La visione ampia della termodinamica può fornire alla pianificazione un punto di riferimento, ma più in generale informare la politica e le politiche, af-





finché il tema della sostenibilità torni ad essere, anziché una formula consolatoria, l'occasione per costruire un'autentica *cultura della trasformazione*.

La deriva della sostenibilità

Il merito di avere riconosciuto chiaramente la natura problematica, addirittura potenzialmente conflittuale, del rapporto fra sostenibilità locale e sostenibilità globale nella gestione delle politiche territoriali va probabilmente riconosciuto a Susan Owens (1992); ma anche se il preciso processo per il quale questa problematicità è stata così lungamente sottaciuta non è mai stato indagato approfonditamente, è invece agevole descriverne i caratteri generali.

Il tema della sostenibilità nasce innanzitutto da uno sguardo globale, dalla consapevolezza della unicità e unitarietà della biosfera, dal suo essere un sistema termodinamicamente chiuso.

Mauro Ceruti e Telmo Pievani (1998) individuano il momento fondativo di questo sguardo, soprattutto dal punto di vista della sua affermazione a livello sociale, della nascita cioè della coscienza ambientale moderna, in corrispondenza delle prime riprese televisive dallo spazio che accompagnarono, negli anni '60, la corsa alla Luna¹. La coincidenza con un altro momento miliare nella storia del pensiero ecologico contemporaneo, ovvero con la pubblicazione di "The Limits to Growth" (tradotto in Italia con il titolo colpevolmente errato de "I limiti dello sviluppo"), non è banale: il primo lavoro del Club of Rome definì infatti il contraltare scientifico di quella stessa consapevolezza, e sebbene viziato nei risultati dalla ingenuità dei modelli e dalle capacità di calcolo di quel tempo, impose finalmente la centralità del tema dei vincoli, dei *constraints* – appunto – della biosfera.

Vincoli innanzitutto termodinamici, determinati cioè – in ultima analisi – dall'entità del salto termico che Gaia può utilizzare per autoorganizzarsi: quello definito dalla differenza di temperatura fra la superficie radiante del Sole e quella degli spazi siderali.

I meccanismi specifici attraverso i quali si manifesta questo confine generale alla capacità della biosfera di organizzarsi e di ripararsi, mantenendo o addirittura incrementando la propria complessità, in un universo che complessivamente scivola verso il disordine sono – letteralmente – innumerevoli, ma tutti gli aspetti del metabolismo del pianeta, quale che sia il livello di organizzazione o la scala spaziale che decidiamo di descrivere, sono coinvolti in questa equazione generale, compresi in questo intervallo di valori invalicabile e fondante.

(Da un punto di vista più attento alle forme della conoscenza, potremmo dire che la termodinamica è la disciplina che ci può fornire *la descrizione più generale* del comportamento della biosfera o dei sottosistemi nei quali decidiamo di dividerla. Una descrizione in qualche modo più generica e più *assoluta* rispetto agli sguardi specialistici, che si rivolgono allo studio di dinamiche specifiche.)





Ma mentre il ruolo dei limiti non è mai tramontato dall'orizzonte di quanti hanno studiato e addirittura inventato il concetto di sviluppo sostenibile, la natura termodinamica della sostenibilità è stata in qualche modo dimenticata mano a mano che lo sguardo è stato portato verso il livello locale.

Il processo di *filtering down* che è stato immaginato per portare verso le comunità locali (gli attori ultimi, così si diceva, della sostenibilità) il concetto di sviluppo sostenibile, ha in realtà lasciato sul terreno una parte essenziale del contenuto di quella formula fortunata.

Nel pensiero dei padri della riflessione ambientalista moderna, nelle ricerche e nelle proposte che a cavallo degli anni Sessanta e Settanta hanno portato all'elaborazione del concetto di sviluppo sostenibile, il ruolo dei limiti e l'attenzione al bilancio termodinamico della biosfera hanno sempre mantenuto una centralità decisiva. Se si pensa al costante riferimento all'entropia nei lavori di Georgescu Roegen, all'evoluzione del concetto di *steady state* nel pensiero di Herman Daly: la percezione della dimensione planetaria della sostenibilità non è mai venuta meno, così come nelle grandi conferenze internazionali da Stoccolma a Rio, passando per il celeberrimo rapporto Bruntland del 1987.

Ma è stato proprio qui, nella difficile e ben gestita fatica politica della Commissione Bruntland, che ha avuto inizio – proprio assieme alla grande fortuna mediatica – la dissoluzione delle radici scientifiche dell'idea di *sustainable development*.

La ricerca, in realtà, non si è per nulla fermata: si può anzi dire che con l'*Ecological Economics* di Robert Costanza, Charles Perrings e Herman Daly lo sviluppo sostenibile abbia, oggi, un'autentica disciplina scientifica di riferimento, mentre la scuola emergetica di H.T. Odum da un lato e le ricerche sull'exergia di Jan Szargut, Goran Wall, Sven E. Jørgensen ecc. dall'altra hanno approfondito in maniera decisiva la nostra capacità di comprendere e descrivere le fondamenta energetiche del metabolismo planetario.

Ma quanta parte di queste ricerche è nota al grande pubblico o alla comunità dei pianificatori, che nel frattempo ha imparato a utilizzare il termine "sostenibile" fino a stancarsene? Nell'urbanistica praticata, di tutto questo fermento scientifico non esiste alcuna traccia sensibile.

La sostenibilità generale nelle fatiche del piano: il caso di Ravenna.

Per le particolari premesse istituzionali, ma anche per la peculiare dimensione dell'area comunale, nonché per la disponibilità abbastanza straordinaria di dati, il caso-studio di Ravenna rappresenta un'occasione particolarmente interessante per verificare sul campo, senza quindi ridurre, per una volta, la complessità del processo decisionale reale, se e come un'analisi di tipo termodinamico sia in grado di informare e orientare le scelte di Piano nell'ottica di una migliore sostenibilità globale.

La questione di fondo sollevata da questo lavoro è la seguente: la partecipazione, la verifica della sostenibilità, la perequazione degli effetti ecc., tutte le nuove "pretese" che oggi





si avanzano rispetto alla già complicata macchina del Piano rischiano ogni volta di aumentare la viscosità. Vale allora davvero la pena di introdurre, con il tema della sostenibilità generale, un ulteriore livello di lettura e di verifica? Quali sono, in pratica, le indicazioni che possono peculiarmente scaturire per il Piano, e in particolare per un Piano Strutturale, da un'analisi termodinamica del territorio?

Conviene allora elencare da subito, in estrema sintesi, i risultati più evidenti che sono stati ottenuti dallo studio del comune di Ravenna, le principali indicazioni che questo studio è in grado di offrire al Piano Strutturale Comunale, *in fieri* al momento della redazione della ricerca. Non si pretende in alcun modo di sostituire qui il corpo interpretativo della relazione, dove i risultati sono esposti in maniera assai più estesa, articolata e problematica, ma può essere davvero utile avere da subito un'idea di che cosa si possa ottenere da un impegno analitico tanto "insolito".

Il comune di Ravenna, così come descritto attraverso gli strumenti dell'analisi emergetica – che verranno esposti estesamente – mostra, al di là della non sottovalutabile complessità, alcune caratteristiche piuttosto evidenti.

Si tratta innanzitutto di un sistema con un'importante dotazione di *capitale naturale*, un territorio, per così dire, con "le spalle larghe", la cui base biologica viene però costretta a un *superlavoro*, pagato nei termini di un notevole *stress* dell'ambiente locale, a causa del ruolo che Ravenna svolge per il sistema regionale, che sfrutta i suoi servizi.

Una gran parte delle sollecitazioni che il territorio ravennate deve assorbire e tamponare non sono determinate infatti dalle attività e dalla base economica interne ai suoi confini. Non solo il sistema di ecosistemi che compongono il paesaggio di Ravenna si trova all'interfaccia fra l'intero bacino idrografico della pianura padana e l'Adriatico, e riceve quindi gli effetti delle attività esercitate a monte, ma viene attraversato da flussi intensissimi di traffico, energia e materia che vanno a servire l'intero sistema regionale, quando non nazionale.

Ravenna è quindi innanzitutto un comune, dal punto di vista energetico, estremamente *aperto* ed estroflesso, uno spazio che mette a disposizione le proprie risorse (dalla più appariscente estrazione di idrocarburi, alla capacità di *buffering* offerta dalle sue aree naturali, fino al discorso più sottile dell'accoglienza turistica), "pagando" di tasca propria i bisogni espressi da una comunità ben più ampia di quella comunale.

Non deve quindi stupire che il rapporto fra risorse rinnovabili e non rinnovabili utilizzate dal sistema sia significativamente sfavorevole. Questa condizione, comune alla quasi totalità dei sistemi tecnologicamente evoluti, si fa necessariamente più negativa laddove un territorio lavori con processi che coinvolgono grandi salti termici (come per la produzione di energia elettrica) e grandi quantità di materiali (*in primis* l'attività portuale).

Una volta chiarito che una sostenibilità auto-consistente del territorio ravennate non è un obiettivo raggiungibile, né proponibile, una volta compreso che questa situazione non è imputabile *tout-court* a un "cattivo" assetto dell'economia e della struttura insediativa di Ravenna, è necessario chiedersi che cosa significhi impostare per questo comune un per-





corso di sostenibilità.

Se non è pensabile che un Piano possa modificare l'assetto economico regionale o cambiare radicalmente una condizione determinata da secoli di storia e da premesse tecnologiche, economiche e sociali di tutt'altra scala, esistono però alcune scelte strategiche fra i temi in agenda che possono risultare certamente rilevanti sotto il profilo della sostenibilità generale. Ulteriori potenziamenti delle infrastrutture e delle attività che assorbono i bisogni espressi dall'esterno saranno per esempio da valutare con grande cautela: i vantaggi marginali ottenuti dalla comunità locale, visto lo squilibrio che l'analisi emergetica descrive già nella situazione attuale, verrebbero molto probabilmente accompagnati da costi di entità decisamente superiore.

In altre parole, in diversi settori il sistema ravennate è sulla soglia della *crescita diseconomica*, ed è quindi importante privilegiare – anche in un'ottica di transizione progressiva – proprio i settori che meno contribuiscono ad aumentare la crescita quantitativa della base fisica dell'economia locale.

Il dimensionamento degli spazi previsto per Ravenna dal PRG firmato all'inizio degli anni '60 da Ludovico Quaroni appare oggi (non lo si consideri un giudizio storico, ma di merito) in tutta la sua velleitaria follia, ma consente di intravedere una sorta di vocazione, o piuttosto di *coercizione al gigantismo* che non ha mai smesso di assediare questo territorio. Ravenna ha già scontato nel passato la fragilità legata a una struttura eccessivamente dipendente dall'esterno (basta pensare a quanto sia stata grave la crisi della chimica, o a quanto un piccolo blocco della rete infrastrutturale sia in grado, ancora oggi, di mandare in *tilt* l'intero sistema); è invece importante allargare la base biologica di supporto del sistema, investire nel capitale naturale del territorio e creare "biodiversità economica".

Fermo restando quanto si diceva in apertura, ovvero che la termodinamica dà indicazioni di grande generalità, che potrebbero in certi casi venire smentite qualora si adottino prospettive più specifiche o orientamenti strategici radicati in premesse esterne al discorso presente, pare immediatamente chiaro, per esempio, come un ulteriore potenziamento dell'attività portuale nella direzione del coinvolgimento di maggiori flussi e traffici di materia con basso valore aggiunto sia in ogni caso da evitare. Un ulteriore approfondimento dei fondali per accogliere naviglio di maggiore stazza è destinato molto probabilmente, *coeteris paribus*, a peggiorare la prestazione complessiva del sistema ravennate.

Allo stesso modo la realizzazione di nuove tratte di scorrimento stradale che privilegino il servizio per i flussi di lungo transito rispetto all'obiettivo di drenare il traffico locale (già notevolmente congestionato proprio per servire il transiti interregionali), non può che accentuare la apertura del sistema, con probabili vantaggi per il sistema esterno, ma nuovamente a carico della comunità e dell'ecosistema locali, già molto "sfruttati".

Sappiamo che esistono due modi per mettere in crisi irreversibile un sistema, due atteggiamenti apparentemente opposti, ma che rappresentano in realtà due facce della medesima follia termodinamica: da un lato è possibile chiuderlo ermeticamente nei suoi confini, e in questo modo la progressiva distruzione delle differenze interne lo conduce senza





scampo verso la *morte termica*, dall'altro la completa apertura ai flussi esterni, o l'omologazione alle condizioni dell'ambiente circostante, porta altrettanto inevitabilmente alla dissoluzione del sistema stesso.

Quest'ultimo è probabilmente il rischio più significativo per Ravenna che, non sembra un paradosso, può migliorare la sua sostenibilità generale (ovvero la sua prestazione complessiva rispetto alla biosfera) proprio perseguendo un modello di sviluppo che torni ad auto-centrarsi, a privilegiare la tutela e l'arricchimento del patrimonio di informazione interno, invece di esporsi senza filtri alle sollecitazioni che provengono dall'esterno.

L'estrazione di idrocarburi è certamente un altro aspetto del metabolismo ravennate che può essere interpretato in quest'ottica. Come è noto l'utilizzo del metano presenta significativi vantaggi rispetto all'uso del petrolio a fini energetici. L'analisi energetica conteggia come risorsa non rinnovabile *interna* il metano estratto localmente, una voce di bilancio decisamente da privilegiare rispetto a un input non rinnovabile importato come potrebbe essere il petrolio. Tuttavia conosciamo (e *l'emergy storage* ci può aiutare – come vedremo – a quantificarlo su una base comune al resto dei valori in campo) il costo che la subsidenza rappresenta per il sistema locale. Ora, senza avere l'ambizione, nè l'interesse, di quantificare l'entità della correlazione fra estrazione di idrocarburi e abbassamento dei suoli, gli studi più recenti condotti mostrano che una correlazione, comunque, esiste.

Sarà quindi necessario che le autorità amministrative e chi gestisce le estrazioni valutino attentamente (appena possibile) le forme di mitigazione o di compensazione di questi effetti da mettere in campo, perché il peso dei vantaggi ottenuti dall'economia nazionale non ricada, ancora una volta, sulle spalle della comunità e dell'ecosistema ravennate.

Il pregiudizio del PIL, smentito dalla termodinamica

Le indicazioni fin qui riportate, così come il contenimento del consumo-spreco di suolo e altri suggerimenti, più familiari alla buona pratica urbanistica, che pure trovano conforto nell'analisi proposta, hanno in comune la caratteristica di andare controcorrente rispetto a uno dei più coriacei tabù della cultura economica neo-marginalista e, più in generale, della cultura occidentale contemporanea: vale a dire la convinzione che un incremento del benessere (e addirittura della qualità dell'ambiente) sia possibile solo a fronte di una crescita, e in particolare della crescita del *prodotto interno lordo* di una economia.

È questo il primo punto cruciale sul quale misurare la sostenibilità di un Piano e delle politiche economiche e territoriali: la capacità cioè di assumere un atteggiamento quanto meno laico rispetto a questo falso pregiudizio.

Il *Gross National Product* era stato ideato, durante il secondo conflitto mondiale, per poter valutare in serie storiche omogenee l'andamento della *capacità produttiva* di uno Stato e di una economia. Non è stato pensato per essere una misura di benessere, il suo stesso ideatore ha anzi diffidato più volte dall'interpretarlo in tal senso. Tuttavia per una serie di





motivi, che non serve analizzare in questa sede, il PIL si è consolidato nell'immaginario collettivo e nella visione economicistica del mondo proprio come misura di benessere e di successo, al punto che rispetto al suo andamento vengono valutate le politiche e i governi nazionali.

L'accoppiamento crescita del PIL-benessere ha potuto reggere per un certo periodo, ovvero fintanto che la dimensione materiale dell'economia era lontana dai *limiti* legati alla dimensione finita della biosfera. Una clamorosa ovvietà termodinamica: che non sia cioè possibile una crescita infinita su un pianeta finito, risulta a quanto pare molto difficile da comprendere per gli imbarazzati economisti neoclassici, ormai impotenti (con il loro bagaglio teorico che non comprende i parametri della biosfera, nella quale anche il sistema economico è immerso) nell'interpretare l'attuale impasse economica dei mercati mondiali.

Quest'ultimo tema è oggetto di una disciplina scientifica specifica, *l'Ecological Economics*, ai cui testi si rimanda per un'analisi rigorosa e completa, ma è indispensabile esserne avvertiti se si intende orientare davvero un Piano e un territorio verso uno sviluppo sostenibile.

Il contributo teorico: l'analisi degli emergy-storage

I Piani non incidono direttamente e in maniera determinante sui flussi di energia che il metabolismo urbano e territoriale produce e consuma, ma operano su un aspetto decisivo: la *gestione* di enormi quantità di energia ordinata. Ci riferiamo all'energia di qualità, ovvero con un alto contenuto di ordine, raccolta nello stock edilizio e infrastrutturale urbano, ma anche nelle biomasse e nella biodiversità delle aree naturali e degli spazi biologicamente produttivi che i Piani sono chiamati a tutelare.

Per questo motivo, e visto l'obiettivo della ricerca, è stato proposto in questa sede un approfondimento piuttosto consistente sullo studio degli *storages emergetici* che, introdotti da Odum fin dai primi passi dell'emergetica, non sono mai stati sviluppati con un livello di approfondimento analogo a quello ormai raggiunto per le analisi di flusso.

Fra i vari aspetti di interesse, lo studio degli *stock* di energia consente di descrivere la struttura energetica permanente di un territorio, il capitale naturale residente, di valutare la gerarchia interna e i rapporti fra le diverse tipologie di *storage*. Vale tuttavia la pena di concedere – a fronte degli importanti risultati ottenuti – che, a differenza delle più consuete analisi di flusso, proprio l'innovatività dello studio impedisce che esista ancora, per gli *emergy storages*, una significativa casistica di riferimento su diverse scale dimensionali, indispensabile per dare stabilità all'interpretazione dei valori numerici ottenuti.

In realtà, e questo è un dato di consapevolezza fondamentale e assai poco praticato, l'indagine della sostenibilità – lungi dall'essere matura e liquidabile come pratica ordinaria nella routine amministrativa – sta muovendo solo oggi i suoi primi passi, che si addentrano in uno scenario di favolosa e cruciale complessità.





NOTE

¹ Ma si veda anche, con riferimento più specifico ai protagonisti della fondazione della pianificazione ecologica, Palazzo (1997).





■ *pagina 16*





Le basi termodinamiche della sostenibilità

Se non fosse per l'esistenza in natura delle leggi della termodinamica, non esisterebbe alcun problema di sostenibilità. Se non fosse per la seconda legge della termodinamica, ricordava Herman Daly, uno dei padri dell'idea stessa di sviluppo sostenibile, in un suo intervento: «si potrebbe bruciare lo stesso litro di benzina in eterno». Non ci è possibile, per la verità, fermare il paradosso così presto, e non ci è dato di poter immaginare in nessun modo un universo con un comportamento che contraddica il Secondo Principio, ma la battuta vale per comprendere quanto sia profondo il legame che connette tra loro sviluppo sostenibile e visione termodinamica della biosfera.

Una conoscenza termodinamica del mondo e del sistema sotto osservazione, del valore *reale* (rispetto alla biosfera e al suo stato evolutivo) delle quantità in gioco, è *condizione necessaria e non sufficiente* per essere autorizzati a parlare sviluppo sostenibile.

Condizione necessaria, perché senza dei riferimenti termodinamici non è possibile in alcun modo radicare il comportamento del sistema in oggetto nello scenario della biosfera, e quindi capire che cosa si stia realmente facendo rispetto alle quantità *limitate* di exergia, ovvero di neghentropia, ovvero di *risorse* che sono disponibili (ed è solo questa limitatezza che genera il problema della sostenibilità).

Condizione non sufficiente, perché per sua natura la termodinamica costruisce delle affermazioni vere a prescindere dal comportamento microscopico delle componenti, mentre è proprio su queste che siamo in grado di operare, e si rende quindi necessaria anche una messe di conoscenze più fini, di saperi che presiedono alla gestione delle specifiche dinamiche o delle parti componenti.

È stato detto, in questo senso, che la termodinamica sta alla fisica come la logica alla filosofia: in una prospettiva ermeneutica possiamo dire che *la termodinamica è cieca di fronte*





alla produzione di significati.

In realtà uno degli errori più frequenti che si commette è quello di non attribuire il corretto ruolo conoscitivo alle affermazioni termodinamiche, di voler far dire loro troppo (o troppo poco). Una adeguata consapevolezza epistemologica e operativa è dunque necessaria per utilizzare correttamente tali descrizioni, specialmente se ci si rivolge a un oggetto complesso come un territorio, e tuttavia rimane il fatto che chi parla di sostenibilità senza appoggiarsi a degli adeguati riferimenti termodinamici può solo, nel migliore dei casi, affidarsi ciecamente ad assunti intermedi forniti da altri, sulla veridicità dei quali non possiede alcun margine di controllo.

La termodinamica, perlomeno la termodinamica classica, è una scienza consolidata: Carnot scrisse nel 1824 le sue "Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance".

Due grandi campi di indagine relativamente recenti consentono tuttavia, solo oggi, di approcciare con adeguate basi teoriche uno studio termodinamico delle caratteristiche della biosfera e del vivente, sempre senza contraddire quanto stabilito dai principi della termodinamica classica, pensata - a suo tempo - per le macchine a vapore. E non è privo di spirito il fatto che proprio l'evoluzione della disciplina sulla quale si è fondata la grande impresa dell'industrializzazione del mondo, la costruzione delle *magnifiche sorti e progressive* dell'arrembante capitalismo occidentale sia oggi in grado di fornirci alcune delle chiavi più significative per giungere a una ricomposizione del lacerato rapporto fra società umana e natura.

Da un lato assistiamo oggi ai primi passi della termodinamica del non equilibrio, la *fisica evolutiva* di Ilya Prigogine, il premio Nobel recentemente scomparso, che ha iniziato a fornirci spiegazioni su come sia possibile che in un universo complessivamente orientato al disordine emergano organizzazione e bellezza, dal caos, la vita.

Dall'altro esistono oggi alcuni percorsi che, introducendo alcune considerazioni intermedie, riescono in modo diverso a riportare il discorso termodinamico generale ad aderire meglio alla specificità della biosfera (e a descrivere coerentemente le sue componenti) in condizioni in ogni caso *lontane* da quell'equilibrio che definisce lo specifico della termodinamica classica.

Crediamo non sia scorretto considerare gli approcci dell'*extended exergy accounting* e dell'*emergy analysis* come due strade alternative per compiere questo stesso percorso di adattamento della teoria termodinamica classica, secondo due prospettive: *sincronica* e *diacronica*, rispettivamente.

Gli studiosi dell'*exergy* si radicano alla specificità terrestre definendo come stato di riferimento, quello rispetto al quale misurare i potenziali termodinamici, la composizione chimico-fisica della crosta terrestre, in stato stazionario e "prendendo atto" dello stato evolutivo attuale.

Gli studiosi dell'*emergia*, d'altro canto, impostano la loro descrizione su una conoscenza





pregressa della biosfera, che *tende* a concentrare la forma di energia più abbondante, la luce solare, in flussi qualitativamente sempre più densi e ricchi di informazione, attraverso le catene trofiche, il metabolismo degli organismi così come nei cicli bio-geochimici.

Da un lato quindi abbiamo un confronto, certamente più vicino ai canoni della ricerca scientifica classica, con una specie di "istantanea" della situazione attuale del nostro ambiente, identificato con i suoi parametri medi piuttosto che con quelli di un più specifico intorno locale.

Dall'altro il racconto emergetico è più dipendente dal reale metabolismo della biosfera e dalla sua storia evolutiva, in relazione alle quale costruisce le sue *transformity*, i coefficienti che servono per attribuire il reale valore ecologico di un materiale, di un flusso o di uno specifico bene.

Proprio per il significativo parallelismo si introducono di seguito, nella descrizione dei fondamenti teorici di questa ricerca, tanto l'analisi exergetica quanto l'analisi emergetica, anche se solo quest'ultima verrà utilizzata per il caso di Ravenna. Poiché tuttavia molti passaggi nella costruzione dell'apparato teorico per gli *emergy storages* (così come molte delle affermazioni finali) si appoggiano in maniera significativa a considerazioni generali che provengono proprio dalla prospettiva exergetica e dalla teoria generale termodinamica, si è ritenuto opportuno far precedere la descrizione dell'approccio emergetico da quella dell'apparato fondante dell'exergia e della termodinamica generale.

Emergia ed exergia, i punti essenziali

1. La Biosfera è lontana dall'equilibrio, e quindi la termodinamica classica non può, senza assunzioni intermedie, dire praticamente nulla su di essa.
2. Emergia ed exergia sono due percorsi alternativi per ottenere lo stesso risultato, cioè quello di avvicinare le descrizioni termodinamiche classiche allo specifico della biosfera.
3. L'emergia fa questo in una prospettiva *diacronica*, l'exergia in prospettiva *sincronica*.
4. L'emergia introduce un a-priori che deriva in realtà da una conoscenza pregressa delle dinamiche della biosfera, che "tende" a concentrare l'energia solare in forme sempre più dense.
5. L'exergia definisce uno stato di riferimento, la composizione media della crosta terrestre o dell'atmosfera ecc., rispetto al quale misura i potenziali, le distanze, senza introdurre ipotesi aggiuntive in merito al "come" si sia arrivati alla situazione attuale.





6. Una descrizione termodinamica è condizione necessaria e non sufficiente a parlare di sostenibilità (e questo vale anche in riferimento ai sistemi urbani).

7. Necessaria perchè è l'unico modo per radicare quantitativamente l'oggetto dell'indagine alle quantità limitate di exergia, ovvero di neghentropia, ovvero di risorse disponibili nella biosfera (ed è solo questa limitatezza che genera il problema della sostenibilità).

8. Non sufficiente perchè la termodinamica è cieca di fronte alla produzione di significato.

L'analisi emergetica può, per esempio, dire quale investimento sia stato necessario per arrivare alla produzione di un tomo universitario di 300 pagine, l'analisi exergetica convertirà in joule l'informazione non comprimibile (espressa in bit) e aggiungerà il potenziale chimico, calcolando (in pratica) quanto calore si riesca a ottenere bruciando il libro, ma nessuna delle due è in grado di dire alcunché sul contenuto del libro, se era un capolavoro poetico, o scientifico, o una cospicua raccolta di stupidaggini.

Resta da sottolineare il fatto che, mentre in un libro il rapporto fra investimento energetico e significato è praticamente inesistente, lo stesso non si può certo dire per un sistema urbano, nel quale sono in gioco quantità impressionanti di materia e energia organizzata.





Analisi exergetica e concetti termodinamici fondamentali

Fortuna e prospettive dell'exergia applicata allo studio delle tematiche ambientali

Nel 1977 Goran Wall, ha tracciato le idee fondamentali, necessarie per utilizzare il concetto di exergia nel computo delle risorse naturali, sottolineando la necessità di distinguere fra risorse derivate da *depositi, fondi e flussi* naturali¹.

Nel 1978 Szargut, un altro dei padri dell'analisi exergetica, suggerì che *l'indice di consumo cumulativo*, ovvero la perdita di exergia da parte dei depositi di risorse potesse essere considerato come indice di costo ecologico. Su questa linea, Wall (1993) propose poi l'uso dell'exergia delle emissioni come indicatore degli effetti ambientali, sul quale impostare una forma di tassazione, capace di tenere conto sia dell'exergia dei depositi utilizzata, sia l'exergia delle emissioni nell'ambiente. Anche Hirs propose indipendentemente (siamo nei primi anni '90) una tassa analoga, impostata però sulle perdite di exergia.

Nel 1995 Ayres e Martinàs sostennero che, rispetto al rilascio dei rifiuti, l'exergia poteva essere considerata come il potenziale del danno ambientale, causato da interazioni indesiderate e incontrollabili con le componenti dell'ambiente stesso².

Finnveden e Östlund hanno in seguito proposto un metodo, detto *Life Cycle Exergy Analysis* (LCEA), che ha introdotto il computo dell'exergia delle risorse naturali nel campo delle analisi del ciclo di vita (LCA), considerando sia una distinzione fra risorse rinnovabili e non rinnovabili, sia il valore totale dei flussi di exergia in entrata e in uscita nell'arco della vita di un prodotto.

Un progetto di ricerca chiamato "Exergy as an Environmental Indicator" è attualmente in corso all'Università di California, Berkeley. Questo progetto riprende in parte le idee proposte da Connelly (1998) per introdurre l'exergia nel background disciplinare dell'*Industrial Ecology*.

Jørgensen e Nielsen hanno sottolineato le potenzialità dell'uso dell'exergia come indicatore ecologico, dal momento che esprime l'energia incorporando una misura della sua qualità. L'exergia misura l'energia che può compiere lavoro, come l'energia chimica contenuta nelle biomasse, ma anche l'informazione contenuta in un determinato deposito o flusso: su questa base lo stesso Jørgensen ha utilizzato l'informazione genetica, quantificandola in termini exergetici, per tenere conto del diverso grado di organizzazione delle specie viventi negli ecosistemi.

Negli ultimi anni è stato anche introdotto, come indicatore, il rapporto fra exergia e energia (Bastianoni, 1997). Questa funzione indica l'efficienza con cui un ecosistema trasforma un insieme di input in ingresso (misurato tramite l'emergia) in organizzazione del sistema stesso (misurato con l'exergia "a la Jørgensen").

Come esaurientemente argomentato da una recente ricerca sull'uso dell'exergia come



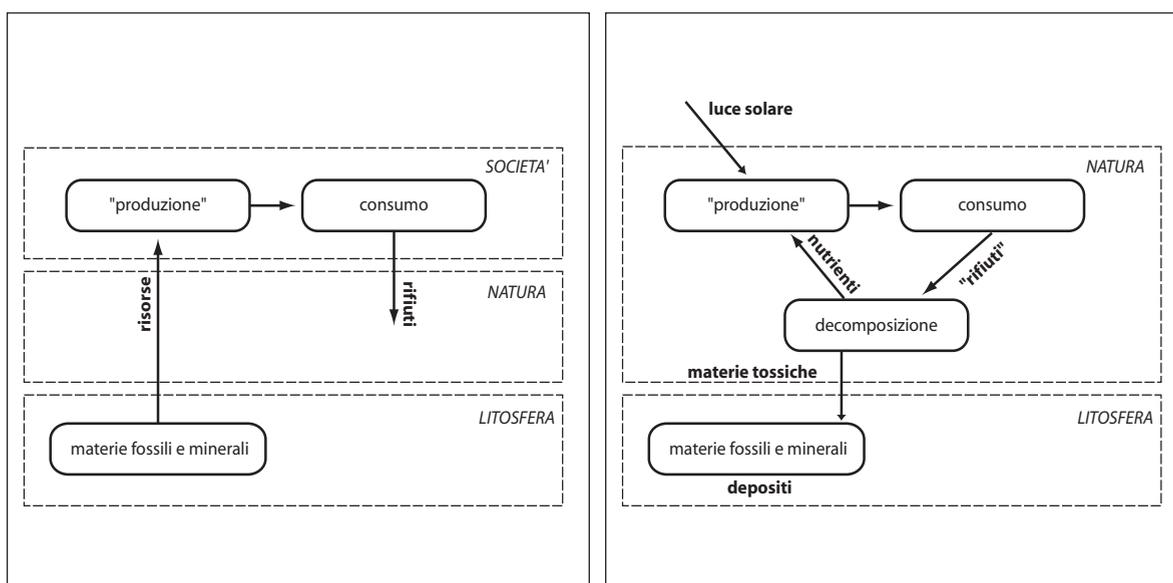


Figura 1: l'uso delle risorse da parte della società **Figura 2:** l'uso delle risorse da parte della natura

indicatore ambientale condotta da Gong (1999), ma in generale dai contributi fondamentali sopra indicati, si può comprendere chiaramente come il concetto di exergia venga applicato con crescente successo agli studi nel campo dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile.

L'analisi exergetica ci descrive l'attuale società industriale come un sistema basato su un utilizzo non-sostenibile delle risorse (figura 1). Le sostanze, come i combustibili fossili e i metalli che derivano da depositi di fossili e minerali nella litosfera vengono estratti e sparsi nell'ambiente, secondo un processo esattamente opposto a quello compiuto dalla natura (figura 2), grazie alla quale queste sostanze vengono accumulate e riposte come depositi.

L'uso delle risorse da parte della natura è caratterizzato dal riciclo dei materiali, che viene forzato dal flusso in entrata di energia solare. I processi naturali, durante milioni di anni di attività, hanno accumulato grandi depositi nella litosfera. Grazie a ciò la natura ha creato condizioni compatibili con la vita, mettendo per esempio a disposizione l'ossigeno nell'atmosfera e rimuovendo sostanze tossiche dalla biosfera. Ne consegue che, quando queste sostanze vengono rilasciate come rifiuti (ancora figura 1), le condizioni di vita nell'ambiente necessariamente cambiano.

Gli effetti ambientali delle attività umane sono difficili da comprendere e, strutturalmente, non sono predicibili.

Tra le cause di questa non-predicibilità Göran Wall e Mei Gong (2001) indicano: (1) la diversità della natura, con un enorme numero di specie in continua interazione fra loro; (2) il fatto che la maggior parte delle interazioni avvengano a livello microscopico, ovvero tra organismi microscopici come batteri, virus e funghi; (3) il fatto che l'ambiente, ovvero il sistema ecologico con tutti i suoi subsistemi e componenti, abbia un enorme livello di complessità; (4) che l'ambiente sia in realtà un sistema vivente, ovvero autopoietico, e per que-





sto in una condizione di continuo e imprevedibile cambiamento; (5) il fatto che la nostra capacità di comprendere la natura sia limitata, dal momento che gli esseri umani sono soltanto una parte della natura. «La Natura – sostengono gli autori – è e sarà sempre di gran lunga più intelligente di quanto possano esserlo gli esseri umani e i sistemi costruiti dall'uomo»; (6) che l'evoluzione sia una caratteristica imprevedibile della natura che gli umani non saranno mai in grado di comprendere completamente: «La Natura è così complessa e innovativa che la scienza può continuare a scoprire nuovi *pattern* per sempre. In ogni modo la scienza non otterrà mai una comprensione completa della natura. Inoltre, l'attuale suddivisione delle scienze in discipline separate non favorisce una consapevolezza generale del comportamento della natura. I cosiddetti popoli primitivi, cioè i popoli nativi o indigeni dell'America, Africa e Australia, spesso esercitano un comportamento più saggio e sostenibile del nostro, probabilmente basato su una migliore comprensione tanto degli esseri umani quanto della natura» (Wall; Gong, 2001).

L'accento sulla natura non deterministica delle dinamiche ambientali consente in realtà di ribadire la possibilità da parte della termodinamica, e in particolare dell'analisi exergetica (ma il discorso resta valido anche per l'analisi emergetica), di definire alcuni schemi generali di comportamento, alcuni confini e percorsi all'interno dei quali può avvenire il cambiamento, mostrando le strutture fondamentali dei fenomeni ambientali complessi.

Radici e fondamenti dell'analisi exergetica

Nel 1824 Carnot affermò che il lavoro utile di una macchina termica dipende dall'intervallo di temperatura all'interno del quale la macchina opera, e questo portò, in seguito, alla definizione del secondo principio della termodinamica.

L'exergia è un potenziale termodinamico: la frazione utile di energia definita in relazione all'ambiente; è una misura generale del lavoro, di 'differenza' o di contrasto. È stata definita come energia 'disponibile' da Keenan (1948, 1970) e nel 1953 il termine exergia fu suggerito da Rant per esprimere la 'capacità tecnica di esprimere lavoro'.

Nel 1961 Tribus collegò la termodinamica classica con la teoria dell'informazione attraverso i concetti di entropia e di exergia. Nel 1977, come già visto sopra, Wall offrì una elegante descrizione teorica dell'exergia utile non solo per l'ingegneria delle macchine termiche, ma anche per comprendere come migliorare l'utilizzo delle risorse e ridurre gli impatti sull'ambiente.

Fu poi in una conferenza tenutasi a Roma nel 1987, che la comunità scientifica decise di adottare l'exergia come concetto generale di *causa potenziale di cambiamento*, in luogo di termini come disponibilità, energia disponibile, essergia, energia utilizzabile, lavoro potenziale, energia convertibile ecc. fino ad allora utilizzati per esprimere il medesimo concetto.





La termodinamica ci fornisce i concetti di temperatura T , pressione P , calore Q , lavoro W entropia S , e quattro principi, o leggi termodinamiche fondamentali:

La *zero-esima legge* definisce il concetto di temperatura.

La *prima legge* definisce l'energia come una quantità conservativa e il lavoro come prodotto tra una quantità intensiva, la pressione, e una estensiva, il volume.

$$dQ = dU + dW \quad (1)$$

$$dW = PdV \quad (2)$$

La *seconda legge* definisce il concetto di entropia attraverso il calore

$$dS \geq 0, \quad dS_{\text{reversibile}} = 0 \quad (3)$$

$$dQ = TdS \quad (4)$$

e il calore come prodotto fra due quantità, la temperatura e l'entropia, rispettivamente intensiva ed estensiva, proprio come già visto per il lavoro.

La *terza legge* definisce il livello zero per l'entropia.

La termodinamica classica tratta in realtà solo processi reversibili, processi cioè privi di direzione, per sistemi vicini all'equilibrio, ma le sue indicazioni fondamentali possiedono un grado di stabilità in qualche modo peculiare, probabilmente per la forte connessione con la teoria dell'informazione, come mostrato da Boltzmann e, più recentemente, da Tribus. Proprio la peculiare certezza inclusa nelle affermazioni termodinamiche (è il secondo principio della termodinamica a dirci che, quando tiriamo un sasso in uno stagno, non possiamo aspettarci che ci torni indietro) fece dire a Einstein: «(la termodinamica) è la sola teoria fisica generale, ne sono certo, che non sarà mai smentita nei suoi concetti fondamentali».³

Può essere utile, a questo punto, introdurre l'exergia attraverso una descrizione parallela a quella dell'energia, cercando di identificarne le caratteristiche peculiari per contrasto con quest'ultima.

Il primo principio della termodinamica definisce l'energia come movimento, o come capacità di produrlo:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \quad (5)$$





dove: ΔQ è l'energia aggiunta al sistema come calore, ΔU è il cambiamento nell'energia interna U del sistema e ΔW l'energia estratta dal sistema sotto forma di lavoro.

Mentre il primo principio ci dice che "nulla si distrugge", il secondo ci avverte che, allo stesso tempo, tutto "tende a disperdersi" e che quindi solo una parte dell'energia, l'exergia appunto, è lavoro, ovvero movimento ordinato o capacità di produrre lavoro:

$$E = T_0 \Delta S^{\text{tot}} \quad (6)$$

laddove: E è l'exergia, T_0 è la temperatura dell'ambiente e ΔS_{tot} l'incremento di entropia del sistema totale S_{tot} , che comprende tanto il sistema quanto il suo ambiente. Quest'ultima equazione è nota come equazione di Gouy-Stodola, dai nomi dei due ricercatori che la scoprirono, indipendentemente uno dall'altro, e ci dice che il lavoro ottenibile è sempre inferiore del lavoro massimo a causa della irreversibilità dei processi.

Mentre la ben nota formula einsteiniana dell'equivalenza tra materia ed energia:

$$U = mc^2 \quad (7)$$

ci avverte che "materia ed energia sono la stessa cosa", è per le conseguenze della legge di Boltzmann:

$$E = k \ln 2 T_0 I \quad (8)$$

che siamo avvertiti del fatto che "exergia e informazione sono la stessa cosa".

Possiamo quindi affermare che se ogni cosa è energia, ogni differenza è exergia; mentre l'energia si conserva sempre, ovvero è in equilibrio, non può essere prodotta né consumata, l'exergia viene conservata solo nei processi reversibili, ma diminuisce invece nei processi irreversibili, ovvero nei processi reali. L'exergia non rimane mai in equilibrio nei processi reali.

L'energia è una misura quantitativa, l'exergia una misura quantitativa e qualitativa.

L'eccezionalità del concetto di exergia rispetto alle altre grandezze estensive consiste nel fatto che, mentre queste, come energia interna, entalpia, volume e massa, restano costanti in un sistema isolato, l'exergia dipende anche *dalla conformazione interna del sistema* stesso. Come tale varia anche quando le rimanenti grandezze rimangono costanti e solo all'equilibrio assume un valore definitivo calcolabile da queste. Diminuendo sempre, in un sistema isolato l'exergia potrà essere aumentata solo importandola dall'esterno, ovvero rimuovendo l'adiabaticità del sistema e collegandolo con l'ambiente per scaricarvi l'entropia eccedente.





La creazione di entropia, ovvero la perdita di exergia, rappresenta, per sistemi a composizione interna variabile, un fenomeno spontaneo, come spontanea è, per questi sistemi, la tendenza al mescolamento tra le parti: l'espansione di una parte nel volume di un'altra non è un fenomeno limitato a sistemi fisici o chimici, ma una proprietà generale ben nota anche in sociologia, economia ecc. L'ordine, il mantenimento o la creazione di differenze, ovvero di exergia, come avviene per i sistemi viventi, comporta sempre uno scarico dell'entropia prodotta nell'ambiente. Queste caratteristiche sono indissolubilmente legate alla crescita ordinata degli esseri viventi: divorare ordine e scaricare disordine rappresenta una necessità intrinseca per la sopravvivenza dell'individuo e della specie.

La macchina termica, nella sua estrema semplicità, rappresenta per questo caso generale l'esemplificazione del processo più elementare in quanto esclusivamente energetico: si prende energia con un più alto tenore exergetico dal serbatoio caldo e si produce lavoro meccanico, cioè energia ordinata – si estrae l'exergia – dovendo però scaricare tutta l'entropia eccedente nel serbatoio freddo. Il flusso entropico contiene sia il disordine a basso tenore prelevato dal serbatoio caldo sia, per i processi reali (ovvero irreversibili), quella formata nel processo di estrazione del lavoro. L'energia scaricata può considerarsi quindi degradata, e potrà avere ancora qualche utilizzo solo se continuerà a mantenersi un qualche dislivello termico rispetto all'ambiente.

Il fatto che l'entropia e l'exergia siano *uniche*, ovvero univoche nella caratterizzazione di ciascun sistema, quale che sia la sua struttura, autorizza a estendere lo stesso processo visto sopra per la macchina termica a tutte le sostanze chimiche, e non solo al loro mescolamento ma anche a tutte le reazioni possibili.

Questa unitarietà e pervasività dello sguardo termodinamico consente allora di capire meglio la struttura della biosfera, a partire dalle caratteristiche dei sistemi viventi: un'unica "macchina" (o essere vivente) non può degradare fino a concentrazioni ambientali tutte le potenzialità d'ordine presenti nelle sostanze, i nutrienti, prelevati dall'ambiente; essa scaricherà non solo degrado, ma quanto rimane di non ancora degradato che, una volta in ambiente, avrà bisogno di altre "macchine" differenti che lo utilizzino. Proprio questo fatto porta alla necessità di un'enorme varietà di attori e quindi ad una notevole *biodiversità*, per sfruttare tutte queste disponibilità di ordine. Dalle sostanze riportate al loro stato di massimo possibile contenuto entropico, private cioè di tutta l'exergia e di ogni potenziale inquinante (mineralizzazione), si possono ricostruire poi, grazie all'energia pregiata proveniente dal Sole (fotosintesi), composti ad alto contenuto di exergia per reiniziare il ciclo. La natura non può lasciare sparse come rifiuti, senza avvelenarsi, sostanze ad alto contenuto exergetico senza utilizzarle: così facendo non avrebbe potuto sopravvivere per miliardi di anni.

Gli esseri viventi tendono piuttosto a costruire riserve, concentrazioni locali di sostanze pregiate, per la loro sopravvivenza in momenti di carenza di flusso dalle loro sorgenti di riferimento. Questo schema vale anche per gli ecosistemi e per il nostro pianeta in generale,





dove i combustibili fossili rappresentano proprio delle riserve altamente concentrate che l'uomo sta rapidamente sperperando.

Dal punto di vista teorico la chiave di lettura fondante, sulla quale è impostata questa descrizione di grande generalità, applicabile a qualunque sistema, risiede nel legame fra valori di exergia e informazione di un sistema (o di un flusso). Dall'equazione (8) possiamo vedere come $k \ln 2 T_0 I$ equivale a circa $2,9 \text{ E-}21 \text{ J}$, che rappresentano l'ammontare di exergia corrispondente a un *bit* di informazione, a temperatura ambiente. Tornando al caso della biosfera accennato sopra possiamo allora pensare alla radiazione solare come ad un immenso fiume di informazione, captata dai recettori fotosintetici e utilizzata per dare ordine al sistema; ma torneremo più avanti su questo tema, chiaramente comprensibile attraverso il cosiddetto modello di Morowitz.

L'exergia E di un sistema è espressa come:

$$E = U + P_0 V - T_0 S - \sum \mu_{i,0} n_i \quad (9)$$

dove U , V , S , e n_i denotano i parametri estensivi del sistema (energia interna, volume, entropia e il numero di moli dei diversi componenti chimici presenti i), mentre P_0 , T_0 e $\mu_{i,0}$ sono i parametri intensivi dell'ambiente (pressione, temperatura e potenziale chimico totale).

Si vede chiaramente quindi come l'exergia non sia altro che il potenziale complessivo di un sistema rispetto all'ambiente in cui si trova: U rappresenta infatti l'energia interna del sistema, mentre la parte non utilizzabile di questa energia è rappresentata dagli ultimi due termini dell'equazione. $P_0 V$ è il lavoro "catturato" come volume V che occupa uno spazio all'interno dell'ambiente di pressione P_0 . Questo è lavoro puro. $T_0 S$ è, invece, la parte di energia non utilizzabile a causa di mancanza di ordine, il contenuto entropico $-S$, o calore alla temperatura T_0 . In maniera analoga anche l'ultimo termine rappresenta una frazione non utilizzabile di U , questa volta in riferimento ai potenziali chimici delle sostanze contenute nel sistema che si trovano già in stato di equilibrio con l'ambiente.

L'exergia è la massima quantità di lavoro che è possibile estrarre da un sistema. Se l'exergia viene definita come il massimo lavoro potenziale di un materiale o di una forma di energia in relazione al suo ambiente, è allora necessario *specificare l'ambiente*, ovvero definire un ambiente di riferimento.

Generalmente, per condurre analisi exergetiche sui materiali utilizzabili per lo studio dei sistemi ecologici, si scelgono i valori di riferimento medi sulla superficie della Terra, quindi la temperatura T_0 viene posta a $298,15 \text{ K}$ e la pressione P_0 a 1 atm . Tuttavia la Terra non





è in equilibrio, anzi, è decisamente lontana dall'equilibrio. La temperatura varia da luogo a luogo. In certi casi è opportuno utilizzare come riferimento le temperature locali, quando per esempio si intenda studiare le efficienze di impianti di riscaldamento o di condizionamento. Anche la pressione e la composizione chimica variano, nelle diverse parti del mondo, e i depositi di combustibili fossili e l'ossigeno atmosferico rappresentano, in realtà, degli immensi potenziali chimici.

Poichè l'exergia è essenzialmente una misura della differenza fra sistema e ambiente, la maggiore questione concettuale sta proprio nella definizione dello stato di riferimento con il quale, per esempio, dei reagenti chimici debbano essere comparati. Nella ricerca di base lo stato standard di ciascun elemento viene definito come il suo stato elementare puro, come C per il carbonio, O₂ per l'ossigeno, N₂ per l'azoto e così via.

Fu Szargut (1988) a suggerire che le exergie chimiche standard venissero calcolate assumendo che l'ambiente sia composto da un mix di sostanze, una per ciascun elemento chimico, con concentrazioni standard basate sulle concentrazioni medie dell'ambiente naturale. Le sostanze di riferimento sono divise in tre tipologie: i composti gassosi dell'atmosfera, le sostanze solide della litosfera e le sostanze ioniche e non ioniche degli oceani. Chiaramente, se l'ambiente reale si discosta in modo rilevante dall'ambiente standard si introducono errori importanti, ed è quindi importante ricalibrare il riferimento.

La biosfera e l'exergia nei processi naturali

La seconda legge della termodinamica dice che in un sistema isolato l'exergia può solo diminuire: Ma la tendenza verso il massimo di entropia, il massimo disordine, è in pieno contrasto con la nostra esperienza del mondo biologico, della vita sulla Terra. L'evoluzione del vivente porta a stati sempre più ordinati e complessi che sembrano contraddire la seconda legge della termodinamica. La soluzione a questa apparente contraddizione tra fisica e biologia sta nel fatto che la seconda legge si applica a sistemi vicini all'equilibrio, mentre la superficie della Terra appartiene a una diversa classe di sistemi fisici. I sistemi isolati devono essere sia adiabatici che isotermi, mentre i sistemi biologici sono in contatto con varie sorgenti e pozzi (la biosfera, essenzialmente, con l'energia radiante del sole e con il *sink* degli spazi siderali) e sono interessati da flussi incessanti di materia ed energia. Proprio la presenza contestuale di sorgenti e pozzi rende possibile quanto accade sul pianeta.

Harold Morowitz ha proposto di definire uno schema tripartito: sorgente, sistema intermedio, pozzo.

Diventa in questo modo possibile esaminare le caratteristiche di un sistema generale, che può rappresentare adeguatamente il sistema terrestre in relazione con il suo ambiente esterno, separandone le componenti in due parti:





- 1) Sorgente + pozzo
- 2) Sistema intermedio

In base alla seconda legge della termodinamica avremo che:

$$dS_s + dS_{int} \geq 0$$

dove S_s è l'entropia della sorgente + pozzo e S_{int} è l'entropia del sistema intermedio. Il flusso di energia dalla sorgente al pozzo implicherà sempre un aumento di entropia:

$$dS_s > 0$$

mentre la sola restrizione posta dalla seconda legge sul sistema intermedio è che:

$$-dS_{int} < dS_s$$

cosicché l'entropia del sistema intermedio (nel nostro caso la biosfera) può decrescere se c'è un flusso di energia. Il flusso fornisce alla superficie terrestre il mezzo per la creazione di stati lontani dall'equilibrio, vale a dire lontani dalla morte termica e sempre più ordinati.

Un sistema biologico tenderà comunque a decadere, se lasciato a se stesso, verso lo stato di massimo disordine. Per questa ragione, per ordinare il sistema deve essere speso del lavoro continuamente, cosa che, come si è visto, richiede la presenza di una sorgente calda e di un pozzo freddo.

Il sistema vivente è mantenuto in uno stato stazionario, il più lontano possibile dall'equilibrio per mezzo di un flusso di energia che, in grandissima parte, deriva dal Sole. L'energia solare che raggiunge la Terra è pari a $5,6 E_{24}$ joules, anche se il valore normalmente accettato, tenendo conto dell'albedo, è di $3,93 E_{24}$ joules. In questo flusso continuo di exergia che invade la superficie terrestre sta il segreto della vita e la possibilità di compiere quel lavoro necessario a contrastare la tendenza all'equilibrio entropico, spostando il sistema vivente lontano dall'equilibrio.

La diminuzione di entropia (neghentropia) nella biosfera dipende, quindi, dalla sua capacità di catturare l'exergia dal Sole e ritrasmetterla nello spazio sotto forma di radiazione infrarossa: energia degradata e povera di ordine, di exergia. Se il flusso in uscita venisse inibito, in altri termini, se il pianeta fosse imprigionato in una membrana adiabatica (come avviene per l'effetto serra), tutti i processi viventi cesserebbero molto rapidamente e il sistema decadrebbe verso lo stato di equilibrio, cioè verso la morte termica. Il Sole non sarebbe una sorgente di exergia se non ci fosse un serbatoio per il flusso di energia termica in uscita. Da ciò deriva che *il pozzo è necessario quanto la sorgente* (Tiezzi, 1996).





Morowitz sottolinea che tutti i processi biologici dipendono dall'assorbimento dei fotoni solari e dal trasferimento di calore negli spazi siderali. La superficie della Terra, riemettendo tanta energia quanta ne assorbe, ha un'energia totale costante. Non è quindi l'energia che rende possibile la vita, ma il *flusso* di energia attraverso il sistema. Tutti i processi biologici, quindi, hanno luogo perché sono alimentati dal flusso di energia solare, che sostiene innanzitutto i grandi cicli bio-geochimici, anche se è poi la fotosintesi a consentire un accumulo di ordine, ovvero a sostenere l'evoluzione e la vita.

Il sistema ecologico globale, o biosfera, può essere definito come quella parte della superficie terrestre (una "pelle" sottilissima, rispetto alle dimensioni del pianeta) che è ordinata dal flusso di energia solare, per mezzo del processo fotosintetico.⁴

L'exergia determinata dal salto termico fra superficie radiante del sole e spazi siderali, che sostiene i flussi di energia e materia sulla superficie terrestre, viene catturata per via fotosintetica per una quota parte molto piccola, ma comunque tre volte e mezza superiore a tutta l'exergia utilizzata dalla società umana per il suo mantenimento, basato invece per oltre il 60% sull'utilizzo di combustibili fossili.

La materia viene trasportata per il tramite di innumerevoli cicli attraverso i sistemi terrestri; il periodo di questi cicli varia da frazioni di secondo a miliardi di anni.

L'energia solare raggiunge la Terra sotto forma di radiazione elettromagnetica. Poiché la superficie del Sole si trova ad una temperatura media di circa 6000 K, irraggia essenzialmente attorno alle lunghezze d'onda nel visibile (0,4 – 0,7 μm), mentre la Terra, o meglio il nostro ambiente nel suo insieme, essendo posto ad una temperatura media di 280 – 300 K, irraggia soprattutto nella banda dell'infrarosso termico (8 – 14 μm). Come abbiamo visto, l'energia in entrata e quella in uscita si equivalgono, ma il consumo da parte della biosfera avviene a carico del grado di ordine, diverso nei due flussi. L'energia in entrata è infatti relativamente ordinata, rispetto a quella delle onde più lunghe in uscita, disordinate e quindi di bassa qualità.

L'intera biosfera può dunque essere vista come un'immensa macchina che lavora grazie al contrasto, al salto termico che esiste fra il sole e gli spazi esterni: è solo grazie a questo che l'energia e la materia vengono fatti circolare attraverso i sistemi bio-geochimici, e che la vita può essere creata e mantenuta.

Ecco quindi perché l'effetto serra può essere considerato a ragione *il problema ambientale per antonomasia*. La vita, sottraendo carbonio dall'atmosfera grazie alla fotosintesi, ha incrementato la capacità neghentropica del globo, facilitando l'emissione di entropia ovvero l'irraggiamento nell'infrarosso termico. Riportando il carbonio in atmosfera per l'uso forsennato di combustibili fossili non si esaurisce soltanto un potenziale costruito in tempi lunghissimi, ma si va a pregiudicare anche l'efficienza massima possibile. Se si volesse usare una metafora automobilistica, il problema non è soltanto quello che stiamo consumando il carburante, ma anche che, nel farlo, riduciamo la dimensione del tubo di scarico e del ra-



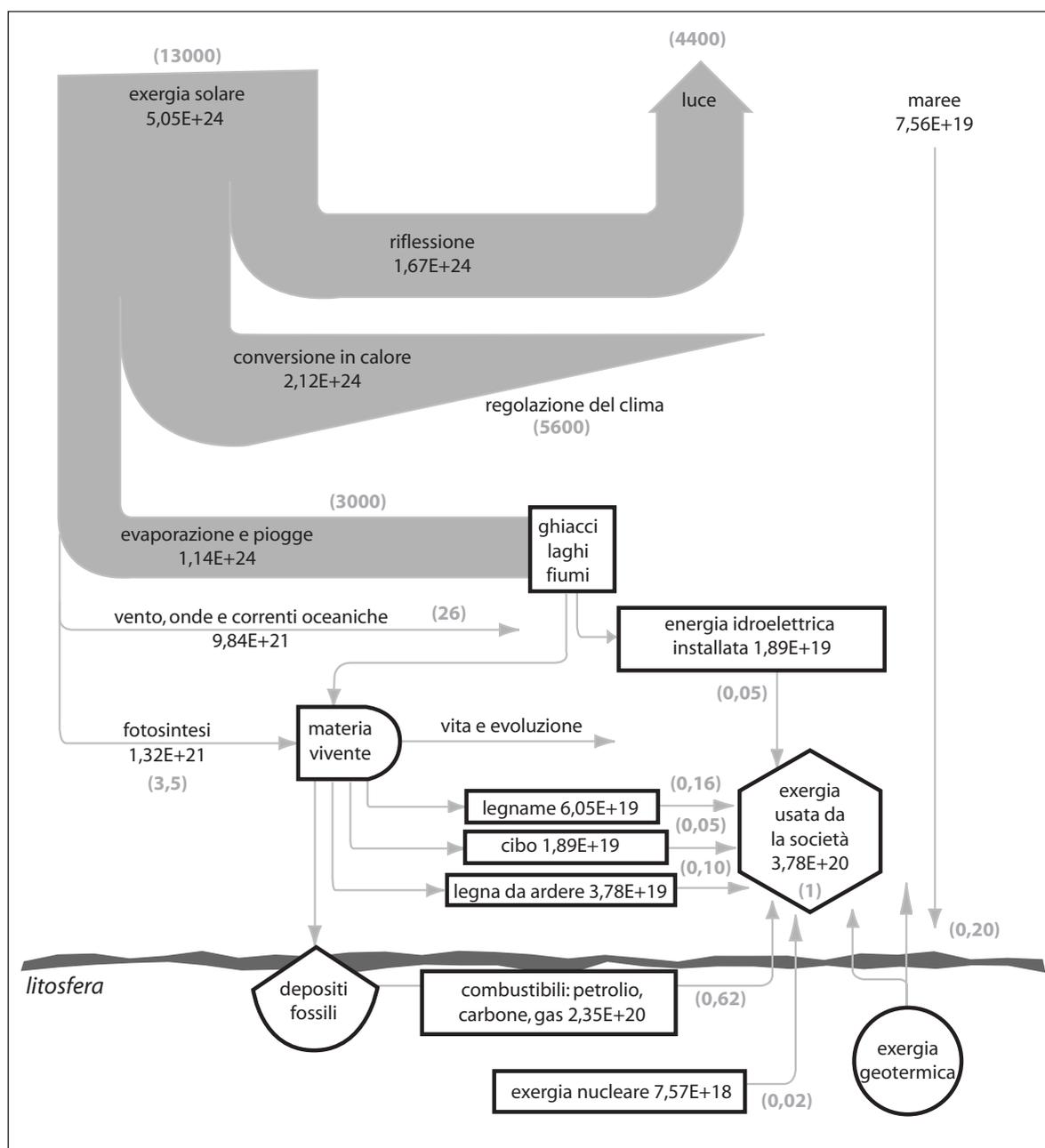


Figura 3: i flussi di exergia che interessano la Terra. I valori sono espressi in joule per anno; tra parentesi il rapporto con il consumo di exergia da parte della società, posto uguale a 1. Diagramma riadattato da: (Wall; Gong, 2001) cit.

diatore, costringendo la macchina a consumare sempre di più per accelerare sempre più a fatica, e con maggior rischio di guasti.

Il flusso totale di exergia che raggiunge la Terra dal sistema Sole – spazi siderali è pari a circa 13000 volte l'uso di exergia da parte della società. Praticamente tutta l'exergia usata sulla Terra deriva dal Sole, solo una piccola frazione deriva dalle forze gravitazionali della Luna che agiscono sulle maree e dal calore geotermico proveniente dal mantello, dai combustibili fossili e dall'exergia nucleare.





Circa un quarto dell'exergia in entrata viene riflesso direttamente nello spazio sotto forma di radiazione nel visibile. Il resto dell'exergia viene invece assorbito e, di conseguenza, per la maggior parte progressivamente distrutto. Durante questa distruzione l'exergia ha modo di forzare il ciclo geochimico dell'acqua, gli altri cicli biogeochimici e, finalmente, la vita sulla Terra. Le piante verdi convertono l'exergia del flusso elettromagnetico in exergia chimica, che viene poi trasmessa attraverso le catene trofiche a tutte le componenti degli ecosistemi.

In ciascun livello trofico l'exergia viene ulteriormente degradata, e la decomposizione appare come l'ultimo atto di questa catena alimentare. L'exergia che non può essere utilizzata nemmeno dai decompositori diventa torba, o sedimento che progressivamente diventa petrolio o carbone, cioè un deposito. Anche le materie tossiche vengono allontanate dalla biosfera in modo simile. Questo progressivo stoccaggio di exergia residua ha portato alla creazione di enormi potenziali, come l'ossigeno atmosferico, divenuto in seguito cruciale per la creazione di un livello evolutivo, uno stadio di complessità e di biodiversità molto superiore a quello consentito da un'atmosfera satura di carbonio ossidato.

Si può quindi concludere che l'evoluzione naturale, grazie all'exergia solare come forzante, si "autogenera" ed è quindi realmente *sostenibile*. Vale la pena di notare come la progressiva degradazione dell'exergia vada in un senso apparentemente *opposto* (come si vedrà nel capitolo 1.2.) all'andamento dell'emergia, progressivamente concentrata all'interno delle catene trofiche, che esprimono valori di *transformity* sempre più alti.

Questo succede in ragione della differente impostazione teorica dei due parametri, e non rappresenta una contraddizione. Infatti quello che l'emergia ci dice è che per reggere un individuo autotrofo, che necessita di molta exergia per sopravvivere, è necessario che questo attinga ad un ampio bacino di etrotrofi, da ciascuno dei quali potrà estrarre solo una frazione del suo fabbisogno. Così un predatore apicale, che per reggersi ha bisogno di molta exergia e non è in grado di assimilarla direttamente dagli autotrofi, dovrà raccogliere i rivoli exergetici attraverso le prede del livello trofico sottostante e così via.

L'uso dell'exergia da parte della società dipende per circa il 62% dai combustibili fossili, mentre il resto è dato da soprattutto da legname da opera e per la produzione di carta, cibo, legname per combustione, energia idroelettrica (per la quale esiste un potenziale del 13%, a fronte del 5% dell'installato attuale) e dallo sfruttamento dei depositi di uranio per la fissione. Il contributo attuale estratto da altri flussi: il solare, l'eolico e quello delle maree è, purtroppo, ad oggi quasi insignificante.

L'uso dell'exergia da parte della società

Esiste un crescente accordo nella comunità scientifica in merito all'opportunità di classificare le risorse, tanto nella prospettiva exergetica quanto in quella emergetica, in



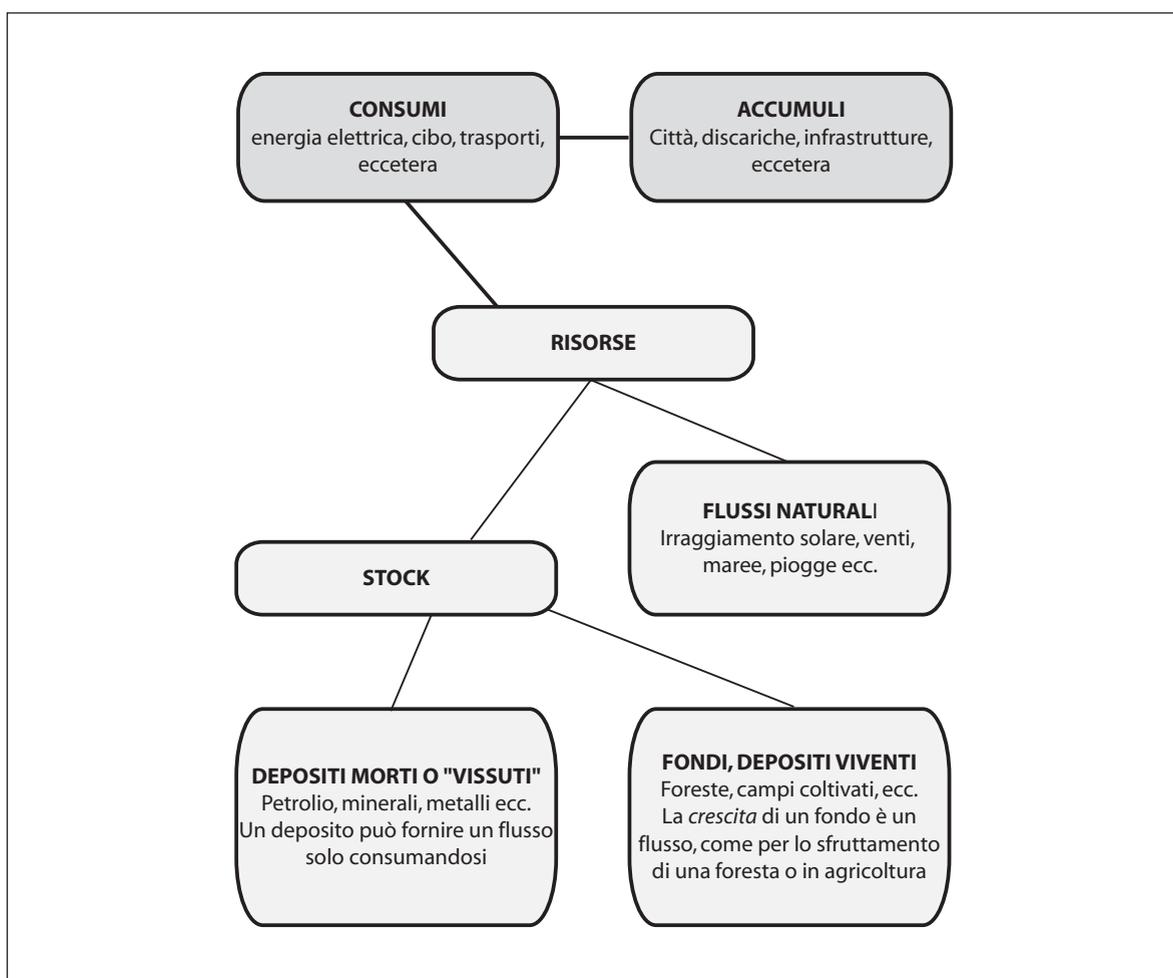


Figura 4: la classificazione delle risorse e dei consumi.

due grandi categorie. Da una parte i *flussi* naturali, come l'irraggiamento solare, i venti, le piogge e le maree, dall'altra i *depositi*. Gli anglosassoni parlano di *stock*, per poi definire più precisamente come *deposits* gli accumuli morti, o meglio "vissuti", ovvero quei materiali che sono passati attraverso la grande macchina della biosfera per poi essere segregati, messi da parte. Vengono invece definiti *fondi* gli accumuli "viventi": il *soma* della biosfera. Un flusso è, propriamente, rappresentato dalla *crescita* di un fondo, non dal fondo stesso.

Questa classificazione delle risorse è centrale per interpretare correttamente il senso, il significato ecologico delle diverse entità in gioco, ed è al tempo stesso possibile sfruttarla solo avendo a disposizione uno strumento così generale e flessibile come l'exergia o l'emergia, un riferimento che consenta cioè di valutare in modo unitario "oggetti" tanto diversi quanto un blocco di marmo, un litro di benzina, un albero, un tavolo o un kilowatt di energia prodotta da un impianto idroelettrico, attribuendo a ciascuno un valore coerente.

Per l'economia lo sfruttamento di un deposito è da considerare come una creazione di valore, mentre in fisica o in ecologia è vero esattamente l'opposto.

L'uso estensivo di exergia ottenuta attraverso la distruzione del "capitale" costituito da depositi e fondi deve essere interpretato come una *fase di abbrivio* che è effettivamente





servita per ottenere grandi e significativi risultati per l'umanità, ma è ora indispensabile procedere sulla strada del progressivo *de-linking* (Connelly; Koschland, 2001) fra consumo e distruzione di capitale.

Negli ultimi secoli, lo schema di uso delle risorse orientato al consumo di capitale è coevoluto con un insieme complesso e altamente correlato di fattori demografici, economici, socio-politici, tecnici e finalmente filosofici. Questo *modus operandi* è ormai compenetrato in ogni parte del nostro vivere, delle infrastrutture profonde della società industriale e si sta propagando in modo impressionante ai paesi di nuova industrializzazione. Benché il consumo di fondi e depositi abbia garantito livelli di benessere materiale senza precedenti per alcuni, molte delle crisi ambientali regionali e globali che incontriamo ormai quotidianamente sono strettamente correlate proprio con il rapido consumo delle risorse.

L'effetto serra, l'assottigliamento dell'ozono stratosferico e l'ampio spettro di problemi per la salute dell'uomo e degli ecosistemi associati al rilascio di sostanze tossiche nell'ambiente sono legati strettamente a questo schema pervasivo dell'*estrai, consuma ed espelli*. Più che a un semplice allarme di esaurimento della tale o tal'altra risorsa specifica, a muoverci rapidamente su una strada *sostenibile*, ovvero che si rivolga allo sfruttamento dei soli valori di flusso, deve essere la consapevolezza di quanto possa essere alto il vantaggio di evitare gli aspetti negativi, ormai sotto gli occhi di tutti, che sono legati alla crescente intensità di trasformazione delle risorse.

Dal punto di vista specifico di questo lavoro si è ritenuto opportuno introdurre fin d'ora una prima distinzione all'interno della categoria dei consumi. Come per le risorse esistono infatti valori di flusso e valori relativi a fondi e depositi, anche sul lato della trasformazione delle risorse è possibile definire due grandi categorie: da una parte i consumi "puri", ovvero quelle frazioni di exergia che vengono utilizzate per operare le trasformazioni stesse, dall'altra la peculiare costruzione di *accumuli*, tipicamente all'interfaccia con la litosfera.

L'exergia trasformata in movimento dal motore a combustione interna di un'automobile è un tipico esempio di consumo "di flusso", mentre un elettrodomestico, un edificio, un'infrastruttura o una discarica sono tipicamente degli accumuli.

L'exergia non è qui stata interamente degradata, ma sfruttata nel processo di costruzione e in gran parte ancora presente nel manufatto, che esprime quindi un potenziale rispetto all'ambiente. Si noti che non esiste *a priori* un segno per definire se questo potenziale è un potenziale d'uso positivo o un pericolo per l'ambiente biotico. Come si è ricordato più volte i potenziali termodinamici sono ciechi rispetto al senso, anche rispetto al senso ecologico.

Una parte rilevante dell'exergia che la nostra società ha estratto ai depositi naturali non è dunque stata integralmente degradata, ma risiede negli accumuli, che rappresentano quindi un territorio ibrido: risorse organizzate, pronte all'uso. Questa exergia concentrata rientra, in parte, nello specifico dei Piani.

Da un punto di vista exergetico il Piano, potendo intervenire meno sulle pratiche del





consumo, è soprattutto responsabile della corretta gestione di questi accumuli, nonché di quella di fondi e depositi, nella misura in cui questi rientrano nella sua giurisdizione.

Nel capitolo successivo verrà introdotto il background teorico dell'emergia, in forza del quale gli accumuli, i fondi e i depositi verranno definiti quali *emergy storages*, ovvero depositi di emergia, rispettivamente antropici, biotici e fossili, mentre consumi e produzioni di risorse verranno identificati come *flussi energetici*.

NOTE

1 Una distinzione analoga a quella fra storages energetici fossili, storages biotici e flussi di emergia, che è stata adottata nel seguito di questo lavoro.

2 Questo è uno degli esempi più adatti per comprendere la natura delle affermazioni termodinamiche, il loro status conoscitivo. L'exergia, lo si vedrà approfonditamente in seguito, è in questo caso una misura della distanza che separa il rifiuto dall'ambiente, una misura aggregata di tutti i potenziali chimico-fisici, e quindi una misura di tutto il lavoro esprimibile, dell'entità complessiva delle trasformazioni possibili. Nessuna exergia significa nessuna interazione, quindi nessun danno. Si comprende immediatamente la differenza con un approccio ecotossicologico, che andrà invece ad indagare gli specifici fenomeni di interazione legati alla struttura chimica di un determinato composto che viene rilasciato. La misura termodinamica è sempre una misura d'insieme, una misura capace di grande generalità e quindi necessariamente più generica, ma al tempo stesso più assoluta, libera cioè dalle miopie di sguardi più settoriali. Ogni descrizione di una qualsiasi interazione descritta a livello molecolare sarà sempre racchiusa nello scenario descritto dai parametri termodinamici. Questo status epistemologico del sapere termodinamico è sempre presente, e lo si ritroverà richiamato in diversi passaggi di questo lavoro, anche in relazione all'analisi territoriale.

3 cit. in : Wall G. e Gong M., On exergy and sustainable development – Part 1: Conditions and concepts, *Exergy Int J.* 1 (3) 2001.

4 Il meccanismo chimico fisico che presiede alla fotosintesi è il seguente. Quando un fotone interagisce con una particella di materia sulla terra, porta un elettrone o una coppia di elettroni ad un livello maggiore di energia. Questo stato eccitato solitamente ha breve vita e l'elettrone ritorna al suo livello base in 10^{-7} 10^{-8} secondi, cedendo la propria energia in un modo o in un altro. La vita ha imparato a catturare l'elettrone nel suo stato eccitato, a separarlo dal suo partner e a farlo decadere al suo livello fondamentale attraverso il meccanismo biologico, sfruttando l'energia in eccesso per i processi vitali. È questa tensione tra la costruzione fotosintetica e la degradazione termica che sostiene l'operazione globale dell'incremento di complessità della biosfera.





■ *pagina 36*





L'analisi emergetica

L'emergia: un approccio orientato. Una premessa contro il rischio dell'ingenuità inversa.

L'approccio emergetico è stato istruito da H.T. Odum quasi "in conseguenza" a una serie di premesse e di esigenze ben precise. In questo breve paragrafo si cercherà di mostrare come, fuori dal dominio degli eventi più semplicemente riducibili, le teorie e i modelli risentano *necessariamente* di set di preferenze di tipo etico ed estetico, degli orientamenti pregressi di chi le concepisce. Questo non fa di un modello un arbitrio, nella misura in cui vengano rispettate la verifica con la *realtà sperimentale* e la *coerenza interna* del modello stesso. Conviene quindi prendere atto serenamente della natura orientata dell'indagine scientifica del piano complesso senza ricadere strada facendo, come spesso e pericolosamente accade, nella pretesa di produrre elementi di conoscenza assoluti, assolti cioè dai legami con le scelte operate in partenza, dalla parzialità *indispensabile* delle premesse dalle quali si è partiti.

Senza voler sollevare dubbi ontologici è facile argomentare che fenomeni complessi come una società, la mente di un individuo, un paesaggio, non siano dominabili ricorrendo a parametri di tipo laplaciano. Senza entrare quindi, in questa sede, nel merito della collocazione del punto esatto della non riducibilità degli eventi, piuttosto che del perché, raggiunto un certo grado di complessità, non sia più possibile ricostruire il comportamento di un sistema a partire dalle caratteristiche delle sue componenti, basti qui considerare che non è *praticabile* il tentativo di comprendere un territorio (o sistemi dotati di analoga complessità) a partire da un processo di scomposizione, di riduzione sistematica delle componenti.

Possiamo dire, senza timore di smentita, che una volta "fatto a pezzi" il sistema con un presunto approccio asettico, non orientato e quindi sistematico, non saremmo mai e poi mai in grado di "rimettere i pezzi assieme", ovvero di dire cose vere e buone per la società e per la biosfera, senza introdurre, da qualche parte, marchiane forzature.

Nell'introduzione al testo fondamentale dell'analisi emergetica: *Environmental Accounting. EMERGY and Environmental Decision Making* Howard T. Odum significativamente scrive:

«L'ambiente della Terra fornisce il supporto necessario alla vita per la società e la sua economia, suoli fertili, acque pulite, aria pura, un buon clima, sistemi ecologici in salute e contesto estetico. Basandosi sulle riserve di queste risorse naturali, la crescita frenetica del libero capita-





lismo è divenuta una delle meraviglie del mondo. Ma oggi, dopo due secoli di espansione, lo sviluppo economico delle risorse che vanno diminuendo sulla Terra ha raggiunto una nuova fase. Le imprese orientate al profitto privato stanno consumando i sistemi ambientali che sono alla base del benessere pubblico. I conflitti tra coloro che cercano di proteggere l'ambiente e quelli che operano per un'ulteriore crescita economica stanno diventando sempre più importanti nella discussione delle politiche pubbliche e nelle pubbliche elezioni. Laddove le questioni ambientali sono ora caratterizzate da processi conflittuali di decisione, rancori e confusione, questi conflitti non saranno più necessari, in futuro. Un sistema di valutazione scientificamente fondato è ora disponibile per rappresentare sia i valori ambientali, sia quelli economici con una unità di misura comune. L'EMERGIA, scritto con la "m," misura tanto il lavoro della natura quanto quello degli uomini nel produrre prodotti e servizi. Scegliendo opzioni che massimizzino la produzione e l'uso di EMERGIA, le politiche e le valutazioni possono favorire quelle alternative ambientali che massimizzino la salute reale, l'intera economia e il beneficio pubblico» (Odum, 1996).

Un breve commento a queste parole può essere utile per comprendere meglio l'effettivo *status* delle affermazioni emergetiche, e gli errori da evitare nella loro interpretazione e nel loro uso.

Se si considera la imponente opera di H.T. Odum nel suo insieme è facile osservare l'esistenza di un percorso, di un filo rosso estremamente evidente. Dal ricchissimo background di pubblicazioni più strettamente aderenti all'analisi ecologica classica, spiccano, fin dai primi anni '70, alcuni tentativi di sintesi di grande respiro, in particolare *Environment, Power and Society* (del 1971) e *Energy Basis for Man and Nature*, scritto con la moglie Elizabeth nel 1982.

Da sempre esiste la consapevolezza, da parte di Odum, del fatto che l'economia e le attività umane si radichino nella biosfera, e della necessità di svelare l'entità degli scambi, di descrivere i rapporti fra quantità economiche e quantità ecologiche: un passo fondamentale, che l'economia neomarginalista – padrona, ad oggi, delle nostre sorti – non è in condizione di compiere.

Lo strumento scelto inizialmente da Odum per condurre questa operazione era l'*energia* ma, molto semplicemente, i conti non tornavano, non abbastanza. La modellistica di base per identificare le diverse parti dei sistemi: sorgenti, produzione, consumo, *storages*, era già la stessa che viene utilizzata ancora oggi (e che, non a caso, viene spesso adottata anche negli schemi dei 'cugini' dell'*exergy accounting*), ma evidentemente le quantità in circolo non riuscivano a restituire la realtà, ovvero a dare una rappresentazione sufficientemente stringente di quel consumo delle risorse, che generava tanto clamorose evidenze sul lato sperimentale. Perché il dato di partenza di Odum era esattamente questo: la constatazione dei grandi danni sistemici causati dalla crescita della base fisica del sistema economico, una consapevolezza che gli proveniva dalla sua esperienza di ecologo "classico";





non è un caso che H.T. Odum appartenga infatti ad una di quelle “dinastie” accademiche che racchiudono talvolta, nell’arco di stretti legami di parentela, due o più figure scientifiche di calibro mondiale, attorno al medesimo specifico disciplinare.

Il tema della *qualità* dell’energia comincia ad apparire nell’opera di Odum già verso la metà degli anni ‘70, con dei riferimenti alla *net energy*. Ma è all’inizio degli anni ‘80, e in collaborazione con D.M. Sciencemann, che nasce il concetto di *Emergia*, capace di dare un’attributo di qualità alle diverse quantità energetiche in circolo nel pianeta.

L’*emergia* consente di imporre un parametro, la *transformity*, che “pesa” il valore di un flusso di materia o di *emergia* in base al *valore ecologico* di quel flusso.

L’energia che vale di meno è l’energia solare: l’energia più abbondante sulla Terra, che viene quindi considerata di valore unitario. Mano a mano che questa energia viene concentrata, nei cicli biogeochimici e nelle catene trofiche, aumenta di valore, ovvero la sua *transformity* diviene più alta, in ragione della maggior quantità di energia solare necessaria alla biosfera per produrla.

La definizione delle *transformity* viene fatta sulla base di conoscenze pregresse, ovvero di notizie esterne al discorso energetico, che consentono in vari modi di capire “quanto sole” è necessario per produrre un dato bene o servizio.

Ora, il discorso funziona talmente bene che, ai livelli più alti della gerarchia energetica, ovvero nell’informazione genetica, si sono riscontrate delle significative convergenze con l’exergy (cfr. Jørgensen, 1992), e diversi scenari ecologici vengono molto ben descritti e compresi utilizzando la “funzione” *emergy*.

Tutti questi successi non devono però far dimenticare un fatto fondamentale, ovvero che l’*emergia* – letteralmente – *non esiste*. Non si può pretendere di darle, a differenza dell’exergy (ma anche qui esisterebbero delle considerazioni importanti), un preciso contenuto *fisico*. Non esiste un fluido rosso, un tracciante colorato che si concentra a mano a mano che la storia biologica di quel rivolo di energia procede all’interno della biosfera. La *transformity* è un *attributo*, che viene assegnato in base a ragionamenti che tentano di rispettare evidenze sperimentali, ma rimane un attributo.

Ogni processo di assegnazione delle *transformity* è e rimane un atto interpretativo, legato alla disponibilità di conoscenze pregresse, con i loro margini di errore e le loro approssimazioni.

L’aspetto virtuoso risiede nel fatto che gli errori non necessariamente si sommano, anzi, trattandosi di un racconto (quello energetico) relativo a un’unica vicenda, quella della biosfera, è anzi vero – se tutti gli scienziati che collaborano lavorano correttamente – che la verifica dei diversi dati sperimentali tende a un progressivo processo di correzione e di perfezionamento dei risultati.

Tutto questo però a patto che non si scivoli in una cattiva abitudine, ahimè inveterata nei peggiori interpreti del pensiero scientifico, ovvero a patto di non “dimenticare” la natura orientata del modello al quale si sta lavorando. Capita infatti, e a parere di chi scrive





è capitato talvolta allo stesso Odum, di rimanere talmente abbagliati dall'eleganza di un modello, della sua capacità di risoluzione del reale a fronte di premesse ridottissime, da dimenticare la natura profonda, e di parlare quindi *come-se* questo modello avesse lo stesso grado di absolutezza di una legge fisica semplice. Non è così, e chi commette questo errore è solamente un pessimo scienziato.

Se si vuole mantenere *vitale* un modello conoscitivo come quello emergentico è necessario rifuggire in ogni modo atteggiamenti dogmatici, ammettere gli errori, essere disponibili a introdurre modifiche – anche strutturali – ogni volta che il rapporto con la realtà, con l'evidenza sperimentale esterna, o con le *esigenze di conoscenza* generate socialmente venga meno o non sia più soddisfacente.

In alcuni passaggi della ricerca dei *paper* emergentici più ortodossi si ha l'impressione che talvolta la coerenza con il dato sperimentale, e con il senso complessivo dell'operazione di ricerca condotta con l'attributo-emergia, siano stati in qualche modo sacrificati in nome del mantenimento dell'eleganza, invero ragguardevole, dell'impianto iniziale. È il caso, per esempio, del calcolo delle *transformity* dei materiali inerti, che si relazionano poco con l'irraggiamento solare, e per le quali è stato costruito un artificio contabile che è riuscito a fornire dei valori *utili* all'interno della descrizione, per esempio, degli ecosistemi acquatici, ma che mostra la corda laddove si passi ad analizzare il bilancio emergentico di un'economia locale.

L'approccio qui proposto si limita a considerare validi quei valori all'interno delle situazioni nei quali questi "funzionano" (e fintantoché non esistono proposte di calcolo più soddisfacenti), ma non esita minimamente a introdurre sistemi di contabilità che possano correggere – motivatamente – le distanze che si vengono a creare in altri contesti con l'evidenza sperimentale.

Ma non si deve avere il timore, questo forse il passaggio più delicato, di *continuare ad orientare* il modello, anche nelle fasi intermedie dell'elaborazione e dell'adattamento a sistemi specifici, a patto di non perdere le uniche bussole significative: la verifica con il dato sperimentale e la coerenza interna del modello. Non sarà mai data, a fronte di un tema di indagine complesso, una verità *assoluta*, nel senso etimologico di sciolta, liberata da qualsiasi premessa esterna.

Non serve condividere il sapore quasi messianico, tipicamente anglosassone (*si fas est*), che Odum rivendica all'emergia come *goal-function*, valida anche per i sistemi antropizzati, né subire per ortodossia ogni passaggio della costruzione delle *transformity*, degli indicatori derivati o delle loro interpretazioni. Al contrario lo strumento potrà essere utile e fecondo solamente se tutti i suoi interpreti continueranno a serbare una presa critica su ogni passaggio rilevante, se la comunità scientifica continuerà a esercitarsi sul suo miglioramento e discutendo ogni forzatura, senza timori reverenziali, in ragione delle specifiche *domande di conoscenza* espresse dalla società in co-evoluzione con la biosfera, con i soli requisiti del rispetto delle evidenze sperimentali e della coerenza del modello proposto. Una coerenza





che non significa pedissequa aderenza agli assunti della genesi storica del modello: nell'ambito scientifico l'efficacia e l'eleganza dei modelli fanno premio sulla tradizione.

In questo spirito, nello studio qui presentato vengono proposti alcuni *azzardi metodologici* che si discostano, forse non di poco, dall'ambito della letteratura emergetica classica, nella convinzione che solo *gettando*, ogni volta, i propri modelli nell'arena del confronto con la comunità scientifica, possa continuare il processo virtuoso della produzione della verità scientifica, inventata e non solo scoperta, orientata dalle preferenze etiche ed estetiche, dalla coscienza precedente del buono e del bello espressa dagli scienziati, evitando l'ingenuità perversa di una conoscenza assoluta, che si fa da sé e resta valida per sempre.

Analisi emergetica: concetti e definizioni

Si può affermare, in linea generale, che per ogni sistema, compresi i sistemi biologici, diversi input di energia di minor qualità sono necessari per ottenere un tipo di energia di qualità più elevata, capace di una maggiore potenzialità di controllo sull'intero sistema.

Ad esempio per produrre energia elettrica è necessaria una grande quantità di energia sotto forma di combustibile e di impianti. La quantità di energia elettrica prodotta è molto minore della somma delle energie necessarie per ottenerla, ma la sua produzione può essere ugualmente vantaggiosa perché l'energia elettrica è molto più flessibile e più efficace nel mantenere il sistema complessivo di cui l'impianto è parte. In generale si può dire che un'unità (*joule*) di energia solare, un *joule* di carbone e un *joule* di energia elettrica, anche se rappresentano la stessa quantità di energia, hanno diversa *qualità*, nel senso che le loro potenzialità d'uso sono diverse.

Poiché molti joule di energia di bassa qualità sono necessari per ottenere pochi joule di qualità più elevata, per dare una possibile misura alla posizione gerarchica dei vari tipi di energia, è stato introdotto il concetto di *transformity*, che rappresenta la quantità di energia di un tipo necessaria per ottenere un joule di un altro tipo. Per poter confrontare tutti i vari tipi di energia secondo un comune denominatore, si usa la *solar transformity* (d'ora in avanti semplicemente *transformity*), cioè:

la quantità di energia solare che è, direttamente o indirettamente, necessaria per produrre un joule del prodotto in questione.

Si definisce poi l'*emergia solare*, d'ora in avanti semplicemente *emergia*, come:

la quantità di energia solare che è 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)*. La *transformity* è quindi l'*emergia* di un prodotto divisa per il suo contenuto energetico. L'unità di misura della *transformity* è il *sej/J*, anche se talvolta, per certi tipi di prodotto o di flusso, si usa una *transformity* di massa, misurata cioè in *solar energy joule per grammo*, per la più facile reperibilità dei dati.

Più grande quindi risulta essere il flusso energetico complessivo necessario a supportare un certo 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/o di una non efficiente utilizzazione delle risorse disponibili.

Confronto con le analisi economiche

Se si desidera confrontare i prodotti e servizi ambientali ed economici sulla base di misure comuni, per esempio in unità energetiche, è necessario riconoscere, come si è visto nel capitolo precedente, che le varie forme di energia non hanno la stessa capacità di compiere lavoro.

Esprimere il valore energetico della luce solare e dei combustibili in joule di calore e poi proporre che ciascun joule sia uguale nella sua abilità di produrre lavoro non è corretto. La *forma* o la *qualità* è peculiare per ciascun tipo di energia, che è infatti in grado di sostenere lavori molto differenti per unità di flusso. Il lavoro umano, l'informazione, la cultura, la vita nella sua complessità e gli strumenti ad alta tecnologia esprimono flussi energetici molto piccoli, ma elevati flussi di emergia sono richiesti per la loro formazione e per il loro mantenimento. Si tratta di flussi energetici di qualità più elevata, dotati di una maggiore capacità di controllo retroattivo e di amplificazione di altri flussi. Poiché più emergia è stata necessaria per realizzarli, la loro *transformity* è generalmente più alta.

Le analisi energetica o economica tradizionale trascurano gli elementi che non sono in grado di valutare su una base monetaria o energetica. Succede così che differenti input vengano trattati con diverse unità di misura (grammi di minerale, joule di elettricità, ore di lavoro, etc.) e la redazione di un bilancio completo diviene impossibile. Quando invece una *transformity* o un contenuto energetico vengono attribuiti a un prodotto, ogni flusso o prodotto può essere misurato in termini energetici, cioè *su una base comune*.

Il flusso energetico costituisce la base dello sviluppo di ogni sistema nella biosfera e consente la crescita dell'organizzazione e della biodiversità. Questo vale anche per le economie umane, il cui sviluppo è basato su *input* naturali non monetizzati e su flussi che provengono dal sistema economico. Il mercato riconosce solo i valori monetari, ma le economie si basano innanzitutto su notevoli flussi di risorse provenienti dall'ambiente, che di solito vengono considerate solo per il lavoro umano necessario ad "estrarle". Chiaramente, se il valore ecologico di queste risorse non viene considerato e non viene loro attribuito un





valore, non è possibile comprendere il risultato per l'ambiente, la *sostenibilità* dell'azione economica.

Il flusso energetico necessario per un dato processo è proprio un indice del costo ambientale, presente e passato, sostenuto per supportare una data risorsa, quindi un flusso o un prodotto. Il termine *emergy*, può infatti essere considerato come una "energy memory", cioè come la *memoria di tutta l'energia solare spesa* durante un processo. Per questo l'approccio energetico è uno strumento adatto per ottenere una definizione coerente di sviluppo sostenibile, per indirizzare verso usi del capitale naturale e di quello prodotto dall'uomo che siano corretti non solo da un punto di vista economico, ma anche dal punto di vista ambientale.

Come viene svolta un'analisi energetica di flusso

L'analisi energetica può essere applicata a svariate tipologie di sistema: a un ecosistema acquatico, a un processo produttivo, a un'attività economica, a una tecnologia di trasporto o a un sistema territoriale. Le analisi di flusso vengono condotte generalmente in ipotesi di *stato stazionario*, ovvero considerando il sistema in un intervallo di tempo definito, senza indagare direttamente le evoluzioni che potrebbero modificarlo in archi di tempo più lunghi.

Per realizzare un'analisi energetica è necessario raccogliere la maggior quantità possibile di notizie sul funzionamento del sistema in esame, in modo da poter ridurre schematicamente il sistema in un diagramma efficace, così da identificare i *confini* del sistema, isolarne i principali *input*, le *componenti*, i *processi* e i *prodotti*.

Per fare questo si adotta un linguaggio standard, quello dei sistemi energetici, i cui simboli, con i rispettivi significati, sono riportati in figura 1.

Il sistema in esame viene rappresentato con un rettangolo, le fonti esterne di energia, ovvero le *forzanti* del sistema, con dei cerchi, mentre i simboli a forma di serbatoio sono gli *storage*, cioè i depositi di immagazzinamento, che all'interno di un'analisi di flusso rappresentano generalmente le variabili di stato. Ciascun flusso di energia è rappresentato da una freccia e le frecce verso il basso indicano che a ogni trasformazione parte dell'energia viene degradata sotto forma di calore, in accordo con il principio di conservazione dell'energia. Le interazioni tra più flussi, che convergono tra loro per produrre un'altri flussi di qualità superiore, sono rappresentate con moduli a forma di freccia, mentre rettangoli arrotondati su un lato sono i *produttori*, che riforniscono di energia i *consumatori* (simboli esagonali), che svolgono generalmente un'azione di *feedback*.

Sulla base del diagramma energetico del sistema è possibile istruire l'analisi energetica vera e propria, costruendo una matrice in cui sono elencati tutti gli *input* del sistema unità di misura e quantità (in Joule o grammi) usate nell'arco di tempo considerato.



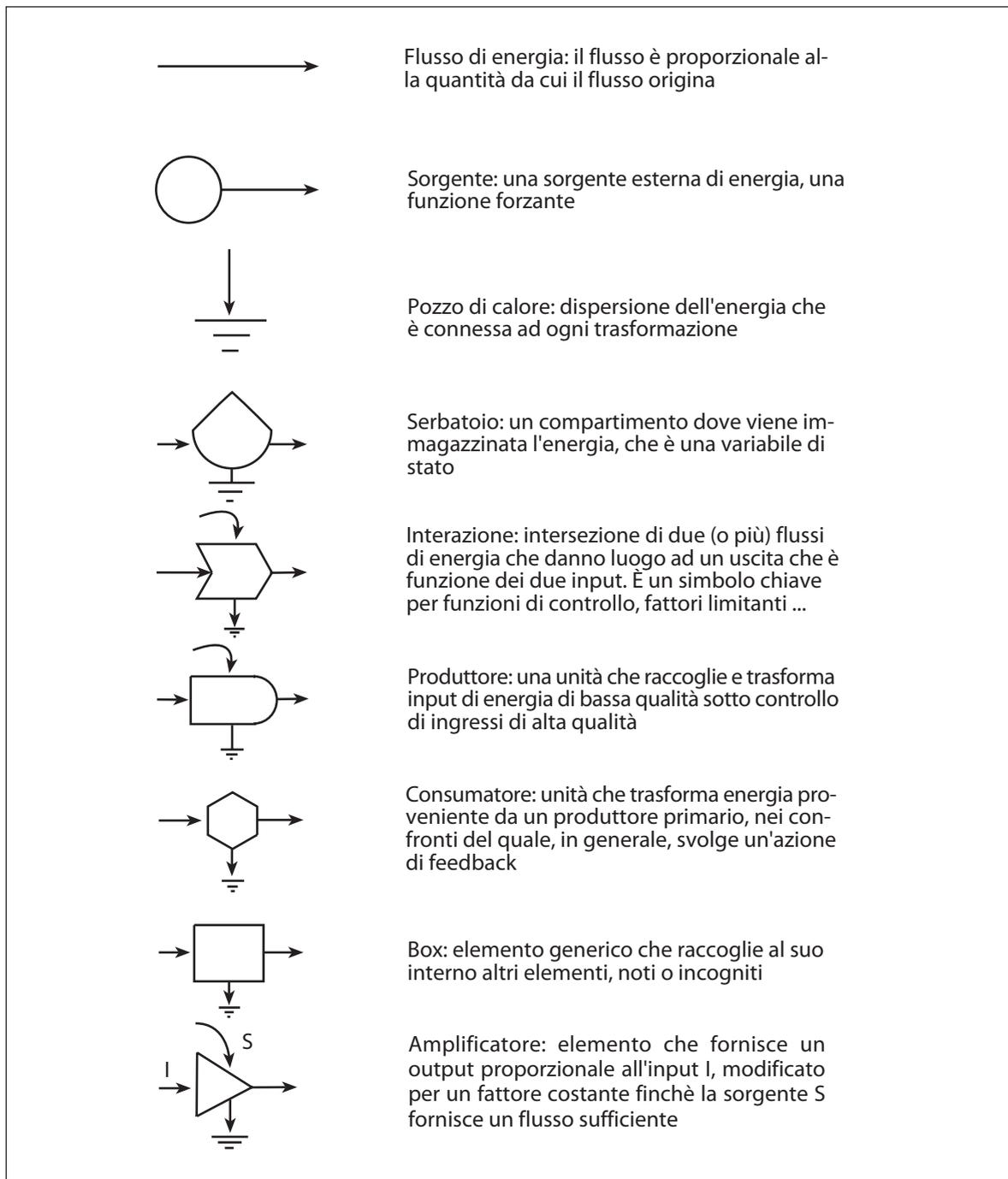


Figura 1: simbologia energetica essenziale.

Vengono quindi riportati i valori delle *transformity* ricavati da altre analisi o dalla letteratura scientifica specifica, diviene così possibile esprimere i valori in termini *energetici*, moltiplicando ogni quantità per la relativa *transformity*. Per ciascun *input* viene quindi specificata la provenienza e la rinnovabilità, in modo da contabilizzare separatamente il contributo energetico di tutti i valori in entrata, distinguendo quelli locali (rinnovabili e non), e quelli acquistati dal mercato economico.

Sommando tutti gli input energetici indipendenti è quindi possibile calcolare (in *sej*)





l'emergia totale necessaria per supportare un certo processo. Dividendo poi il risultato ottenuto per ciascun output (in J o in g), si ottiene la *transformity* dei vari prodotti (in sej/J o in sej/g).

Indicatori basati sull'analisi emergetica per la valutazione di un'economia nazionale o locale

I risultati di una analisi emergetica mostrano con più evidenza il loro potenziale se il sistema (sistema produttivo, comune, provincia, nazione, regione, ecc.) sotto studio è confrontato con altri sistemi dello stesso tipo, indagati con le medesime procedure. È così possibile valutare lo sviluppo tecnologico, l'uso delle risorse (impatto ambientale ed efficienza di conversione), la sostenibilità nel lungo periodo e l'equilibrio degli scambi commerciali con altri paesi. Per condurre una simile valutazione è utile il calcolo di alcuni indici derivanti dai flussi di emergia, di seguito introdotti insieme ad alcune valutazioni sul loro significato.

La *disponibilità di emergia totale* per un territorio e l'*uso di emergia pro capite* suggeriscono una misura dello standard di vita medio di una nazione, molto più che l'uso di petrolio o di elettricità pro-capite. Il consumo di elettricità in generale diminuisce infatti con l'affermarsi della tecnologia elettronica rispetto a quella elettrica, ma questo non significa che il livello tecnologico e lo standard di vita diminuiscono, anzi. Per standard di vita, in questo caso, si intende la disponibilità potenziale di risorse e beni. Ciò ovviamente non significa una misura di qualità della vita in senso sociale (meno criminalità, più felicità, più alto livello culturale e così via), anche se molto spesso i due fenomeni sono legati e non è facile avere il secondo (qualità della vita), senza il primo (disponibilità di beni concreti).

Questi due indici consentono di ottenere delle indicazioni immediate sul livello di industrializzazione di un territorio. L'esame della figura 2 consente la definizione di altri tre indici di particolare utilità.

Per definizione, l'emergia di un prodotto è data dalla somma di tutti gli input al processo: il *rendimento emergetico* (*emergy yield ratio*) è dato dall'emergia del prodotto diviso l'emergia degli *input* che derivano dal settore economico (cioè che non sono forniti gratuitamente dall'ambiente). Questo rapporto può essere utile per valutare la competitività di processi differenti con identico prodotto. Ad un più elevato valore del rendimento energetico corrisponde una maggiore frazione di emergia derivante direttamente dall'ambiente. L'indice può dunque essere interpretato come una misura della capacità del processo di sfruttare le risorse fornite gratuitamente dall'ambiente, a parità di *input* da parte del sistema economico. Con questo criterio possono essere valutati, ad esempio, la produzione di elettricità ottenuta da processi differenti (impianti termoelettrici, nucleari, solari, eolici, idroelettrici), la produzione di calore (per combustione di petrolio, metano, legno,



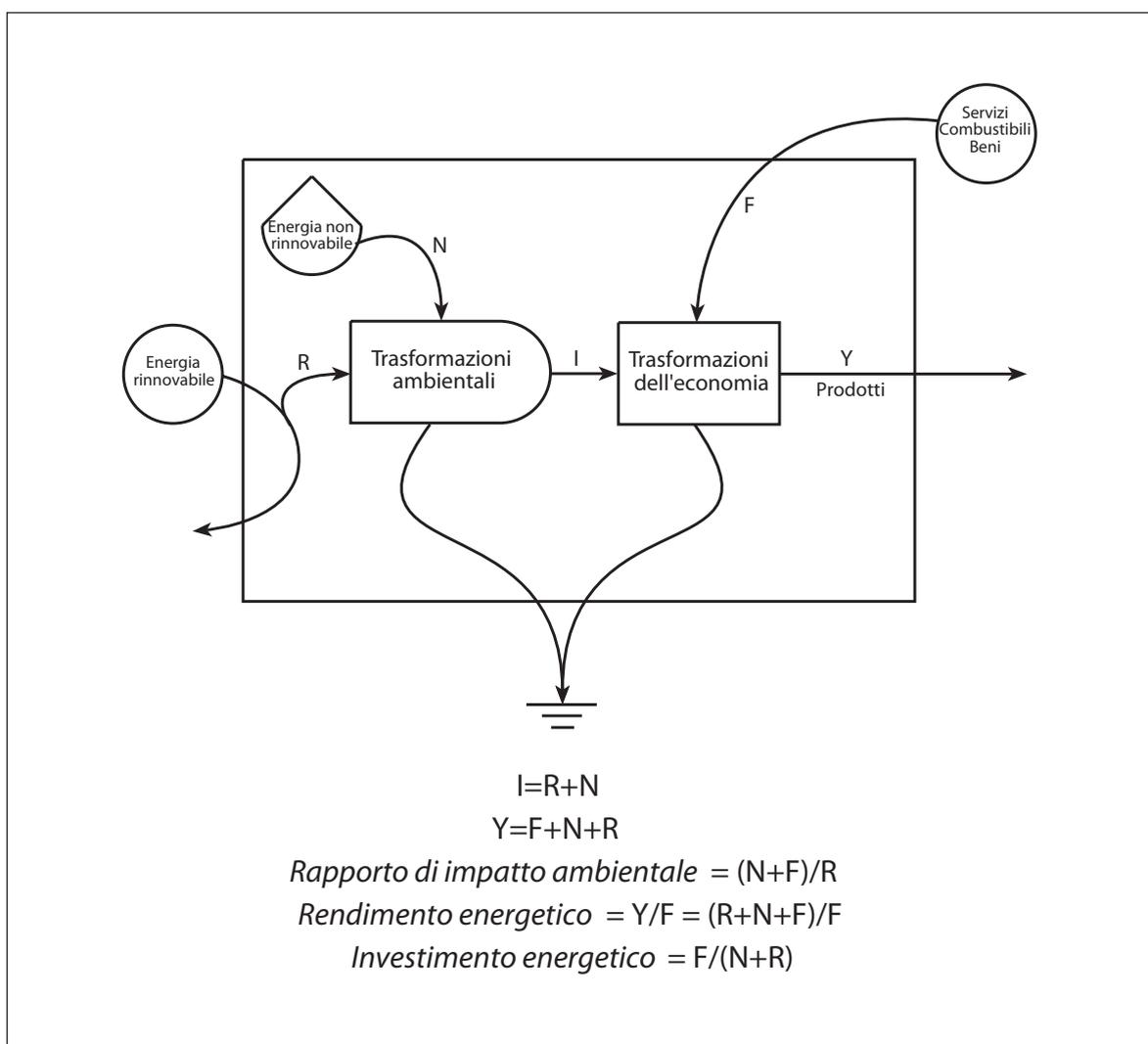


Figura 2: la struttura dei principali indicatori derivati.

o mediante scaldabagni solari, ecc.), la produzione di combustibili, la produzione di cibo (ad esempio, produzione di carne bovina mediante diversi sistemi di allevamento: fattoria chiusa, fattoria organica, pascolo libero, ecc.).

L'*investimento emergetico* (*emergy investment ratio*, sempre in figura 2, è il rapporto tra l'emergia fornita dal sistema economico e quella fornita direttamente dall'ambiente all'interno del sistema in esame. Questo indice valuta se il processo è un buon utilizzatore dell'investimento effettuato dal sistema economico, in confronto con processi alternativi: descrive, per così dire, l'emergia di attivazione richiesta all'ambiente esterno per lo sfruttamento di una risorsa locale. Perché un processo sia conveniente dal punto di vista ambientale, esso deve avere un indice di investimento emergetico simile o inferiore a quello di eventuali processi alternativi. Se l'*input* fornito dal sistema economico è inferiore, lo sarà anche l'indice di investimento e il processo sarà in generale più competitivo: infatti il costo del prodotto potrà essere inferiore, poiché può contare su un maggiore apporto emergetico "gratuito" dall'ambiente rispetto ai processi concorrenti.



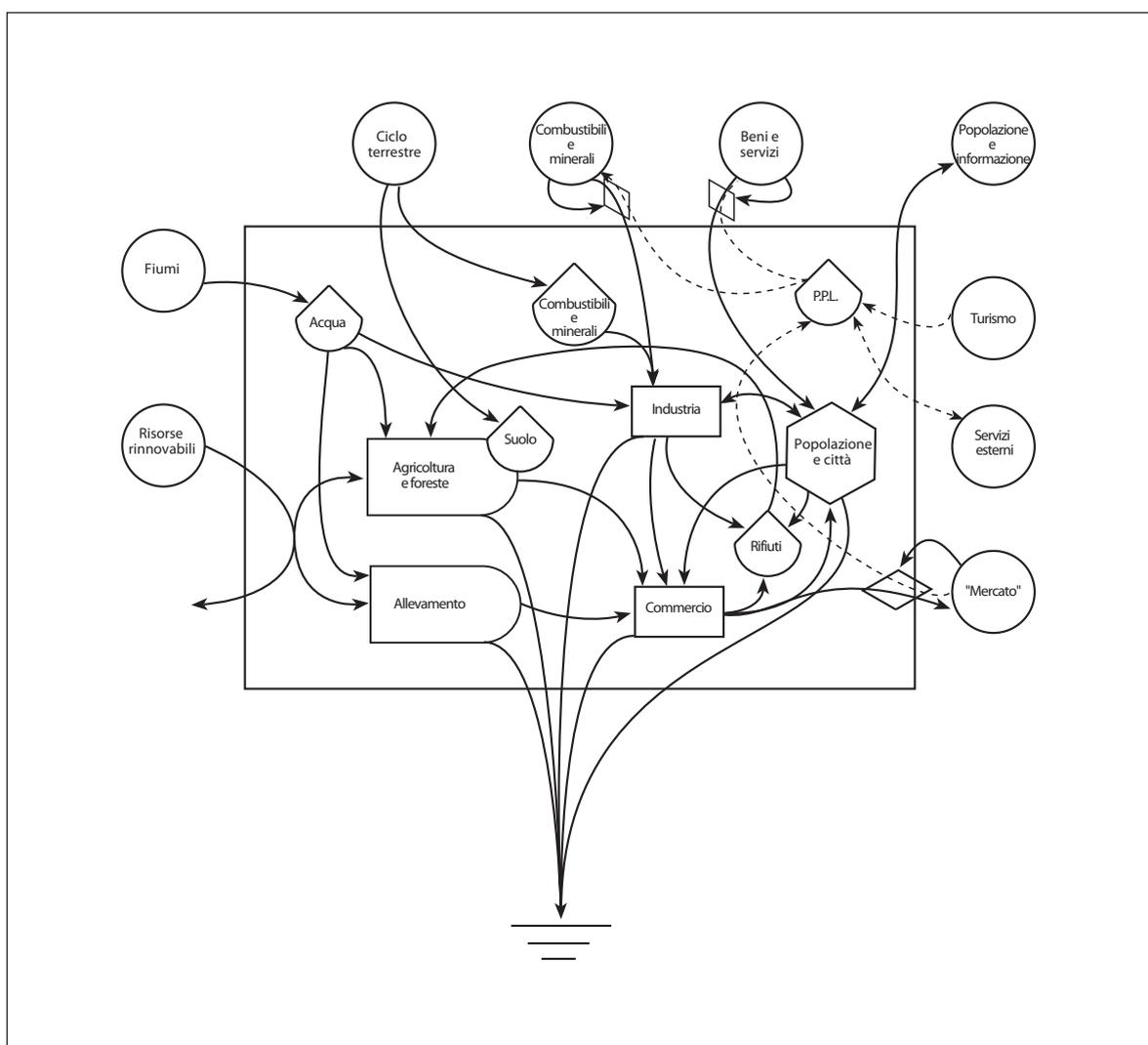


Figura 3: diagramma di studio di un sistema territoriale-tipo

Il *rapporto di impatto ambientale (environmental loading ratio)* è definito come il rapporto tra l'energia derivante da *input* provenienti dal sistema economico e da risorse locali non rinnovabili e l'energia derivante da risorse locali rinnovabili. Aree con indici di impatto ambientale molto alto esprimono una minore attività ambientale (fonti rinnovabili di energia) a sostegno di ciascuna unità di attività economica (energia di origine locale non rinnovabile o importata). Un elevato valore di questo indice, spesso legato a un elevato livello tecnologico, suggerisce l'esistenza di un elevato stress per l'ambiente, poiché i cicli ambientali locali sono sovraccarichi.

Una misura della *concentrazione spaziale del flusso di energia* all'interno di un processo o di un sistema è data dalla *densità di flusso energetico (empower density)*, definita come flusso di energia per unità di tempo e per unità di area. Una densità energetica elevata può riscontrarsi in territori dove l'uso di energia è grande a confronto con l'area disponibile. Ciò suggerisce una *gerarchia spaziale*, con alla testa aree (città, regioni industriali, nazioni) molto industrializzate, seguite da aree con economia rurale o comunque meno con-



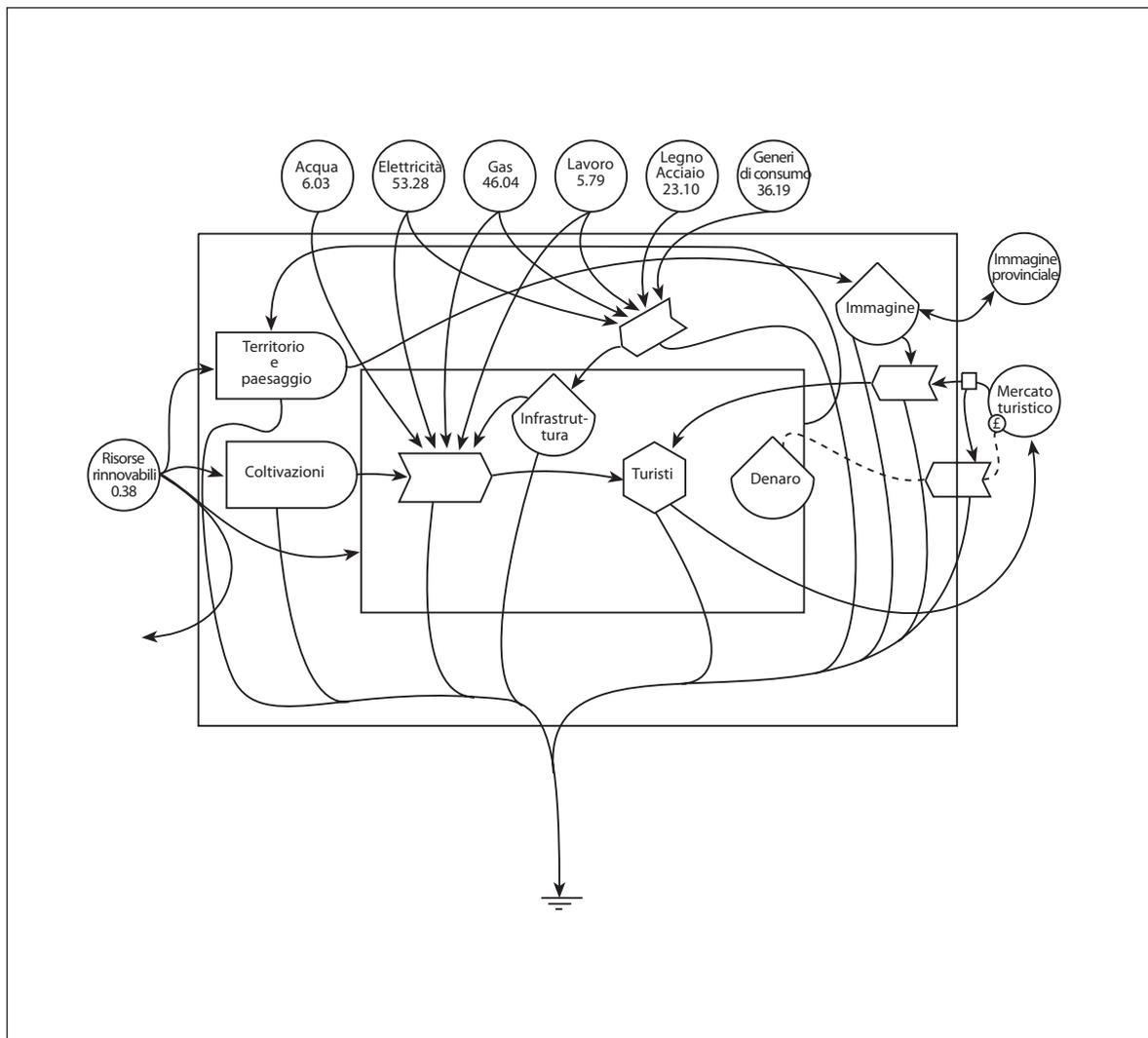


Figura 4: diagramma per lo studio di un sistema turistico

centrata. Non sempre questo indice è proporzionale alla densità di popolazione. Ad ogni modo, un'elevata densità di flusso energetico suggerisce che la disponibilità di territorio possa essere divenuto un *fattore limitante* per la *crescita* economica futura del paese, anche se non ne impedisce lo *sviluppo*, che invece deriva da un miglior uso delle risorse disponibili.

È importante ricordare che gli indici che stiamo considerando analizzano flussi di *energia* (ossia di risorse derivanti dalla convergenza di energia solare o solare equivalente, attraverso il lavoro di auto-organizzazione dell'ecosistema): se costruiti a partire da unità energetiche lorde i risultati degli stessi indici, calcolati per le differenti frazioni (rinnovabili, non rinnovabili e importate) potrebbero risultare del tutto devianti.

Le figure 3 e 4 illustrano due esempi di modellistica energetica applicata a casi diversi e l'insieme di relazioni (basate su equazioni cinetiche relative) che legano i flussi e i vari comparti presi in considerazione.





Il maximum power principle e l'efficienza dei sistemi

I sistemi aperti, che scambiano energia e materia con il loro ambiente esterno, hanno bisogno di un flusso continuo di energia per essere mantenuti in uno stato lontano dall'equilibrio. Lotka, all'inizio del secolo, ha teorizzato una dipendenza della possibilità di sviluppo ed evoluzione dei sistemi dalla quantità di energia disponibile. Il suo *Maximum Power Principle* asserisce che:

«...la selezione naturale opererà in modo da incrementare la massa totale del sistema organico, la velocità di circolazione della materia attraverso il sistema e il flusso di energia totale attraverso il sistema finché è presente un residuo inutilizzato di materia e di energia disponibile... ».

Come si vede questo principio si adatta bene al caso di abbondanza di risorse, cioè quando c'è poca competizione e il sistema tende ad usare ciò che ha a disposizione più velocemente possibile e senza la necessità di sviluppare un'elevata efficienza relativa.

In una condizione caratterizzata dalla presenza di risorse scarse, al contrario, il sistema tende a organizzarsi in modo da poter sfruttare al meglio tutta l'energia e la materia a disposizione, diversificandosi, quanto più possibile, al suo interno. In regime di scarsità, nella competizione si avvantaggiano i sistemi globalmente più efficienti, cioè con una migliore organizzazione delle attività dissipative: la minore produzione di entropia specifica (cioè per unità di massa) diviene perciò il "criterio di scelta" fra i sistemi in competizione.

In pratica, Lotka asserisce che la massima potenza in uscita è il criterio di sopravvivenza per i sistemi, siano essi viventi che non viventi. In altre parole la "sopravvivenza del più adatto" di Darwin viene legata alla disponibilità e alla capacità di utilizzo di energia per unità di tempo e viene estesa a tutti i sistemi. Questa legge è stata vista da alcuni come un possibile quarto principio della termodinamica.

H.T. Odum ha sviluppato una teoria dell'auto-organizzazione che parte dal tentativo di applicare ai sistemi ambientali la teoria delle strutture dissipative di Prigogine e il *Maximum Power Principle* di Lotka.

Il secondo principio della termodinamica ha suggerito il concetto di *freccia del tempo* ma non dice niente a proposito della velocità con cui i sistemi tendono ad operare. Qualsiasi grandezza intensiva di un sistema può essere vista come una forza termodinamica (X). A ciascuna forza è associato un flusso generalizzato J.

Esempi di forza sono il gradiente di temperatura ΔT o la differenza di potenziale elettrico ΔV ; i corrispondenti esempi di flusso sono il calore e la corrente elettrica. In ogni caso le grandezze in gioco vengono scelte in modo che il loro prodotto $J \cdot X$ abbia le dimensioni di una potenza $[ML^2T^{-3}]$.





Consideriamo due forze e due flussi tali che:

$$T \frac{dS}{dT} = J_1 X_1 + J_2 X_2$$

dove dS/dt è la velocità di incremento dell'entropia del sistema e dell'ambiente, T è la temperatura assoluta e J_i è il flusso associato alla forza X_i . In condizioni non lontane dall'equilibrio le forze X sono correlate ai flussi J da una relazione di linearità:

$$J_1 = L_{11} X_1 + L_{12} X_2$$

$$J_2 = L_{21} X_1 + L_{22} X_2$$

con $L_{12} = L_{21}$, che è la relazione di reciprocità di Onsager.

Se consideriamo la risposta del sistema in condizioni di flusso nullo in uscita ($J_2 = 0$) otteniamo il rapporto fra le forze generalizzate, che vale:

$$\frac{X_2}{X_1} = - \frac{L_{21}}{L_{22}} \triangleq f$$

Nel caso di due forze di diverso tipo f mostra come esse sono legate dimensionalmente (quando il flusso di uscita è nullo). Ancora a partire dalla stessa ipotesi ($J_2 = 0$), possiamo calcolare il rapporto fra il flusso e la forza di ingresso:

$$\frac{J_1}{X_1} = \frac{L_{11} L_{22} - L_{12} L_{21}}{L_{22}} \triangleq \mu$$

Nel caso dell'esempio elettrico, μ rappresenta la conduttanza d'ingresso di un quadrupolo (lineare). Nell'ipotesi che nessuna forza venga applicata in ingresso ($X_1 = 0$), il rapporto fra flusso e forza di uscita (conduttanza d'uscita, nel caso elettrico) vale:

$$\frac{J_2}{X_2} = L_{22} \triangleq c$$

Sostituendo le tre definizioni di f , μ e c , le equazioni che definiscono J_1 e J_2 diventano:





$$J_1 = (\mu + cf^2)X_1 - cfX_2$$

$$J_2 = -cfX_1 + cX_2$$

infatti c è uguale a L_{22} per definizione, L_{12} e L_{21} sono immediatamente ricavabili e sono uguali a $-cf$; dalla definizione di μ si può ricavare poi che:

$$L_{11} = \mu + \frac{L_{12}L_{21}}{L_{22}} = \mu + \frac{(cf)^2}{c} = \mu + cf^2$$

Sotto l'ipotesi di non essere lontani dall'equilibrio termodinamico, che d'altronde è necessaria anche per la relazione di Onsager, le f , c e μ possono essere considerate costanti. Dove questa ipotesi non vale, le equazioni possono essere usate solo come prima approssimazione, ed è con questo significato che ne facciamo uso nel presente ragionamento.

Definiamo poi il parametro:

$$R \triangleq \frac{X_2}{fX_1}$$

che è un fattore adimensionale che rappresenta il rapporto delle forze (a meno di un fattore di scala), e le potenze in ingresso P_1 ed in uscita P_2 :

$$P_1 = X_1 J_1$$

$$P_2 = X_2 J_2$$

Si può scrivere P_2 in funzione di R :

$$\begin{aligned} P_2 &= -J_2 X_2 = (cfX_1 - cX_2)X_2 = \\ &= (cfX_1 - cfRX_1)fRX_1 = \\ &= cf^2 X_1^2 R(1-R) \end{aligned}$$

Il massimo di P_2 in funzione di R si ottiene da:





$$\frac{dP_2}{dR} = cf^2 X_1^2 R(1-2R) = 0$$

che ha come soluzione $R=1/2$. Questo significa che in ogni processo accoppiato che opera secondo questo schema generale, si ottiene la massima potenza in uscita quando il rapporto fra le forze termodinamiche è uguale ad $1/2$, dopo averle convertite a dimensioni e unità di misura comuni. Per $R=1/2$ si ottiene che:

$$P_2 = \frac{cf^2 X_1^2}{4}$$

L'efficienza η in funzione di R vale:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{R}{1 + \frac{\mu}{cf^2(1-R)}}$$

che nel caso di $R=1/2$ (massima potenza di uscita) vale:

$$\eta|_{P_{2\max}} = \frac{1}{2 \left(1 + \frac{2\mu}{cf^2}\right)}$$

che è sempre $\leq 1/2$ (uguale nel caso di $\mu = 0$). Da ciò si desume che la richiesta di massima potenza di uscita non coincide con la massima efficienza teoricamente ottenibile: «...i sistemi sacrificano l'efficienza in favore di un output di massima potenza».

Questa legge, detta del *time speed's regulator*, si è mostrata valida in molti casi meccanici, chimici, fisici e biologici. Il risultato precedente, insieme al principio di Lotka, ha portato Odum a riscrivere il Maximum Power Principle: «le tipologie che prevalgono nell'auto-organizzazione sono quelle che massimizzano la potenza del flusso in ingresso e l'efficienza, dal momento che una maggiore energia disponibile fornisce il mezzo per avere la meglio su fattori limitanti e tipologie alternative». Questa enunciazione implica l'uso di fee-





dbacks all'interno del sistema che rinforzino gli input esterni di energia. I sistemi si organizzano gerarchicamente in modo tale che dalle componenti ad un livello gerarchico più alto ci siano retroazioni positive verso quelle a livello più basso.

Il riferimento all'efficienza completa l'enunciato di Lotka estendendolo anche al caso di risorse scarse. Si può comprendere allora meglio l'affermazione di Odum citata nel paragrafo 1.2.0.:

«...scegliendo opzioni che massimizzino la produzione e l'uso di EMERGIA, le politiche e le valutazioni possono favorire quelle alternative ambientali che massimizzino la salute reale, l'intera economia e il beneficio pubblico»

in quanto l'emergia comprende proprio le efficienze espresse dalle transformity. Tuttavia non riteniamo che il tono apodittico dell'affermazione sia condivisibile: infatti la riformulazione odumiana del *maximum power principle* non consente ancora di distinguere chiaramente il ruolo delle crescite quantitative e di quelle di organizzazione e di efficienza.¹ È invece cruciale cogliere l'indicazione di fondo che suggerisce che, in condizione di scarsità di risorse, solo un incremento di complessità e di efficienza possa fornire competitività di lungo periodo.

Emergia e transformity

Abbiamo visto le definizioni e le unità di misura di emergia e transformity. In seguito sono riportati i valori delle transformity di alcuni prodotti o flussi. In alcuni casi sono indicati degli intervalli, in quanto l'emergia e la transformity dipendono dal processo con cui un determinato prodotto è stato ottenuto: l'emergia non è, chiaramente, una funzione di stato.

<i>Elemento</i>	<i>sej/J</i>
Energia solare	1
Pioggia	18190
Suolo fertile	73770
Combustibili	20000÷80000
Elettricità	50000÷300000
Prodotti agricoli	20000÷200000
Fertilizzanti	$10^6 \div 5 \cdot 10^7$
Materiale ferroso	$10^6 \div 10^8$
Lavoro umano	$10^6 \div 10^9$
Informazione	(informazione genetica) $10^5 \div 10^{15}$





Il nome *emergy* è stato suggerito al posto del precedente "*embodied energy*" che lasciava spazio a possibili fraintendimenti fra il suo reale significato e quello di "contenuto energetico".

L'emergia è stata allora definita come una "*energy memory*" in quanto è una misura che vuole registrare le energie coinvolte a monte di un processo di trasformazione, considerando tutte le fasi del processo stesso. Nel fare questo si tiene conto del fatto che ogni tipo di energia ha a sua volta una diversa origine, è cioè il frutto di una diversa concentrazione di energie, fino all'energia "base": quella solare.

Si osservi come l'emergia sia una grandezza *estensiva*, come la massa ed il volume, mentre la *transformity* è una grandezza *intensiva*, come la concentrazione e la temperatura.

L'algebra dell'emergia

Formalmente possiamo scrivere che l'emergia B del flusso o del prodotto k-esimo (Figura 5) vale

$$B_k = \sum_i Tr_i E_i$$

dove E_i è il contenuto energetico dell'i-esimo input e Tr_i è la sua transformity, che è definita dalla relazione

$$Tr_i = \frac{B_i}{E_i}$$

Nell'ultima equazione B_i rappresenta l'emergia del prodotto i-esimo. Questa definizione formale appare circolare, ma, come abbiamo visto, abbiamo un vincolo che la rende operativa: la *transformity* dell'energia solare diretta ha, per definizione, valore unitario.

Quando un processo è direttamente supportato dall'energia solare, la *transformity* indica la convergenza di energia solare per dare origine a quel prodotto.

Una volta che è stata determinata la *transformity* di un certo numero di prodotti di questo tipo, è possibile calcolare in cascata anche l'energia solare indiretta che è necessaria per ottenere altri prodotti, i cui *input* hanno una emergia nota. La *transformity* di un processo può quindi essere calcolata dalle equazioni precedenti:

$$Tr_k = \frac{B_k}{E_k} = \sum_i Tr_i \frac{E_i}{E_k}$$



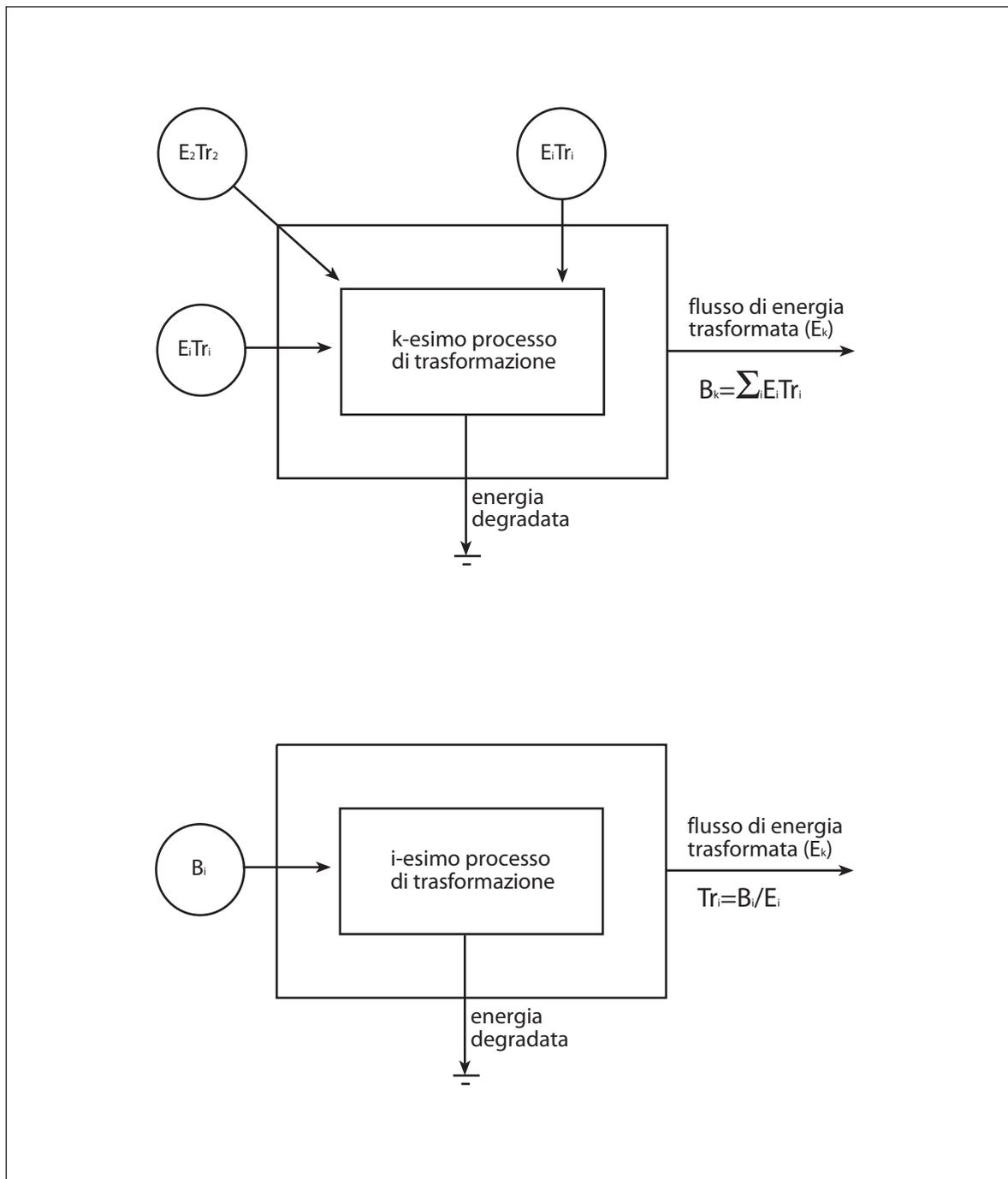


Figura 5: energia e transformity.

Una regola fondamentale nell'algebra dell'energia è che quando abbiamo un processo che dà in uscita diversi *co-prodotti* (*by-products*), tutti questi *co-prodotti* hanno come energia l'energia totale che è stata necessaria per il processo, dal momento che un processo di questo tipo non può produrre un *output* senza produrre anche l'altro *co-prodotto*.

Se invece un flusso omogeneo di energia B si divide (*split*), ad ogni ramo i viene assegnata una quantità che è proporzionale all'energia y_i che vi fluisce. In formule:



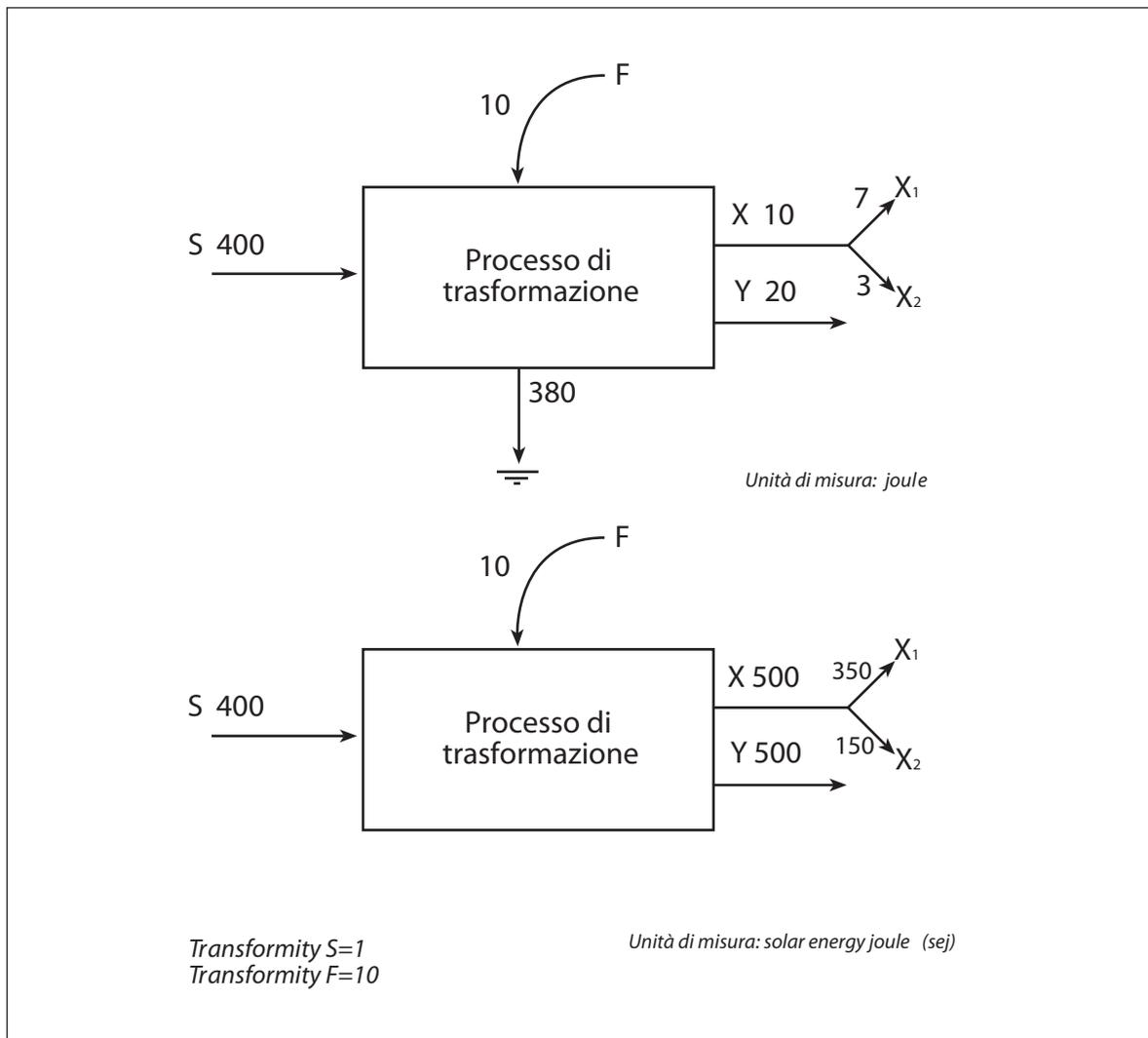


Figura 6: bilancio energetico ed emergetico in presenza di split e by products.

$$B_i = \frac{y_i B}{\sum_j y_j}$$

Si noti che, mentre in quest'ultimo caso i flussi hanno la stessa *transformity* (l'energia solare necessaria per la costituzione di un'unità di prodotto nei due rami è la stessa) ma in generale diversa emergia, l'opposto si verifica nel caso di due o più co-prodotti, che hanno richiesto gli stessi input per la loro formazione ma hanno diversi contenuti energetici. In Figura 6 viene mostrato dapprima il diagramma energetico poi quello emergetico in cui è riportato un esempio numerico di come vengono calcolate le energie nei casi di split e by-products.

Un'altra regola fondamentale è che l'emergia, in presenza di un flusso di retroazione



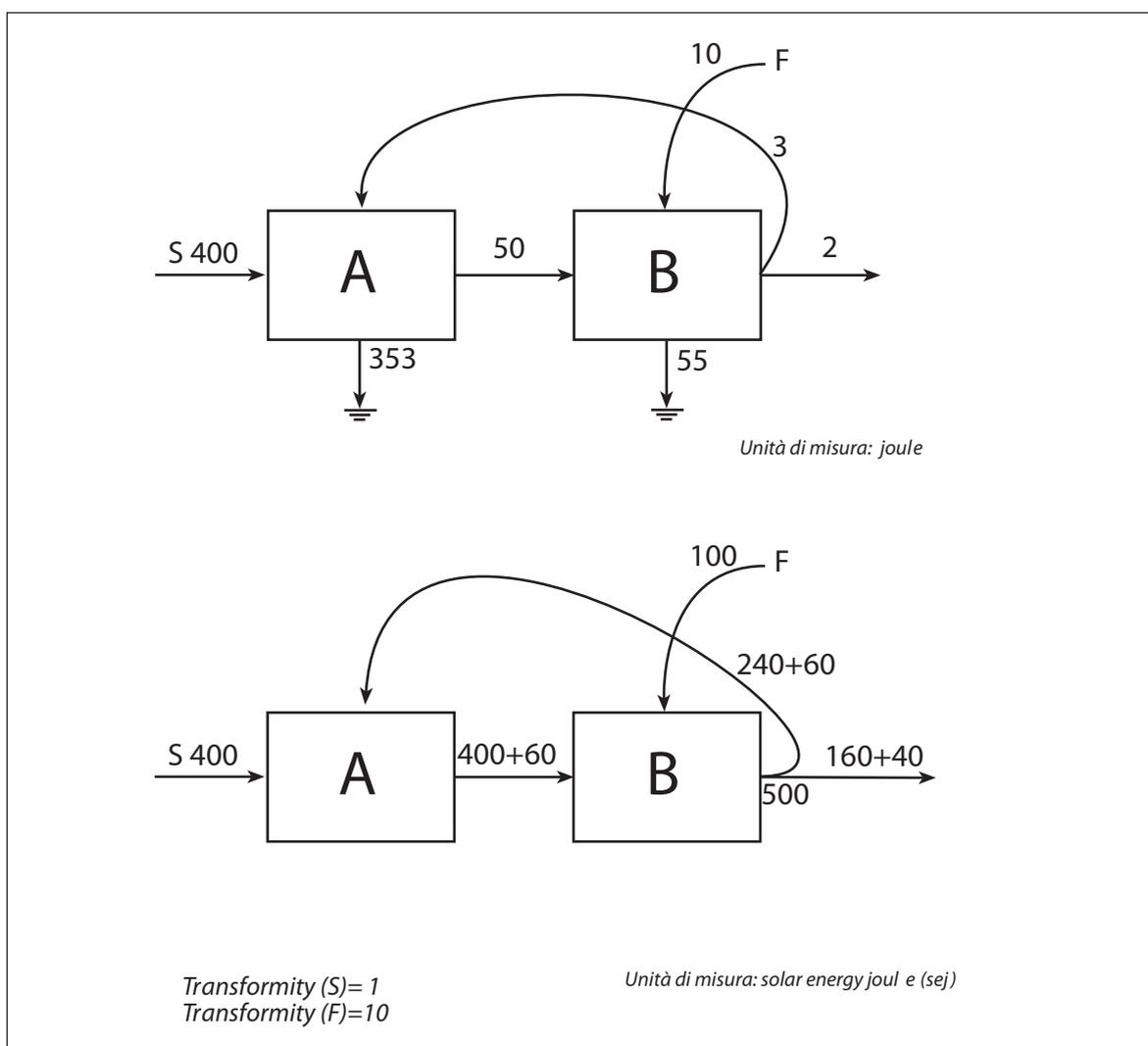


Figura 7: calcolo dell'emergia in presenza di feedback.

non deve essere contata due volte all'interno di un sistema. In Figura 7 abbiamo un semplice sistema con un *feedback* dal componente B al componente A; in pratica è di solito più semplice assegnare l'emergia scrivendo in ciascuno dei cammini la somma degli input provenienti da risorse *diverse*. Cominciando da sinistra, l'output da A è la somma dei 400 sej dalla risorsa S e dei 3/5 della risorsa F (60 sej), per un totale di 460 sej. Conviene notare che nell'uscita di A viene contata solo quella parte della retroazione da B che non proviene da S (e che attraversa A stesso). In altre parole i 400 sej che provenivano originariamente da A non possono essere contati una seconda volta.

Questa regola si applica anche al caso di convergenza di *by-product*, in quanto, se i co-prodotti interagiscono in una successiva trasformazione, l'emergia del prodotto finale non è la somma dei due contributi, ma ha il valore (comune) di uno dei due flussi, perché i due flussi rappresentano la convergenza delle stesse risorse nello stesso luogo e nello stesso lasso di tempo.





Conviene ricordare che lo stesso flusso o prodotto può essere ottenuto da diversi processi, soprattutto se si indagano prodotti di processi tecnologici. Diversi processi daranno, di regola, origine a *transformity* diverse per lo stesso prodotto. L'emergia infatti non è una grandezza conservativa come l'energia; la sua algebra non segue una logica di conservazione, ma piuttosto di "memorizzazione". Il contributo di tutti i valori di ingresso in un processo viene misurato tramite la loro emergia specifica.

Gli unici flussi da considerare quando stiamo calcolando l'emergia di un flusso o di un prodotto, sono quelli derivanti da *input indipendenti*. Il problema, dal punto di vista del calcolo, è quello di determinare se i valori in ingresso al sistema sono davvero indipendenti, o se si tratta piuttosto di co-prodotti (*in toto* o *in parte*) della stessa fonte di emergia. Si può riconoscere se un flusso è indipendente o meno dagli altri solo guardando in maggior dettaglio il sistema che contribuisce alla formazione dell'*input* in esame, indagando più a fondo quali siano le relazioni fra il sistema vero e proprio e quello che possiamo chiamare l'ambiente esterno.

Un tipico esempio in cui è importante evitare di *contare due volte* l'emergia in ingresso è quando, in un sistema naturale, si considerino l'energia solare e quelle derivanti dalla pioggia e dal vento. Siccome questi tre input sono in realtà il frutto della concentrazione e delle variazioni nel tempo di energia solare, Odum ha suggerito di considerare solo il contributo emergetico del più grande dei tre componenti e di non sommare gli altri due.

NOTE

¹ ma si veda anche il capitolo 1.3. per una migliore spiegazione del senso complessivo della proposta odumiana.





Gli storages energetici: fondi, depositi e accumuli

Il ruolo non-banale degli storages nei sistemi complessi

Nell'esperienza quotidiana, un deposito è semplicemente un accumulo, e così della merce immagazzinata, una pila di libri accantonati o un mucchio di sabbia rappresentano, nel nostro immaginario, quanto ci sia di più vicino all'idea di quantità inerte, banale.

Basta tuttavia che esista una retroazione di qualche genere fra l'entità dell'accumulo e la velocità dei processi che contribuiscono a crearlo o a consumarlo perché questa "banalità" venga meno.

Questo è, precisamente, quanto avviene nei sistemi complessi, in natura come in una città, e fin dall'instaurarsi dei primissimi livelli di organizzazione interna di un sistema.

Il Maximum Power Principle, che Lotka propose nel 1922 come "quarta legge" della termodinamica, intendeva (per così dire) *giustificare* la frequenza di accoppiamenti di questo tipo, detti feedback autocatalitici, definendo una tendenza generale, universale e necessaria dei sistemi, a massimizzare l'*output* di potenza. Questo comportamento appariva a Lotka talmente pervasivo da giustificare l'introduzione di un nuovo *principio* fondamentale (e quindi in qualche modo assolto dall'onere della spiegazione) addirittura all'interno del *corpus* della termodinamica.

Ora è ben chiaro che in una struttura semplice dotata di un *input* illimitato di ingresso e di un *feedback* positivo tra *storage* e processo si assiste ad una crescita del sistema di tipo esponenziale, che massimizza la produzione di entropia nell'ambiente. Lotka sosteneva, in pratica, che strutture dotate di questo tipo di caratteristiche si sviluppano in natura *poiché* massimizzano il flusso di potenza, che fornisce loro un vantaggio competitivo, in condizioni di abbondanza di risorse.

Abbiamo già visto come H.T. Odum, introducendo il concetto di *Maximum EMpower* (ovvero massimo flusso di energia, o potenza energetica), abbia in realtà raffinato l'impianto di Lotka, comprendendo fra i motivi di successo di una struttura autoorganizzativa nell'ambiente (estendendo l'orizzonte del modello anche a condizioni di risorse scarse), anche la sua capacità di complessificarsi, di aumentare il numero dei *feedback* interni, in modo da massimizzare, appunto, il flusso di energia. Più un sistema è ricco di retroazioni, di opzioni di riciclo delle risorse, di complessità interna, maggiore (a parità di *input*) il flusso complessivo di energia.

È sicuramente in questo senso, soprattutto, che va intesa la proposta odumiana di favorire scelte tecnologiche, politiche ed economiche che favoriscano soluzioni capaci di espi-



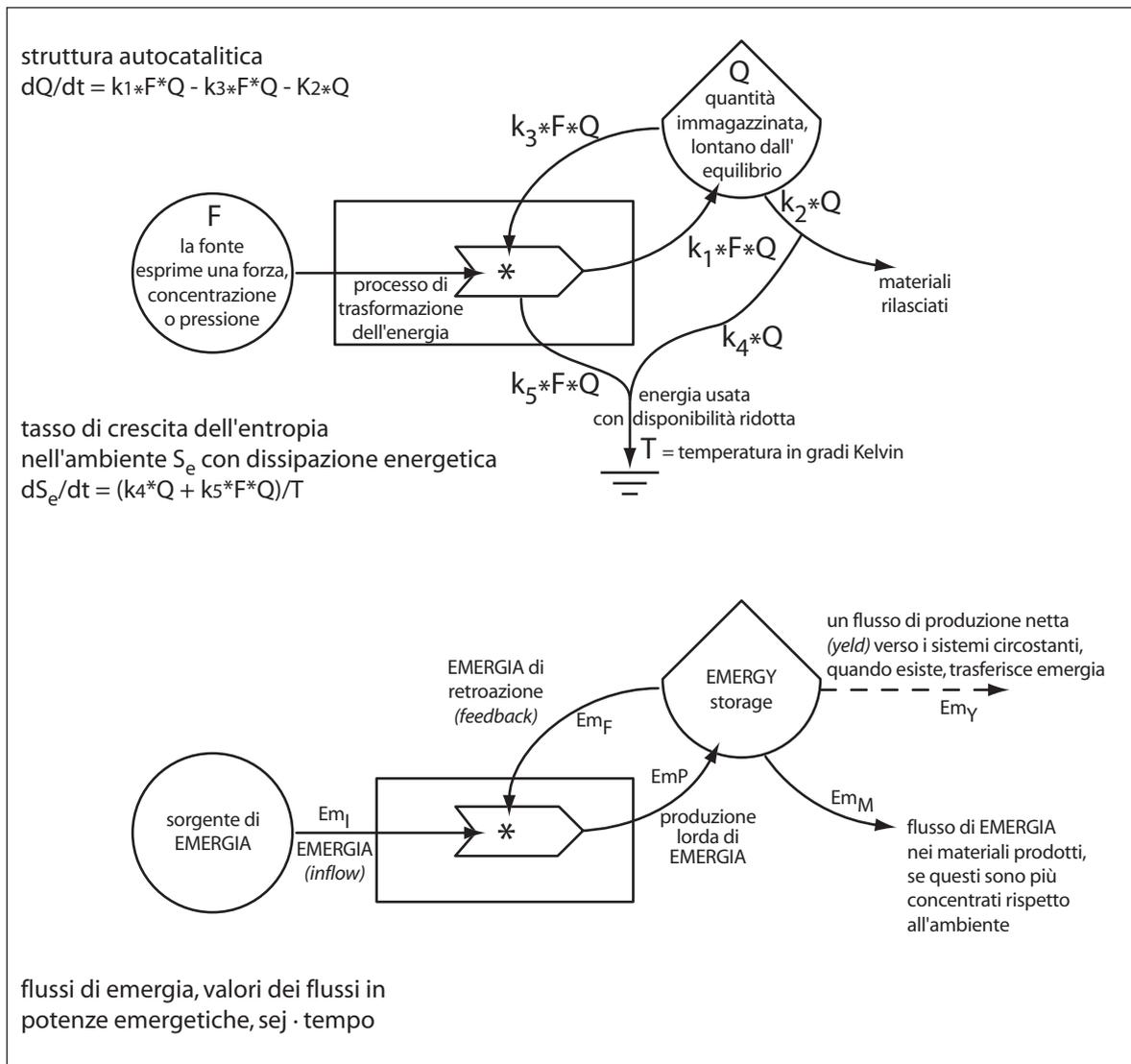


Figura 1: accoppiamento autocatalitico di un deposito (storage) a un processo di trasformazione energetica.

mere il massimo flusso di energia totale: non aumentando gli *input* (che pure innalzerebbero i valori di EMpower in uscita), ma aumentando la complessità interna dei sistemi, il numero e la varietà delle retroazioni.

Se rimane discutibile l'opportunità, più che la legittimità, di elevare ad uno status di *principio* fisico una "legge" che in realtà è tutta legata all'organizzazione, al divenire evolutivo dei sistemi, sicuramente l'indicazione di Odum è due volte preziosa. Da un lato perché costruisce un assunto estremamente elegante che può essere applicato a un'ampissima classe di fenomeni, dall'altro perché, se correttamente interpretato (sotto la premessa cioè che il nostro sistema socio-economico si trova *effettivamente* in una condizione di risorse scarse), fornisce un'indicazione di grande generalità rispetto alle tendenze da privilegiare nel perseguimento di uno sviluppo sostenibile.

Aumento di complessità, di biodiversità, di retroazioni e riciclaggio dei flussi sono una



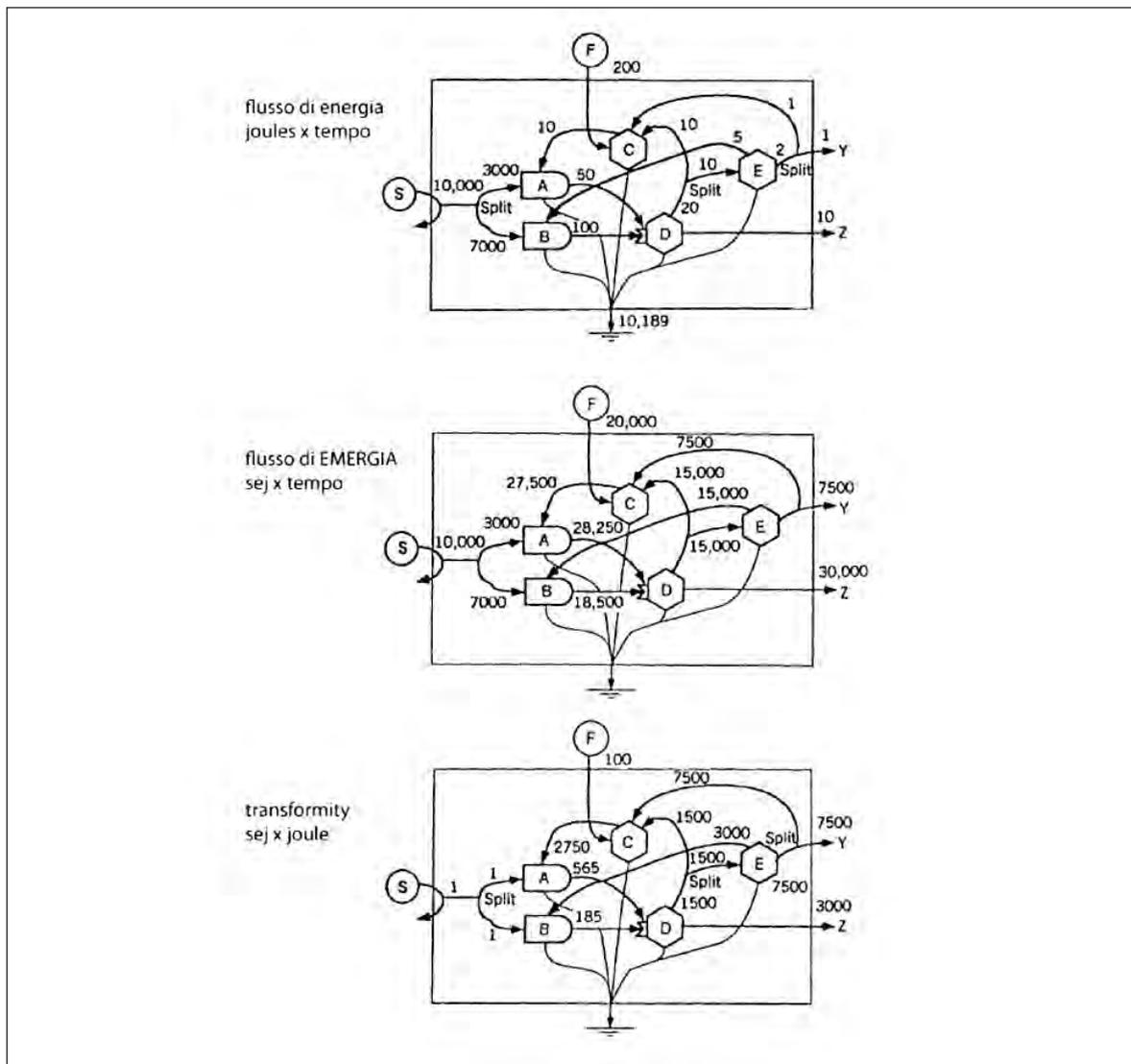


Figura 2: la presenza di feedback, split e co-prodotti contribuisce all'incremento del flusso emergetico. Immagine adattata da Odum, H.T. (1996), cit.

direzione alternativa alla massimizzazione della potenza di output energetico (ovvero di PIL, per un contesto economico): una tendenza che diviene suicida laddove non esistano sorgenti illimitate di energia utile. Tutta qui la diversità, davvero cruciale, tra crescita e sviluppo, tra Lotka – per metonimia, ovviamente – e Odum, tra ottiche economicistiche ed ecologico-economiche.

In questo specifico paragrafo, tuttavia, ciò che più preme è sottolineare l'importanza e la complessità del ruolo degli *storages* in qualsiasi sistema capace di autoorganizzazione, mantenere in rilievo il fatto che, anche laddove si parli di elementi chimici semplici, di materiali da costruzione o di biomassa, si tratta – in ogni caso – di quantità che interagiscono in maniera complessa con la biosfera, con gli organismi viventi e con le dinamiche che li legano tra loro.





1.3.2. Tipo-logie di storages energetici, attraverso la storia e l'organizzazione della biosfera

Il linguaggio energetico fornisce una definizione molto generale del concetto di "risorsa", che viene identificata con un flusso o uno stock di *energia pregiata*, di energia appunto.

Se si getta uno sguardo alle attuali modalità di mantenimento delle attività umane è facile accorgersi del fatto che la maggior parte delle risorse che utilizziamo si trovano, in realtà, immagazzinate in grandi "serbatoi", gli *emergy storages*.

L'idea di *emergy storage* è molto vicina sia a quella di potenziale energetico, sia al concetto di *capitale naturale*: si tratta in effetti di un deposito di *memoria di energia solare*, di lavoro compiuto dalla biosfera. Gli *storages* energetici rappresentano in un certo senso una "misura" dell'entità, della consistenza materiale del *capitale naturale*, inteso nell'accezione di Costanza (1997), che ha per primo introdotto il concetto, affrontando però il tema innanzitutto dal punto di vista della *produzione di servizi* per l'uomo.

Gli *emergy storages* sono dunque un deposito che, come si accennava sopra, ha delle relazioni forti con il comportamento e la struttura del sistema che li ha generati. Non si può accedere, al di fuori di ben definite soglie, ai depositi di energia, al capitale naturale, senza determinare delle modifiche nei biosistemi ad esse collegati, e viceversa.

Per questo motivo appare opportuno, quasi a rinforzare, a rendere più stringenti le informazioni quali-quantitative che l'emergia offre, introdurre il concetto di *classe di storage*, per rendere conto del fatto che diverse categorie di accumulo abbiano, in realtà, caratteristiche talmente peculiari da imporre di considerare ciascuna di esse come un "tipo logico" distinto.

La categoria interpretativa di "tipo logico", introdotta da Bertrand Russell e ripresa da Gregory Bateson, viene utilizzata qui nel senso generale di *tipizzazione forte*, per indicare il fatto che i minerali, il legname tratto da una foresta pluviale anziché da una coltivazione arborea, i combustibili fossili e le infrastrutture di una città piuttosto che lo *storage di biodiversità*, pur unificati dalla descrizione energetica sotto un denominatore comune, andranno comunque interpretati come entità *strutturalmente* differenti. Questa diversità non è tanto un fatto fisico, ma dipende dalla specifica *storia evolutiva della biosfera* che determina, con il suo procedere, una produzione interna di senso.

La natura, come abbiamo visto, costituisce storages a partire dalla disponibilità di flussi di energia utile, e il motore primo di questo processo di accumulo è la produzione fotosintetica. La fotosintesi ha generato grandi potenziali chimici, l'ossigeno atmosferico e i combustibili fossili, creando così un ambiente adatto ad accogliere forme di vita più complesse di quelle ammissibili in un'atmosfera surriscaldata, ricca di anidride carbonica.

Con la comparsa degli organismi consumatori si è instaurato un comportamento di sfruttamento della *produzione netta (yield)* degli storages fotosintetici (i produttori primari), sulla quale si sono costituite e complessificate le catene trofiche, iniziando dai feedback po-



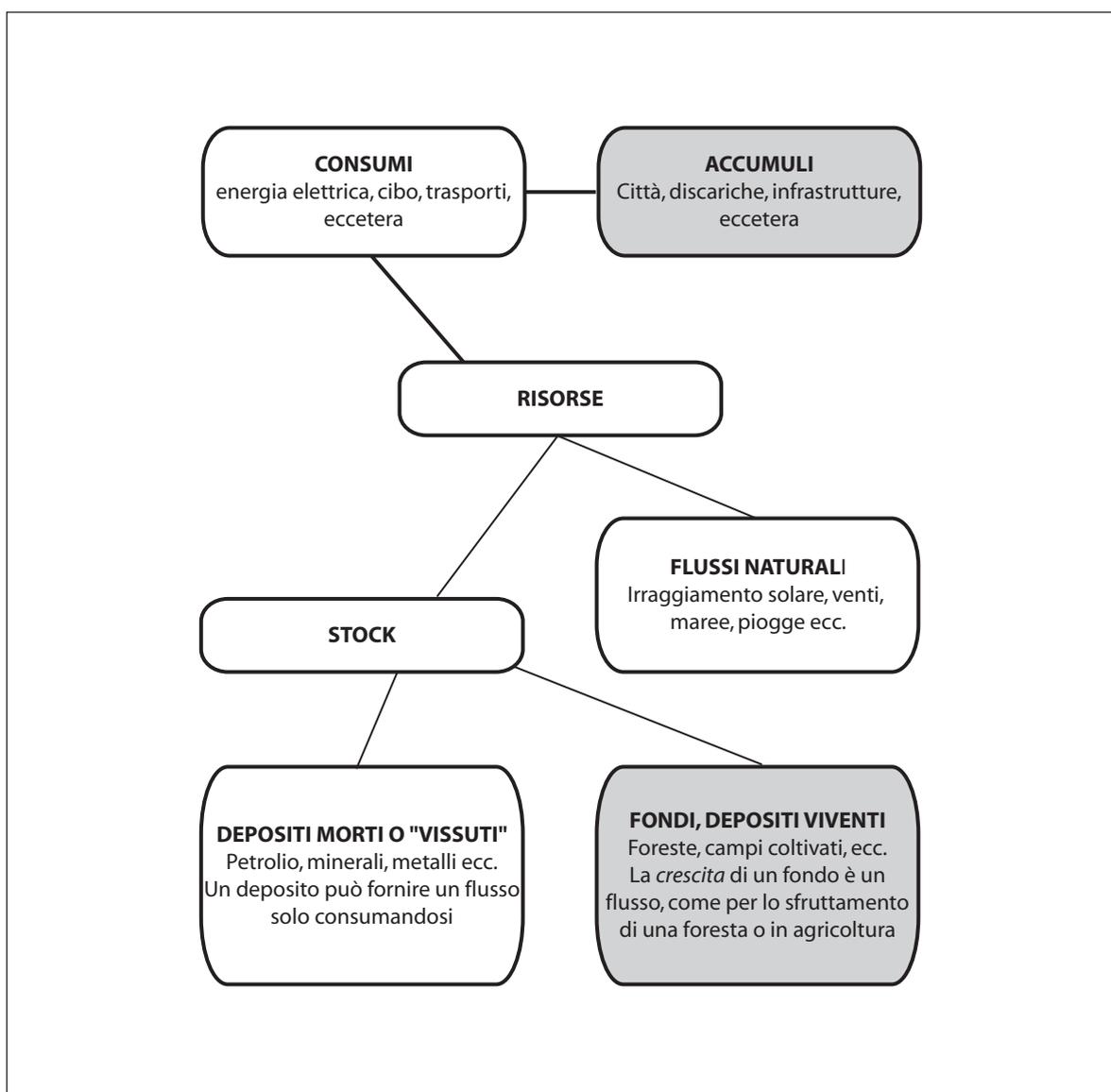


Figura 3: la classificazione delle risorse, già proposta in 1.1. e le categorie di storage più rilevanti rispetto allo specifico disciplinare della pianificazione territoriale

sitivi che i consumatori sono stati in grado di fornire ai produttori primari.

L'output della biosfera – il suo “prodotto ultimo” – non è altro che la biosfera stessa¹, ma possiamo vedere nell'aumento di organizzazione un processo di accumulo di livello superiore, al quale diamo il nome di biodiversità².

Abbiamo già proposto una prima classificazione delle risorse, secondo lo schema introdotto nel capitolo 1.1. (figura 3), distinguendo fra flussi e stock, a loro volta distinti fra depositi e fondi, introducendo inoltre il concetto di “accumulo”, ovvero di stock di materiali o di informazione raccolto grazie all'attività umana o a causa di essa.

Si può approfondire ulteriormente (figura 4) il tema, ripercorrendo questa classificazione delle risorse in base al criterio generale della rinnovabilità, ovvero in base ai tempi di costruzione e di reintegro delle quantità immagazzinate.



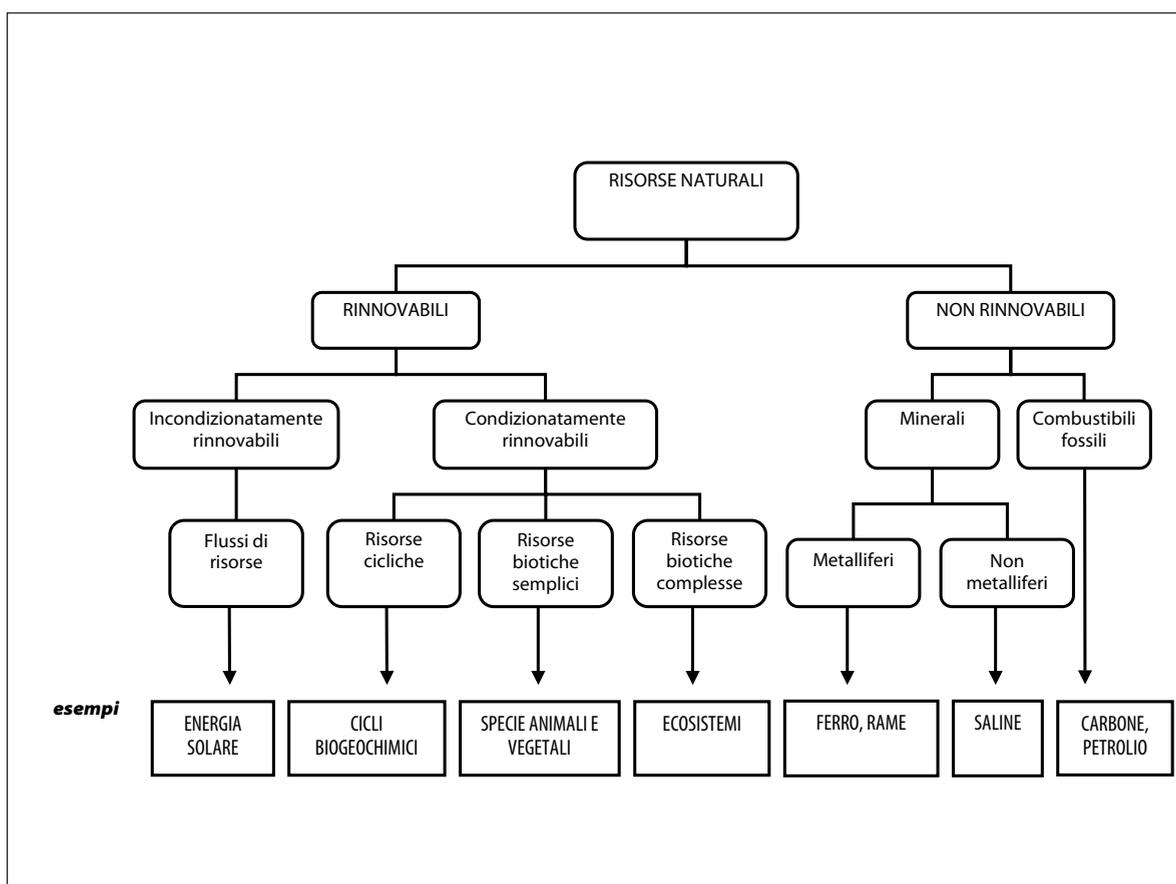


Figura 4: diversi tempi di reintegro determinano differenti profili di risorsa, rispetto alla sostenibilità del loro consumo.

Si evidenzia in questo modo l'esistenza di un continuum, che consente di comprendere come il discrimine fra flusso e storage sia, in realtà, il frutto di una scelta abbastanza arbitraria, che dipende dal peso che intendiamo o meno riconoscere al *tempo*.

Nessuna delle categorie rappresentate in figura 4 può essere considerata, ovviamente, indipendente. Il flusso di energia solare può essere considerato costante, ma, come abbiamo visto, la combustione dei depositi fossili presenti nella litosfera può influenzare in modo rilevante gli effetti dell'irraggiamento solare, attraverso l'aumento dell'effetto serra. Nello stesso modo anche i cicli biogeochimici, *in primis* quello dell'acqua, sono connessi alle variazioni nell'entità delle altre riserve (di nuovo l'anidride carbonica in atmosfera), e perfino i depositi minerali hanno delle forme di interazione (che fino all'arrivo dell'*homo technologicus* avvenivano solo in tempi lunghissimi) con le altre quantità in gioco.

Alcune delle categorie proposte sono tuttavia più complesse da definire e più importanti, nel momento in cui ci si ponga il problema della sostenibilità delle attività umane. Si tratta senz'altro delle risorse biotiche (semplici e complesse, nello schema sopra) e dei combustibili fossili, ovvero di classi di storage che sono più legate alla biosfera, della quale costituiscono da un lato il *soma*, dall'altra la memoria – e in un certo senso la struttura portante.³





Abbiamo visto più volte come ossidare il carbonio della litosfera equivalga a “portare indietro” il *tempo interno* della biosfera, costringerla a dimenticare parte della sua storia, togliere degli anelli al tronco sul quale cresce l’albero della vita.

Seguendo questo schema è possibile comprendere come la biodiversità (non compresa esplicitamente negli schemi fin qui proposti) appartenga a un’ulteriore tipologia di storage, forse una “super-classe” delle risorse biologiche, ma con caratteristiche talmente peculiari, per le quali non è possibile applicare lo stesso tipo di approccio che viene utilizzato per le altre tipologie di risorsa.

Il fatto più devastante dell’attuale sistema tecnologico ed economico, della non-cultura che lo sostiene, risiede nel fatto di ignorare il *sensu biologico* delle entità in gioco. Pietra, legno, petrolio e più recentemente l’informazione genetica vengono, invece, considerate identicamente merci e oggetti da conoscere, utilizzare e gestire nello stesso modo. È questo un errore fatale, che può essere svelato solo studiando, e ammettendo come fondante, il differente ruolo biologico di queste entità, che presiede alla genesi di *differenti domini di sensu*.

La gestione degli storages: sostenibilità e apprendimento

È importante notare come in natura, attraverso le dinamiche preda-predatore descritte dalle equazioni di Lotka-Volterra, i comportamenti di consumo degli storages che vadano oltre le quote di produzione netta, intaccando quindi il capitale definito dalla parte permanente degli storages stessi, vengano auto-corretti attraverso i processi più vari di decadimento delle popolazioni, che possono essere sia estremamente progressivi, sia assumere la forma di veri e propri collassi locali.

In ogni modo non è permesso, in natura, l’instaurarsi di comportamenti che vadano nella direzione del *consumo non sostenibile* del capitale immagazzinato.

Anche le società umane pre-industriali hanno seguito questa regola generale: fino a due secoli fa la progressiva emancipazione dalle equazioni di Lotka-Volterra – l’incremento della vita media degli individui e la qualità della vita degli stessi – è sempre avvenuta senza intaccare significativamente il capitale naturale. Per dirla alla Odum, la strada delle società preindustriali è sempre stata quella dell’incremento progressivo dell’*EMpower*, dell’*output* energetico, ottenuto però attraverso una crescita della complessità delle relazioni con l’ambiente, non tanto attraverso un incremento delle forzanti primarie, degli *input* energetici dall’esterno.

Attraverso un meccanismo di questo tipo si sono potute instaurare quelle forme di *sapienza ambientale*, di co-evoluzione profonda fra civiltà umana e sistemi naturali, che hanno concesso lo sviluppo di grandi culture senza compromettere gli equilibri ecosistemici.

Tutte le civiltà preindustriali (con la sola eccezione dei grandi imperi coloniali) hanno





avuto una convergenza verso forme di sviluppo sostenibile per il semplice motivo che, non potendo contare su forzanti esterne, una civiltà che comprometteva il proprio capitale naturale di riferimento era costantemente inibita, corretta da quei *feedback negativi* che si chiamano carestia, fame e morte.

Esempi classici e paradigmatici, in questo senso, sono la crisi irreversibile dell'ecosistema dell'isola di Pasqua e la salinizzazione dei terreni della Mesopotamia (la famosa "mezzaluna fertile"): due facce della non-sostenibilità dei consumi che ritroviamo, *mutatis mutandis*, nella situazione attuale della civiltà umana. Nel primo caso la popolazione insediata aveva consumato in un brevissimo lasso di tempo gli storages di biomassa, e l'isola era troppo piccola per tamponare le conseguenze del comportamento dissennato dei suoi abitanti, permettendo un recupero e una correzione di rotta. In Mesopotamia, invece, la crisi è stata resa irreversibile dalla *distanza temporale* intercorsa fra l'azione umana e la retroazione, la *risposta* da parte dell'ecosistema: l'acqua usata per le irrigazioni conteneva un tasso di sali piuttosto elevato, ma non così alto da compromettere immediatamente i raccolti. La progressiva salinizzazione dei terreni ha determinato quindi una risposta troppo diluita nel tempo rispetto alla vita degli uomini, impedendo l'innescare di un meccanismo di apprendimento. Quando, finalmente, si è capito che cosa stava succedendo, lo storage di suolo fertile era ormai interamente compromesso.

La presenza di retroazioni sufficientemente rapide ha invece storicamente consentito l'instaurarsi di forme di apprendimento profondo, non solo verbale, alla base della sopra citata *sapienza ambientale*, che si manifesta nella costruzione dei paesaggi: forme complesse di territorio, che percepiamo istintivamente come "belle", e che sono ad un tempo il luogo e il prodotto della co-evoluzione sostenibile delle società umane nella natura.

Quella di sottomettersi a un meccanismo selettivo di questo tipo non è stata, beninteso, una scelta consapevole delle comunità: le società preindustriali, come gli organismi biologici superiori nella loro darwiniana *struggle for life*, semplicemente non avevano la possibilità di ricorrere a forme più dense di energia pregiata.⁴ Questa possibilità si è realizzata con la Rivoluzione Industriale, grazie allo sviluppo di tecnologie capaci di creare dei flussi energetici dotati di intensità fino ad allora impensabili, ma proprio intaccando gli storages, e aprendo dunque il problema della sostenibilità delle tecnologie.

Sono due i fenomeni che, a quel punto della storia dell'uomo, hanno reso *strutturalmente diverso* il problema della sostenibilità rispetto alle modalità secondo le quali si era presentato, ed era stato risolto, fino ad allora: la capacità di importare su grande scala *energia di qualità dall'esterno* dei sistemi locali (e non è un caso che proprio l'Inghilterra sia stata, per tanto tempo, la più grande potenza coloniale del pianeta) e il ricorso a classi di storages radicalmente differenti da quelle utilizzate nel passato, ovvero i combustibili fossili.

In entrambe i casi gli storages utilizzati *non appartengono all'orizzonte locale*, sono collocati lontano nello spazio (per il caso delle importazioni) o nel tempo (i combustibili fossili). Questo fatto ha impedito, e impedisce a tutt'oggi, l'instaurarsi di meccanismi di ap-





prendimento, di cicli di feedback sufficientemente rapidi da istruire *spontaneamente* un rapporto di vera coevoluzione vitale fra cultura tecnologica e natura.

Il consumo degli storages si distribuisce oggi su un orizzonte spazio-temporale troppo ampio per essere colto dallo sguardo delle pratiche, del vivere comune: è proprio questo che rende necessario il ricorso ad attenzioni di tipo diverso per cercare nuovi equilibri di sostenibilità.⁵

Una proposta operativa, pensando alla pianificazione

Una volta inquadrato correttamente il tema degli storages conviene verificare da subito quali siano le categorie di storage emergente indagabili e significative rispetto a un'azione di Piano: si tratta essenzialmente di quelli che abbiamo indicato come *accumuli* e come *fondi* (figura 3).

Abbiamo notato, fin dalla premessa di questo lavoro, come i Piani introducano regole di comportamento spazialmente definite e non siano quindi in grado, per la loro peculiare natura, di influenzare direttamente i modelli di comportamento che determinano il consumo corrente, ma abbiano invece il fondamentale compito di gestire grandi quantità di risorse spazialmente concentrate: in primo luogo gli stock urbani e il capitale naturale residente.

Non è ancora definita con precisione, nella letteratura scientifica, la quota dei consumi della civiltà contemporanea che è possibile ascrivere all'attività edilizia, alla costruzione di infrastrutture, di strade, fabbriche eccetera. Quello che non è in discussione è il fatto che si tratti di una parte assolutamente rilevante dei consumi totali. Ciò che più preme notare in questa sede, tuttavia, è innanzitutto il fatto che gran parte dei flussi di materia che entrano nella città, non ne escono poi sotto forma di rifiuti o in altra forma (Baccini, Brunner, 1991).

Non dobbiamo quindi pensare i sistemi urbani semplicemente come luoghi del consumo e del fluire delle risorse. In realtà, i lavori di *materials accounting* applicati alle città ci mostrano come i materiali che entrano nel sistema urbano, il più delle volte, contribuiscano innanzitutto a un processo di *accumulo*, talvolta millenario, come nel caso di Ravenna, ma in ogni modo di intensità (al giorno d'oggi) assolutamente impressionante.

L'altro aspetto che importa sottolineare sta nel fatto che tutta la materia organizzata che viene fatta convergere all'interno del sistema urbano non è completamente degradata, ma conserva anzi un'importante potenziale, termodinamico e di valore d'uso.

Si arriva in questo modo a una considerazione, che riprenderemo con maggiore accuratezza più avanti, ma che è importante anticipare fin d'ora. Se è vero infatti che molti segnali ci indicano che abbiamo già superato la capacità portante del pianeta, e che stiamo quindi consumando più risorse, più neghentropia di quanta la biosfera sia in grado di produrre, se è poi vero che uno dei fenomeni più macroscopici e per certi versi preoccupanti della





civiltà contemporanea sia l'urbanizzazione esasperata, è anche vero che le città rappresentano dei *grandi depositi*, nei quali abbiamo investito una quota importante delle risorse che fino ad oggi abbiamo richiesto alla natura. Come a dire che non tutto ciò che nei nostri calcoli consideriamo consumato è stato completamente *speso*.

Em-storages antropici: la risorsa città

I ritmi di consumo della civiltà contemporanea sono impressionanti, ma *fortunatamente* una quota rilevante di quei consumi non è stata istantaneamente sperperata, ma si trova immobilizzata negli stock urbani. Le abitazioni, i palazzi, le infrastrutture e sicuramente le discariche sono delle *concentrazioni di risorse* che possiamo e dobbiamo ancora sfruttare, utilizzare e mantenere quanto più possibile.

Quello che cambia, a valle di queste considerazioni, è l'atteggiamento complessivo che viene suggerito nei confronti del patrimonio infrastrutturale ed edilizio. Per rendere un'idea del cambiamento di prospettive basti pensare che una discarica di rifiuti solidi urbani, anziché qualcosa di sordido da nascondere il meglio possibile, va vista *anche* come una potenziale "miniera", dove materiali di alto valore si trovano in altissime concentrazioni (sebbene assai mescolati fra loro).

Abbiamo alle spalle, almeno in Italia, mezzo secolo di storia nel quale immense quantità di risorse sono state investite negli stock infrastrutturali ed edilizi: questa fase di abbrevio, questo salto di qualità nel livello organizzativo, economico e sociale del nostro Paese ha ormai raggiunto, e in molti casi superato, la soglia del soddisfacimento quantitativo del fabbisogno. In termini quantitativi non esiste più un problema-casa, che è diventato ormai un problema di tipo squisitamente allocativo. Lo stesso discorso vale per le attività produttive, pur con le differenze di collocazione geografica dell'offerta a tutti note. La rete infrastrutturale avrà certamente dei problemi di efficienza sui quali è necessario lavorare, ma in termini di quantità generali non stiamo in nessun caso parlando di frazioni dello stesso ordine di grandezza del patrimonio installato.

Ora, non è pensabile che la stagione di crescita quantitativa che abbiamo alle spalle possa proseguire: va detto in modo forte e chiaro che la città italiana non può e non deve più crescere, ma rinnovarsi al suo interno, essere consapevole dell'enorme valore energetico o emergentico che contiene e fare di questo capitale concentrato il migliore uso possibile. Ogni crescita quantitativa degli organismi urbani, fatti salvi ovviamente tutti gli assetamenti che sono inevitabili nella fase discendente di un periodo di crescita forsennata, va considerata inequivocabilmente non-sostenibile. Se insistiamo ad accumulare capitali energetici o emergentici che dir si voglia allargando i margini della città (o peggio spargendoli sul territorio), dobbiamo essere consapevoli del fatto che, da un lato, stiamo distruggendo il nostro capitale naturale residuo (del quale parleremo più avanti), dall'altro stiamo sottraendo





risorse che non ci competono per ottenere dei vantaggi marginali sempre più risicati.

Quello dell'attività edilizia è precisamente uno dei campi dove lo sguardo dell'economia si mostra più povero di lungimiranza e di saggezza. Abbiamo visto come la città sia una specie di "salvadanaio energetico", dotato inoltre di un certo valore d'uso: ma dobbiamo essere consapevoli che, a questo punto, stiamo mettendo sotto il materasso ricchezze che togliamo alla migliore banca del mondo, la natura, dove possono dare ben altri interessi (dai quali dipendiamo sia noi, sia le future generazioni). Non va dimenticato, tra l'altro, che l'esistenza di un corpo urbano ipotoca una quota parte di risorse che andranno spese, nel futuro, per la sua manutenzione.

Torneremo più avanti su questo argomento, ma queste brevi battute bastino a comprendere come il primo obiettivo da porsi, il primo compito propedeutico alla valutazione di un Piano urbanistico, sia quello della stima quantitativa dell'emergia racchiusa negli stock urbani esistenti, negli *accumuli* energetici residenti sul territorio in esame.

Valutare la sostenibilità di un Piano significa quindi avere, innanzitutto, un'idea di quanto valga, e di come sia spazialmente distribuita, tutta l'emergia spesa e investita nella realizzazione del patrimonio urbanistico esistente, per verificare in seguito come il Piano in oggetto si propone di agire rispetto a questo capitale.

Dal punto di vista del calcolo sarà allora necessario definire i valori di massa, per ciascuna tipologia di materiale, che si trovano nello stock edilizio, nelle infrastrutture e negli impianti (elettrodotti, fognature, reti del gas ecc.). Operativamente verranno calcolate delle *transformities aggregate* che, tenuto conto delle composizioni medie degli edifici, verranno applicate ai volumi degli edifici, calcolati attraverso l'uso di strumenti GIS tridimensionali, piuttosto che ai valori lineari di sviluppo dei network delle infrastrutture e degli impianti a rete.

Ulteriori calcoli potrebbero raffinare il dato di em-storage antropico, ovvero dell'entità degli accumuli, introducendo dei pesi che tengano conto del valore, dell'informazione che, per esempio, un edificio accumula nel corso della sua esistenza: un mattone della Basilica di San Vitale non ha (a causa del trascorrere del tempo, quindi dell'accumulo di informazione e al sommarsi dei costi di mantenimento) lo stesso valore energetico di un mattone preso da una villetta costruita negli anni '70. Va detto però che i margini di errore sono, a questo punto della sperimentazione del "metodo", ancora talmente elevati, che simili aggiustamenti ricadrebbero abbondantemente sotto la soglia del rumore generato dalle approssimazioni di stima dei materiali.

Em-storages biotici e capitale naturale

L'altro aspetto rilevante per una valutazione dell'azione di Piano sta nel calcolo del capitale naturale residente. Prima che l'uomo iniziasse a occupare il suolo per i suoi fini, il ter-





itorio era il luogo dello sviluppo dei *fondi*, ovvero delle sole dinamiche evolutive naturali che hanno raccolto, in ogni luogo del pianeta, importanti dotazioni di capitale naturale.

L'agricoltura prima, l'urbanizzazione poi, hanno di regola lavorato "in levare" rispetto a situazioni di alte concentrazioni di capitale naturale, rinunciando alla più alta efficienza ecologica dei sistemi pregressi in funzione di una più puntuale utilità per le specifiche esigenze della specie umana e della sua cultura.

Ma, in termini del tutto generali, abbiamo visto come la specie umana si regga pur sempre sull'attività biologica, sulla capacità della natura di fornire neghentropia e risorse, e come, di conseguenza, questo processo di sfruttamento non possa essere esteso all'infinito. Questo vale sia a livello globale, infatti noi utilizziamo i servizi offerti dal capitale naturale che risiede in regioni anche geograficamente distanti dalle nostre, sia localmente. A quest'ultimo proposito basti pensare all'importante quantità di servizi che anche una modesta riserva di capitale naturale come quella del verde urbano è in grado di offrire: in termini di abbattimento delle polveri, di mitigazione del microclima, di assorbimento acustico, oltre ai meno quantificabili, ma non meno importanti, valori "estetici".

Per procedere a una valutazione emergetica del capitale naturale è necessario raccogliere informazioni in merito alla composizione degli ecosistemi locali, siano essi più o meno "naturali": dai boschi, ai prati, ai campi coltivati fino al verde urbano.

Vanno considerate tutte le quantità di *biomassa* (in un senso lato, che comprende tanto i batteri quanto le piante o gli uomini), e i livelli di organizzazione. Si devono calcolare sia le frazioni ipogee, quindi la sostanza organica e gli elementi costitutivi del suolo, sia quelle epigee. Nei sistemi acquatici vanno considerati fitoplancton, zooplancton e gli elementi superiori delle catene trofiche.

Poichè il compito primo dell'emergia è proprio quello di dare un peso differente a tutte le componenti degli ecosistemi, alla fine del calcolo ci si troverà di fronte ad un valore aggregato, la *densità di emergy storage biotico*, che esprime la distribuzione spaziale del capitale naturale.

Dal punto di vista operativo i problemi sono davvero numerosi, bisogna, per esempio, considerare la variabilità delle dotazioni di biomassa nelle coltivazioni annuali ed è sorprendente come, persino negli studiatissimi ecosistemi acquatici, sia difficile reperire stime affidabili delle quantità di fitoplancton, zooplancton ecc. espresse per valori di biomassa.

In ogni modo conviene operare in base a delle tassonomie di copertura del suolo semplificate e standard, come la CORINE land cover, e proporre in seguito degli aggiustamenti in base alle specifiche condizioni locali.

Ancora più complicato è il discorso per le frazioni ipogee di capitale naturale, ovvero di em-storage: qui, in base alle considerazioni proposte nei capitoli introduttivi, per le quali l'emergia perde di significato nella misura in cui ci si allontana dal dominio biologico, conviene considerare le sole frazioni organiche. In realtà sono moltissimi i fattori che concorrono a determinare la qualità finale di un suolo, la sua fertilità, la tessitura, il Ph ecc., senza





contare il fatto che ciascun tipo di suolo esprime potenzialità differenti in ragione delle diverse comunità vegetali che lo vanno a colonizzare. Ma anche in questo caso si tratta di esprimere un potenziale emergentico, che è altra cosa dall'effettivo potenziale ecologico o agronomico, in ragione delle considerazioni più volte espresse nel corso di questo lavoro.

Una riflessione a parte (introdotta qui in relazione alla rilevanza del fenomeno nello specifico ravennate) merita poi l'inquadramento degli effetti della subsidenza in termini di perdita di storage. Non si tratta in effetti di una perdita di suolo, ma di una perdita di *forma* del suolo. Ci troviamo quindi in un tipo logico differente, all'interno del quale gioca un grande peso la presenza di fattori di soglia: la perdita di un centimetro di quota a 2000 metri di altitudine può essere del tutto irrilevante per un ecosistema, ma può avere conseguenze drammatiche per un ecosistema che, come nel Ravennate, si trova in prossimità del livello del mare.

All'interno di questo lavoro si ricorrerà, nel tentativo di dare una indicazione quantitativa, a un artificio contabile certamente "forte", ma sostanzialmente ragionevole, in relazione alla perdita di efficienza del sistema causata dall'abbassamento dei suoli.

Verrà sviluppato un apposito scenario che valuterà la perdita di forma del suolo nell'ambito dei flussi-consumi di risorse non rinnovabili, all'interno di un ciclo annuale e non più, quindi, in termini di storage.

Anche se esiste una applicabilità teorica dei valori di transformity calcolati per le rocce, gli inerti, la sabbia eccetera, non è corretto esprimere un calcolo delle quantità assolute, degli storages abiotici *totali* del sottosuolo di un territorio.

Sorgerebbe innanzitutto il problema decisamente controverso di dove interrompere il calcolo in profondità, ma non riteniamo *in generale* che l'emergia possa dare dei risultati significativi se applicata in questa direzione. Diverso sarebbe il caso di uno studio dedicato alla contabilità delle risorse *economicamente estraibili*: sabbie, argille, ma si tratta di un taglio assai lontano dall'argomento della sostenibilità generale che ci siamo posti, e le quantità in gioco sarebbero comunque talmente elevate da azzerare, di fatto, tutti gli altri valori a bilancio.

NOTE

1 La biosfera è certamente da considerare un meccanismo *auto-poietico*, come indicato da Maturana e Varela: d'altra parte vale osservare che siamo un po' costretti a un'assunzione di questo tipo anche dal nostro essere-parte, indissolubilmente e in ogni momento dell'atto conoscitivo, del *corpus* biologico.

2 Pare importante ricordare che per *biodiversità* non si intende il solo stock di informazione genetica, ma anche tutte le forme di organizzazione di diverso livello, come i meccanismi di simbiosi-parassitismo, le relazioni fra ecosistemi in un paesaggio ecc.: tutte le diversità vitali che, pur non





avendo un medium chimico analogo al DNA, consentono alla biosfera di proiettare la propria struttura, il proprio tempo interno, attraverso il tempo fisico, il tempo degli eventi.

3 quasi come il legno di un albero. Volendo sviluppare la metafora: nelle piante la parte vivente dell'individuo, in senso stretto, è solo una sottile pellicola, all'interfaccia con l'ambiente esterno, composta dalle parti verdi, dove si svolge la fotosintesi, e da una sottile pellicola vascolare, protetta dalla corteccia e sorretta strutturalmente dal corpo legnoso. Il legno interno è un *deposito*, la memoria della forma che la pianta ha assunto nel corso degli anni, e la *forma* attuale della pianta non è che un ulteriore capitolo del percorso evolutivo dell'albero, che non potrebbe reggersi senza la memoria materiale della sua storia. Se si va oltre l'aspetto della morfologia, trasportando il discorso sul piano dell'organizzazione ecologica, i depositi fossili, che siamo abituati a considerare in quanto "combustibili", sono in realtà il tronco e i rami sui quali può reggersi la biosfera nel suo livello di organizzazione attuale.

4 La sola eccezione, come si accennava sopra, è rappresentata dai sistemi coloniali, che tendono a risolvere il problema del sovra-sfruttamento delle risorse locali con un continuo ampliamento dei confini. La storia ci ha insegnato che questi sistemi collassano nel momento in cui viene meno un rapporto di efficienza accettabile tra le risorse trasferite verso il centro e i costi di trasporto o di mantenimento del sistema. Laura Conti, una delle figure più brillanti del pensiero ecologico italiano, ha rappresentato in maniera estremamente efficace il meccanismo coloniale, raccontando che l'antica Roma *importava energia solare* dall'Africa (il concetto di energia non era ancora stato coniato, ma esattamente di questo si tratta), sotto forma di schiavi.

5 L'ambizione di questo studio è, per l'appunto, tutta compresa nel tentativo di portare un contributo in tal senso.





Analisi della sostenibilità generale di Ravenna

Nella prima parte di questo lavoro sono stati introdotti gli elementi tecnici generali, necessari per affrontare in modo sufficientemente ampio il tema della sostenibilità dei processi, nel contesto della biosfera terrestre: un sistema chiuso, in continua evoluzione e lontano dall'equilibrio.

Si tratta a questo punto di introdurre una ulteriore serie di passaggi che definiscano meglio l'oggetto specifico di questa ricerca, i sistemi territoriali locali e le città, in modo da poter istruire adeguatamente la questione della sostenibilità generale di un territorio e di un Piano.

Sappiamo bene come nella definizione di un *sistema*, nell'identificazione del confine, nella discriminazione fondante da ciò che è esterno, siano sempre e indissolubilmente co-presenti due aspetti. Da una parte l'esistenza di una discontinuità negli attributi delle componenti poste al di qua e al di là del confine, dall'altra la volontà o l'arbitrio dell'osservatore. Il peso di queste due parti può variare moltissimo: si va dalla separazione di domini fisici con differenze talmente forti da apparire inequivocabili (*apparire*, appunto), fino alle più labili convenzioni o preferenze negli ambiti legati, per esempio, alle scienze sociali.

I sistemi locali, le porzioni di territorio definite da confini amministrativi che sono lo specifico dei Piani, emergono generalmente da discriminanti fisiche molto deboli. In realtà, perfino i bacini idrografici, tanto cari alla modellistica ecologica sono, da un punto di vista termodinamico, dei sistemi assolutamente aperti, che ricevono pioggia, vento, polveri e ogni sorta di input dall'ambiente circostante.

Ragionando in questo modo un comune non è che una parte di una regione, quindi di un ambito più ampio, di un bioma, un continente e così via: il primo sistema chiuso in questo gioco di scatole cinesi, il primo e unico sistema che sia legittimato da una discontinuità fisica forte è la biosfera.

La biosfera è, con la trascurabile eccezione dei meteoriti e della polvere cosmica, un sistema *chiuso*, che scambia flussi di energia con l'esterno (altrimenti si tratterebbe un si-





stema isolato e incompatibile con la vita), ma non di materia. Proprio questo fatto ci permette di sollevare un problema di sostenibilità generale, rispetto al quale nessun sistema locale può, per così dire, salvarsi da solo.

Conviene tuttavia considerare che solo recentemente la divisione regionale si è fatta così labile come la conosciamo oggi: in passato gli scambi di lunga distanza sono stati, in buona misura, limitati ai soli fenomeni atmosferici e questo ha permesso la creazione di ambienti localmente molto distinti tra di loro, capaci di esprimere degli equilibri autonomi. La viscosità dello spazio, l'attrito della distanza sono stati, anche in epoche successive alla colonizzazione del pianeta da parte dell'uomo, sufficienti a determinare fenomeni di isolamento e di separazione duratura, con la conseguente moltiplicazione delle storie locali, fenomeni di deriva genetica, culturale e linguistica dei gruppi, delle razze e delle specie animali.

La speciazione per isolamento ha contribuito in modo determinante alla creazione di biodiversità, prima genetica, poi culturale e linguistica. In condizioni di questo tipo, nelle quali le sorti di ciascun sistema locale sono in qualche modo autonome, sarebbe legittimo porre problemi di sostenibilità anche solo limitandosi al contesto locale: una catena montuosa, un mare, un deserto sono infatti sufficienti a mantenere separate le sorti, a permettere di "chiudere" in modo significativo i sistemi delle equazioni locali.

Non così oggi, quando gli organismi urbani sono correlati continuamente tra loro da flussi di persone, materiali e informazioni, in una rete di rapporti sempre più stretta e complessa.





Città e sostenibilità, la conoscenza di sfondo

La dissoluzione della regione urbana

L'origine della città si pone in un contesto differente dall'attuale: quando i *surplus* legati alle attività primarie di caccia, raccolta e quindi di agricoltura iniziarono ad essere sufficienti per rendere vantaggiosa la specializzazione e la diversificazione delle attività, quando iniziarono a instaurarsi fenomeni importanti di aggregazione, l'attrito delle distanze doveva giocare, ancora per millenni, un ruolo importante nella definizione delle sorti dei sistemi urbani.

Per gran parte della storia dei villaggi e delle città è esistito, riconoscibile e fondante, un rapporto molto stretto fra insediamento e territorio limitrofo: una porzione di spazio poi definita come "regione urbana". Questo intorno immediato era quello in cui la città raccoglieva gran parte delle risorse che le erano necessarie, su di esso esercitava il suo controllo, la sua capacità di fornire ordine, e lì riversava i suoi rifiuti, che venivano metabolizzati all'interno dei cicli ecologici locali.

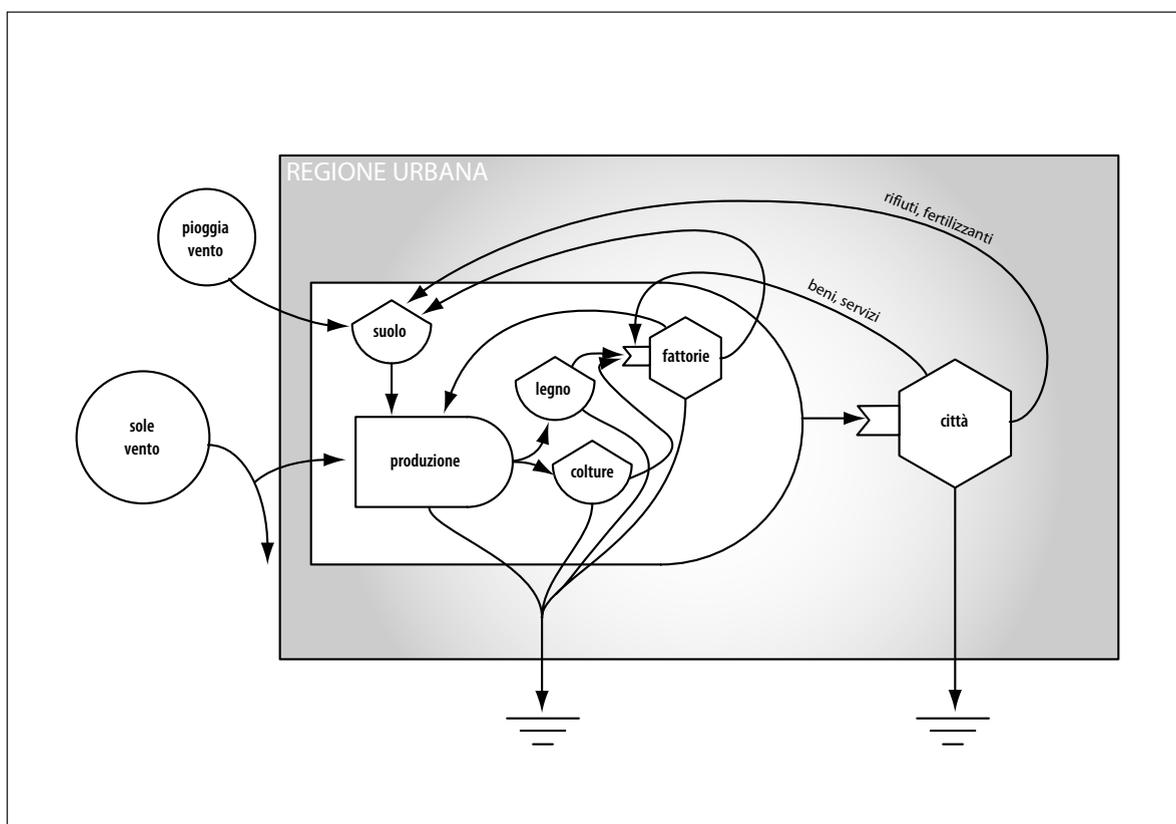


Figura 1: diagramma energetico della regione urbana, un sistema quasi-chiuso. La sostenibilità coincide con il mantenimento degli equilibri locali.



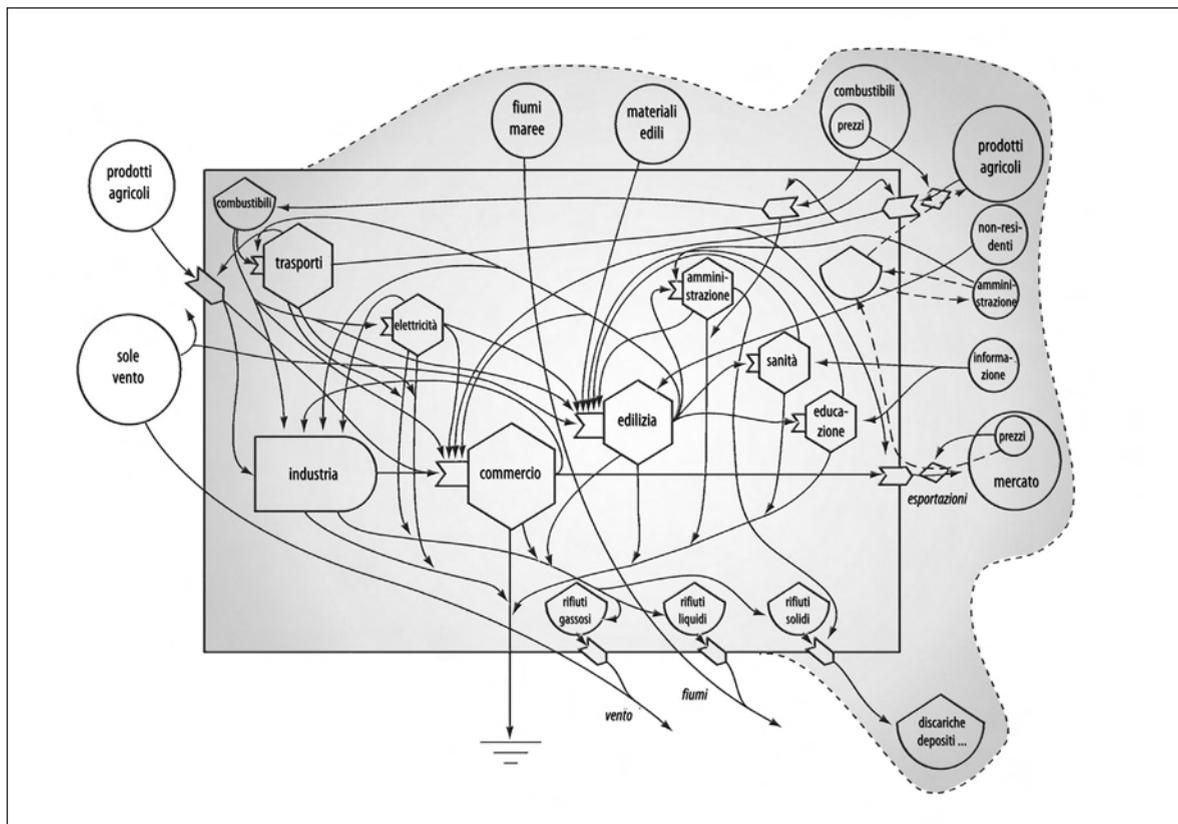


Figura 2: diagramma energetico della città contemporanea, un sistema aperto. La sostenibilità non coincide con il mantenimento degli equilibri locali: la regione urbana si trova oggi sbriciolata su tutta la Terra.

Oggi invece, la straordinaria moltiplicazione dei rapporti commerciali, dei flussi di informazione, dei traffici di materiali, così come la dispersione dei rifiuti gassosi, liquidi e solidi ha reso di fatto impossibile circoscrivere la regione urbana. La città stessa non è sempre facilmente identificabile, ma ancor più indefinibile è diventato il suo spazio di riferimento, il luogo del reperimento delle risorse e dello scarico dei rifiuti.

La regione urbana di una città come Ravenna non corrisponde se non marginalmente con i confini amministrativi del pur ampio territorio comunale, ma si trova sbriciolata sull'intera faccia della Terra. Gran parte dei materiali che attraversano il sistema-Ravenna proviene infatti dai più svariati angoli del mondo, l'anidride carbonica prodotta dalla combustione del metano nelle centrali e dai combustibili degli autoveicoli contribuisce al bilancio serra esattamente come il metano o la benzina bruciata a Sidney. Ma è soprattutto il mercato e la circolazione delle informazioni a rendere impossibile, in generale, qualsiasi tentativo di rintracciare le radici energetiche della città: per il tramite di entità simboliche (al valore monetario non corrisponde alcun contenuto fisico) le attività svolte in un luogo possono ormai avere ricadute formidabili, in termini di sostenibilità generale, senza muovere nessun'altra entità materiale al di fuori dei pochi elettroni necessari a veicolare gli estremi di una transazione bancaria.

La città contemporanea non è più una entità autonoma: ogni insediamento non è altro che una parte, un nodo della rete urbana mondiale, e non è possibile porsi il problema





della sua sostenibilità negli stessi termini con i quali sarebbe possibile indagare gli equilibri e le attività di una città medioevale. Come è possibile allora, domandarsi oggi se una città è sostenibile, se lo sono le sue attività e i suoi consumi; e che senso ha domandarsi se è sostenibile un Piano: null'altro che uno strumento di controllo, di correzione parziale e *in itinere* della traiettoria evolutiva di un sistema fortemente interconnesso con migliaia di sistemi analoghi?

La prima domanda rilevante da sciogliere diviene allora la seguente: possiamo considerare sostenibile, nel suo complesso, l'intera rete urbana mondiale?

La rete urbana mondiale: un bilancio

Per rispondere a questa domanda è necessario attingere a una mole di dati non indifferente ma, grazie agli strumenti offerti dalla cassetta degli attrezzi emergente, all'ormai considerevole messe di dati statistici di livello globale disponibili, e grazie infine alle tecnologie GIS più recenti, dare una risposta (almeno in prima approssimazione) non è più un compito proibitivo.

Il senatore degli Stati Uniti Al Gore propose, quando era vicepresidente nell'amministrazione Clinton, un progetto immenso, che avrebbe dato degli strumenti formidabili per esprimere risposte ben più accurate a una domanda di questo tipo. Il progetto si chiamava *Digital Earth*, venne presentato nei primi mesi del 1998 per poi naufragare, insieme a tante altre cose, nelle paludi della Florida. Con un respiro paragonabile a quello che portò alla conquista della Luna, si proponeva di realizzare una specie di iper-GIS mondiale, distribuito su nodi interconnessi da dorsali capaci di svariati Terabit al secondo, con il compito di mantenere un monitoraggio costante, con risoluzioni dell'ordine del metro, di ogni angolo della Terra. Continuamente aggiornata dai dati satellitari, *Digital Earth* avrebbe dovuto rappresentare il luogo della consapevolezza planetaria, delle mille variazioni, degli umori e delle malattie della Terra.

ArcWorld non è che una pallidissima ombra di quell'idea titanica: si tratta di un progetto essenzialmente privato che esiste fin dai primi anni '90. Questo progetto ha innanzitutto il fine di promuovere gli standard di formato della ESRI, uno dei colossi della produzione GIS mondiale. Tuttavia, i dati relativi agli oltre 150.000 centri abitati contenuti in questo geodatabase sono sufficienti per condurre una prima stima generale, su base emergente, del volume di consumi imputabile al network urbano mondiale.

Dall'insieme dei centri abitati del modello *ArcWorld* (tutti i dati discussi da qui in avanti sono fissati al 1997), sono stati estratti gli 88.113 "luoghi popolati" che risultavano avere più di 10.000 abitanti, una soglia che abbiamo ritenuto mediamente adeguata per iniziare a parlare di "città".

Circa 1,8 miliardi di persone, nel 1998, vivevano in queste città, a fronte di una popo-



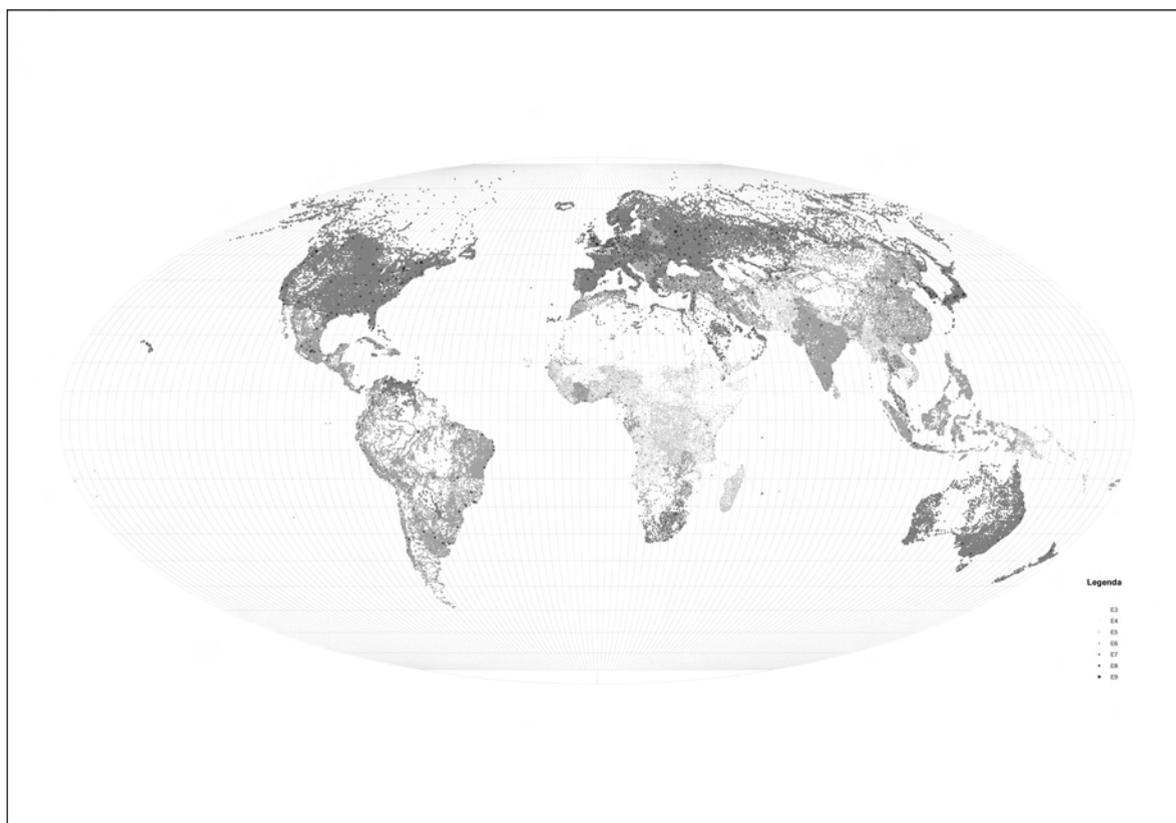


Figura 3: Rank-Size energetico della rete urbana mondiale: i consumi per fini energetici della popolazione insediata sono delle stesse dimensioni dell'Em-power globale (proiezione Mollweide equal-area).

lazione totale di 5,6 miliardi di individui. A questi "cittadini" sono stati attribuiti i consumi medi propri dei mix specifici nazionali, in merito ai soli consumi di petrolio, gas naturale, carbone e altra elettricità.

Nel 1997 il petrolio copriva in media il 40% del fabbisogno energetico, il gas naturale il 22,5, il carbone il 23,3 e il nucleare il 6,5. Le fonti rinnovabili riuscivano a soddisfare un restante 7% grazie alla produzione idroelettrica, mentre nell'insieme l'eolico, il solare e il geotermico installati riscattavano un risicato 0,7%.

Dal nostro punto di vista il dato interessante, per quanto estremamente approssimativo, lo si ottiene imponendo le transformity disponibili per valutare l'ammontare energetico *dei soli consumi energetici* della popolazione umana inurbata. Da questo rapido calcolo, che ribadiamo essere certamente molto approssimativo, abbiamo ottenuto un valore dei consumi energetici urbani di $9,43E+24$ sej/anno, su un valore totale dei consumi energetici mondiali di $2,9E+25$ sej/anno.

Questo per noi significa che gli abitanti delle città, per fare fronte ai soli bisogni energetici, determinano un consumo di energia praticamente equivalente all'Em-power biologico mondiale (Odum, 1996), ovvero pari a tutta l'emergia che la biosfera è in grado di esprimere nel corso di un anno. Vale a dire che i soli cittadini hanno consumato, nel 1997, tanta emergia quanta l'intera biosfera ne utilizza per reggere e sostenere i propri cicli, per fornire nutrimento ai suoi ecosistemi, per proseguire il suo cammino evolutivo. Tutto que-



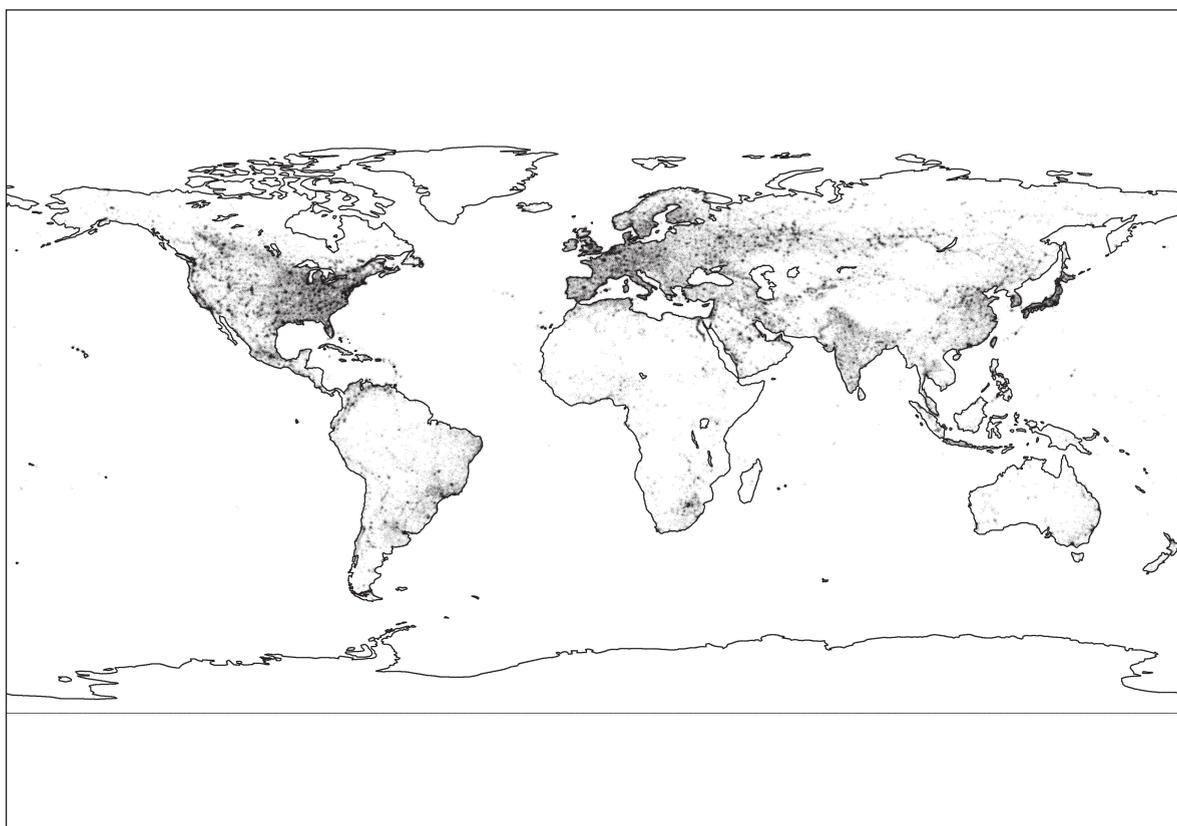


Figura 4: mosaico delle immagini satellitari notturne del network urbano mondiale (proiezione cilindrica, elaborazione da dati VisibleEarth; NASA, 2002).

sto, come si può vedere, nel contesto di un'umanità che esprime, complessivamente, un fabbisogno tre volte superiore.

Non si tratta, in realtà, di dati particolarmente eclatanti: in fondo anche la più popolare *ecological footprint* di Mathis Wackernagel (ormai ampiamente metabolizzata anche dal pubblico meno avvertito) mostra, pur appoggiandosi a un ragionamento completamente differente, che l'umanità ha ormai superato la capacità portante della biosfera.

Benchè qualsiasi "numero" o indice finisca sempre per essere inadeguato nel rappresentare il tema straordinariamente complesso della sostenibilità, tutti i dati del *climate change*, l'assottigliamento dell'ozono, i segnali che provengono da tutte le parti del pianeta, la stessa economia mondiale, sempre più fragile, non fanno che darci la medesima indicazione. L'attuale modello di produzione e consumo, che ha consentito ad alcuni di raggiungere livelli di disponibilità di beni e servizi senza precedenti, non può essere mantenuto e diffuso sul pianeta con le risorse disponibili nella biosfera.

Che si può dire, allora, della sostenibilità del network urbano mondiale? Innanzitutto che, allo stato degli atti, *non* è sostenibile, non ne è sostenibile il ritmo di crescita, così come non è sostenibile il modello di sviluppo che lo ha generato nella sua forma attuale.

Dunque la prima indicazione, per quanto (se vogliamo) solo formale, che possiamo trarre dall'utilizzo del complesso strumentario energetico del quale ci siamo dotati, consiste nel fatto che *non è lecito parlare di città sostenibili*. Non è corretto richiedere *tout-court* a





una procedura amministrativa di “verificare la sostenibilità” di una città, dal momento che le città contemporanee non sono che parti interconnesse di un network urbano che sappiamo, ormai con ragionevole sicurezza, essere ben al di là della capacità portante del nostro pianeta.

Non si tratta, anche strategicamente, di una questione di lana caprina, ma di un dato di consapevolezza essenziale che va riconosciuto anche dal modo quotidiano di esprimersi, se davvero si intende impedire che la sostenibilità sia solo una formula consolatoria, e permettere invece che rimanga un concetto utile per l’instaurarsi di un’autentica e necessaria cultura del cambiamento.

La domanda sulla sostenibilità dei sistemi urbani e dei Piani diviene allora legittima se posta in un altro modo, non più in maniera apodittica e autoconsistente, ma rispetto a una prospettiva di transizione, a una correzione di rotta che nessun sistema locale potrà sviluppare da solo, ma alla quale tutti possono contribuire.

Non è corretto nemmeno pretendere che ciascuna città sia in grado di auto-sostenersi, l’ideale di un’impronta ecologica o di un bilancio energetico risolti all’interno dei confini comunali sono dei falsi obiettivi, oltre che (in molti casi) assolutamente non praticabili.

Le nostre città, e Ravenna tra queste, hanno un ruolo ordinatore al quale sarebbe folle e sbagliato tentare di abdicare: sono nodi di alto rango nella rete energetica mondiale. Non è un buon investimento, in una rete trofica, che un predatore apicale consumi tante calorie quante un erbivoro! La biodiversità, per essere mantenuta, ha bisogno di gerarchie energetiche efficienti, che ciascuno svolga il proprio ruolo in modo corretto.

Attraverso il riconoscimento del concetto di *ruolo*, la sostenibilità di un sistema urbano esce dall’ambito della rappresentazione neutra, e viene ad assumere piuttosto un connotato strategico. La città di Ravenna e il suo Piano sono sostenibili nella misura in cui sono capaci di farsi portatori di un progetto di sostenibilità, di contribuire alla transizione verso assetti meno energivori, di fare buon uso delle risorse che sono chiamati a gestire, senza abdicare al ruolo ordinatore che la città ormai riveste.

La città deve continuare a offrire servizi, ma c’è modo e modo di farlo e di continuare a farlo: questo ci conduce ad un secondo passo nell’analisi del sistema, ovvero allo studio del suo metabolismo. Noti i servizi che la città svolge, con quale efficienza opera il sistema? quali consumi esprime e quanto la sua struttura può essere considerata stabile e resiliente, in modo da salvaguardare l’immenso patrimonio di capitale che la città stessa rappresenta? Questo è quanto ci si propone di rivelare attraverso lo studio dei flussi energetici del sistema, attraverso l’analisi, la fotografia di un suo ciclo di vita annuale.





L'analisi di Ravenna attraverso i flussi di energia

La struttura dell'analisi

Le analisi energetiche di flusso permettono di caratterizzare il comportamento di un sistema, in un intervallo di tempo determinato, rispetto all'uso-consumo delle risorse.

Da un'analisi energetica di questo tipo è possibile capire quante e quali risorse il sistema utilizza per mantenersi, e con quale efficienza è in grado di sfruttarle.

Attraverso i valori di flusso ottenuti dall'analisi, e per il tramite di specifici indicatori derivati, è possibile esprimere alcune considerazioni generali sulla sostenibilità del sistema in esame, approfondire la comprensione della sua struttura fondamentale e portarne alla luce gli elementi più rilevanti di criticità.

Le analisi energetiche di flusso sono nate inizialmente per lo studio degli ecosistemi naturali, ma sono state fecondamente applicate, in seguito, alle fattispecie più disparate: dal confronto di soluzioni alternative nei processi produttivi, allo studio di prodotti agricoli o industriali, all'indagine delle tecnologie di trasporto o di gestione dei rifiuti, fino alla modellazione di intere economie nazionali.

Il merito dell'analisi energetica è – lo abbiamo visto – quello di riuscire a esprimere il valore di qualsiasi prodotto o flusso in relazione alla qualità "ecologica" dell'energia e della materia necessarie per generarlo.

Ora è chiaro che, a differenza di un sistema produttivo o di un allevamento, un sistema territoriale non ha un vero e proprio "prodotto" finale da valutare. Il sistema esporta certamente verso l'esterno beni e servizi, ma il prodotto di livello più elevato che un territorio esprime è in realtà il sistema stesso, che viene mantenuto e fatto evolvere con un notevole dispendio di risorse: questo fatto fondamentale, che come tutte le cose di limpidezza cristallina finisce con il diventare invisibile, ed essere quindi trascurato, va invece mantenuto quale elemento di consapevolezza fondamentale, nel momento in cui ci si propone di esprimere giudizi in merito alla sostenibilità di un territorio e rispetto alle azioni di Piano. Fermo questo dato fondamentale, si andranno allora a indagare, da un punto di vista quantitativo e qualitativo, i consumi del territorio ravennate e le sue dinamiche interne fondamentali.

Per studiare un sistema territoriale attraverso i flussi energetici vengono compiuti alcuni passaggi, relativamente semplici da un punto di vista teorico, ma che devono tener conto – nella pratica – di una serie di limitazioni esterne (derivanti *in primis* dalla disponibilità effettiva di dati) che possono influenzare, in modo talvolta rilevante, la procedura analitica.



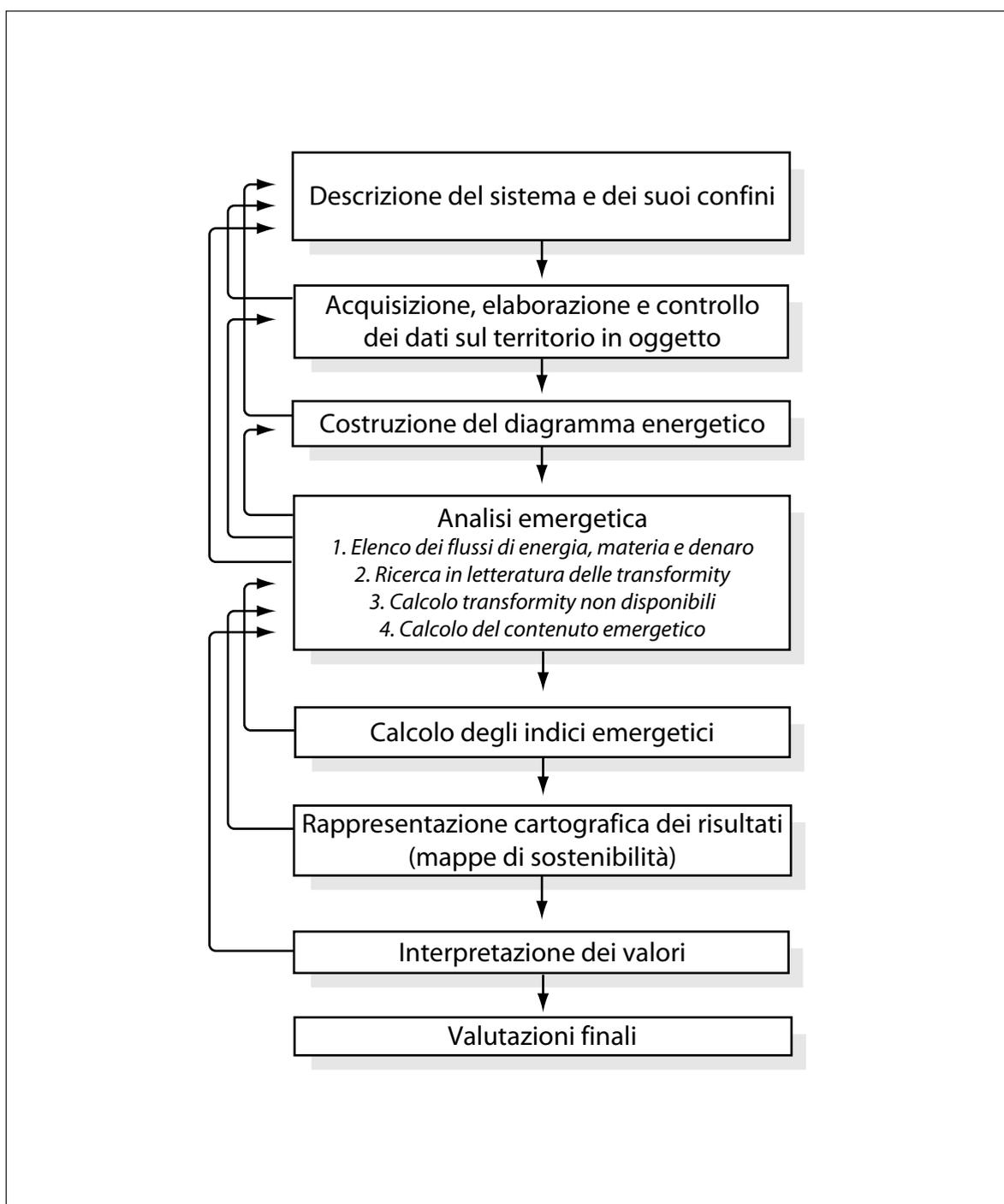


Figura 1: schema delle fasi standard di un'analisi emergetica di flusso, applicata a un sistema territoriale.

L'identificazione del sistema è legata alla convenzione del confine amministrativo: è rispetto a questo confine fondamentale (una barriera invisibile e arbitraria, dal punto di vista energetico) che si rende – come prima cosa – necessario identificare i *transiti* di materia ed energia.

Una volta identificati i valori di input-output al contorno, si istruisce una basilare riduzione di complessità, relativamente alla *struttura interna* del sistema: si costruisce un *mo-*





dello energetico di riferimento, descritto per il tramite di un diagramma, utilizzando la simbologia della modellistica energetica di Odum, già presentata nella prima parte di questo lavoro. Vengono in questa fase identificati i principali comparti di produzione primaria, che sfruttano l'energia in entrata per produrre biomassa e risorse pregiate, i comparti di trasformazione e i consumatori. Una serie di vettori connettono i vari subsistemi, identificando le relazioni più significative.

Il compito successivo dell'analisi sarà proprio quello di determinare l'entità, in termini energetici, di queste relazioni. Per fare questo è necessario conoscere i valori di energia e di massa, per ciascuna fattispecie merceologica, che circolano all'interno del territorio in esame. Attraverso l'applicazione di coefficienti (le *transformity*) noti attraverso la letteratura scientifica, o calcolati *ad hoc*, si giunge al calcolo del contenuto energetico di tutti i flussi considerati. Mettendo quindi in relazione tra loro le quote parte di energia importate o proprie del sistema, considerate di volta in volta rinnovabili o non rinnovabili in relazione ai tempi di generazione necessari per produrle, vengono quindi calcolati gli indicatori.

Tanto per i valori degli indicatori quanto per i valori di flusso si rende in seguito necessario un ulteriore momento di *interpretazione*, nel quale molti elementi di conoscenza complessa, già esclusi per la riduzione operata dal modello, vengono reintrodotti nello scenario per dare un senso compiuto ai dati ottenuti.

La costruzione del modello

Il diagramma energetico di Ravenna, utilizzato come riferimento per tutta l'analisi proposta, è illustrato in figura 2.

Come è stato più volte ribadito nello sviluppo di questo lavoro, il primo orizzonte chiuso, il primo confine fisicamente rilevante rispetto al quale sia possibile chiudere dei sistemi di equazioni è quello della biosfera. La biosfera è rappresentata, nel diagramma, dal rettangolo più ampio in tratto continuo, attraversato dai soli flussi in entrata della radiazione solare (prevalentemente nel visibile) e dalla dispersione nell'infrarosso termico (*heat sink* indicato con il simbolo della "messa a terra"), verso il quale convergono - come esito finale - tutti i flussi di energia, una volta giunti al loro massimo livello di degrado.

L'esistenza di questo luogo di scarico dell'energia degradata ci ricorda che stiamo ancora parlando, appunto, di una descrizione energetica: per definizione l'emergia non ammette un luogo fisico di perdita, anche se abbiamo visto che i fenomeni di estinzione possono essere, in un certo senso, interpretati come distruzioni di emergia.

Le fonti di energia sono indicate con simboli circolari: alla sinistra del diagramma si trovano le fonti rinnovabili. All'interno della cornice della biosfera il sistema Ravenna è identificato con un altro rettangolo, questa volta tratteggiato per ricordare che stiamo trattando di un sistema aperto. Al flusso entrante di energia solare si aggiungono, progredendo da





sinistra a destra, le sue forme derivate, ovvero il vento, la pioggia e i fiumi, generati dall'interazione della radiazione solare con l'atmosfera e l'idrosfera. A questi flussi rinnovabili in entrata si affiancano le maree, di origine gravitazionale, e il calore del mantello terrestre: altri due flussi di energia rinnovabile, o meglio illimitati nel tempo.

I simboli a "proiettile" identificano i comparti produttivi: i luoghi della concentrazione dell'energia diluita che proviene (in toto o in parte) dalle fonti rinnovabili.

Al di sopra del rettangolo-Ravenna si trovano altri cerchi, che rappresentano ulteriori fonti di energia, questa volta non rinnovabili: il ciclo terrestre di lungo periodo, responsabile della conformazione del suolo e della creazione dei depositi fossili, i combustibili importati, i beni materiali (dalle materie prime ai prodotti finiti), e i servizi acquistati all'esterno del sistema. Accanto a questi l'informazione acquisita (di qualunque tipo: dal *know-how* tecnologico, all'andamento degli indici di borsa ecc.) e la popolazione che immigra nel sistema.

I simboli a goccia rappresentano gli *storages*, ovvero i serbatoi nei quali viene immagazzinata energia di qualità. Appartengono a questa categoria le acque (salmastre) interne, l'insieme delle acque dolci, il suolo, i depositi fossili dei giacimenti presenti nel sottosuolo ravennate. Alcuni storages, dei quali parleremo più avanti, non compaiono in questo modello, che è finalizzato alla descrizione del comportamento del sistema su un ciclo annuale. Per ora basti ricordare che, a seconda della complessità o semplificazione del modello, ciascun simbolo può essere scomposto in diagrammi ulteriori, che ne svelano la struttura interna, e viceversa gruppi di relazioni possono essere semplificate in un unico comparto. Gli *storages antropici* che verranno trattati più avanti sono infatti una parte del subsistema popolazione-città, il consumatore primario del nostro modello, indicato qui con un esagono, mentre gli *storages biotici* si trovano all'interno dei comparti produttivi primari, oltre che nel suolo e nelle acque interne, già visibili nel diagramma qui in oggetto.

Le fonti rinnovabili, in parte concentrate dai comparti produttori, e quelle non rinnovabili sono le principali forzanti del sistema e alimentano i comparti di trasformazione, indicati come rettangoli: la produzione di energia, l'industria, il commercio e il settore dei servizi.

Conviene a questo punto rimarcare la presenza di due box tratteggiati, campiti di colore più scuro, che intersecano da un lato frazioni dei reparti della produzione energetica e dell'industria, dall'altra gli storages dei rifiuti. Le due aree sono in realtà spazialmente coincidenti e rappresentano l'area portuale, qui dissociata per separare gli *input* (dall'alto), dagli *output* (a destra).

I simboli circolari alla destra del sistema sono i recettori primari delle attività del sistema locale: il turismo, i gradi di governo sovralocale, i recettori dei servizi prodotti, e il mercato dei beni. Da questi comparti rientrano nel sistema dei feedback sia energetici (flussi turistici, azioni di governo), sia monetari. I flussi monetari sono indicati con le linee tratteggiate e convergono verso uno storage interno indicato come P.C.L., ovvero Prodotto Comunale Lordo. Il flusso monetario, determinato dalle le relazioni con il mercato, rappresenta un'ul-



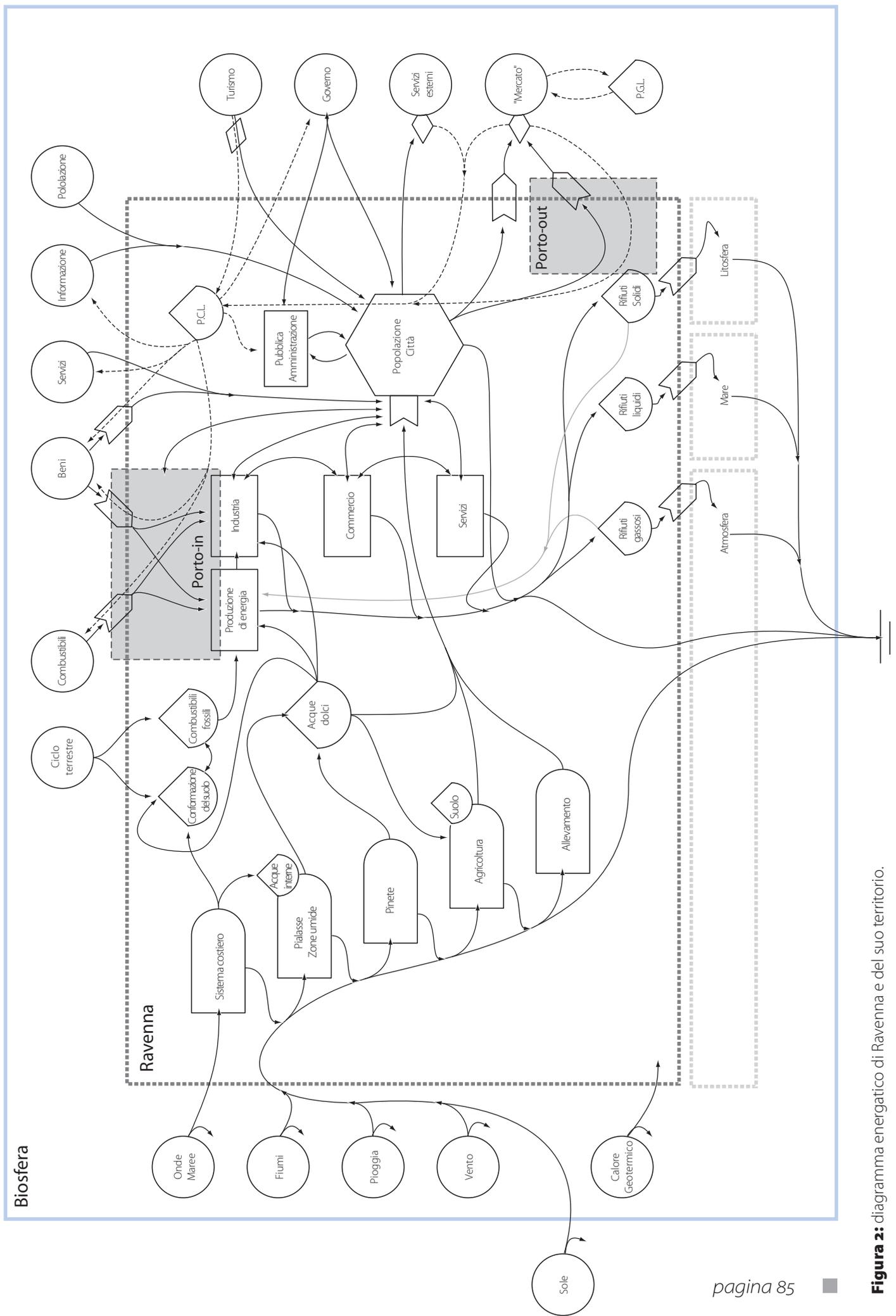


Figura 2: diagramma energetico di Ravenna e del suo territorio.



teriore tipologia di forzante del sistema, priva (o quasi) di contenuto fisico, ma capace di avere una fortissima capacità di controllo sul comportamento del sistema.

I simboli di transizione rappresentati sono di due tipi: da un lato quelli a freccia, che indicano momenti di interazione generalmente legati all'instaurarsi di retroazioni di controllo, dall'altro quelli a rombo, che indicano le transazioni monetarie.

Nella parte bassa del sistema convergono i rifiuti, ovvero l'energia degradata, che viene in parte conservata all'interno del sistema, in parte dispersa all'esterno sotto forma di rifiuti solidi, liquidi, gassosi o come radiazione termica. In grigio sono indicati i *loop* di riciclo che, dai rifiuti solidi o gassosi (per Ravenna CDR e biogas), risalgono il sistema fino al comparto della produzione energetica.

Completa il modello l'identificazione dello storage del P.G.L., ovvero il Prodotto Globale Lordo, che interagisce significativamente con le dinamiche del mercato, che riceve i prodotti del sistema Ravennate.

Conviene ricordare che, una volta all'interno del sistema, la distinzione fra quantità rinnovabili e non rinnovabili di energia non è più un fatto banale: uno dei compiti dello studio energetico dei flussi è proprio quello di dipanare, studiando le dinamiche interne, l'andamento di questa caratteristica fondamentale dell'energia utilizzata. L'acqua distribuita dal sistema acquedottistico, per esempio, pur provenendo in massima parte da fonti rinnovabili quali pioggia e fiumi, è in realtà fortemente non-rinnovabile, e così infatti verrà trattata all'interno delle successive fasi di calcolo. Studiando i processi di gestione delle acque, che comprendono la costruzione e manutenzione delle reti, gli impianti di sollevamento, la depurazione ecc. è stato verificato, da una ricerca condotta dal nostro gruppo di lavoro, nel Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche dei Biosistemi dell'Università di Siena, che l'acqua che giunge al rubinetto incorpora, in realtà, circa il 70% di energia non rinnovabile, necessaria per rendere disponibile la risorsa all'utente finale.

In generale i beni e i servizi che provengono dall'esterno sono considerati come risorse non rinnovabili, dal momento che sono sottoposte almeno a una trasformazione, quella nello spazio, che prevede il trasporto dall'esterno all'interno del sistema, che avviene – appunto – quasi esclusivamente con l'ausilio di risorse non rinnovabili.

Dati e fonti: elaborazioni

La definizione spaziale del modello è stata spinta, per il caso di Ravenna a un livello abbastanza insolito per analisi di livello comunale. Ciò è stato possibile soprattutto grazie alla notevole qualità della base dati del sistema informativo territoriale dell'Amministrazione Comunale, che ha permesso di dare una precisa collocazione geografica a quasi tutte le quantità in gioco. Proprio da una suddivisione già impostata all'interno del GIS/SIT di Ravenna è stata estratta la divisione del territorio in sottosistemi, illustrata nella figura 3.



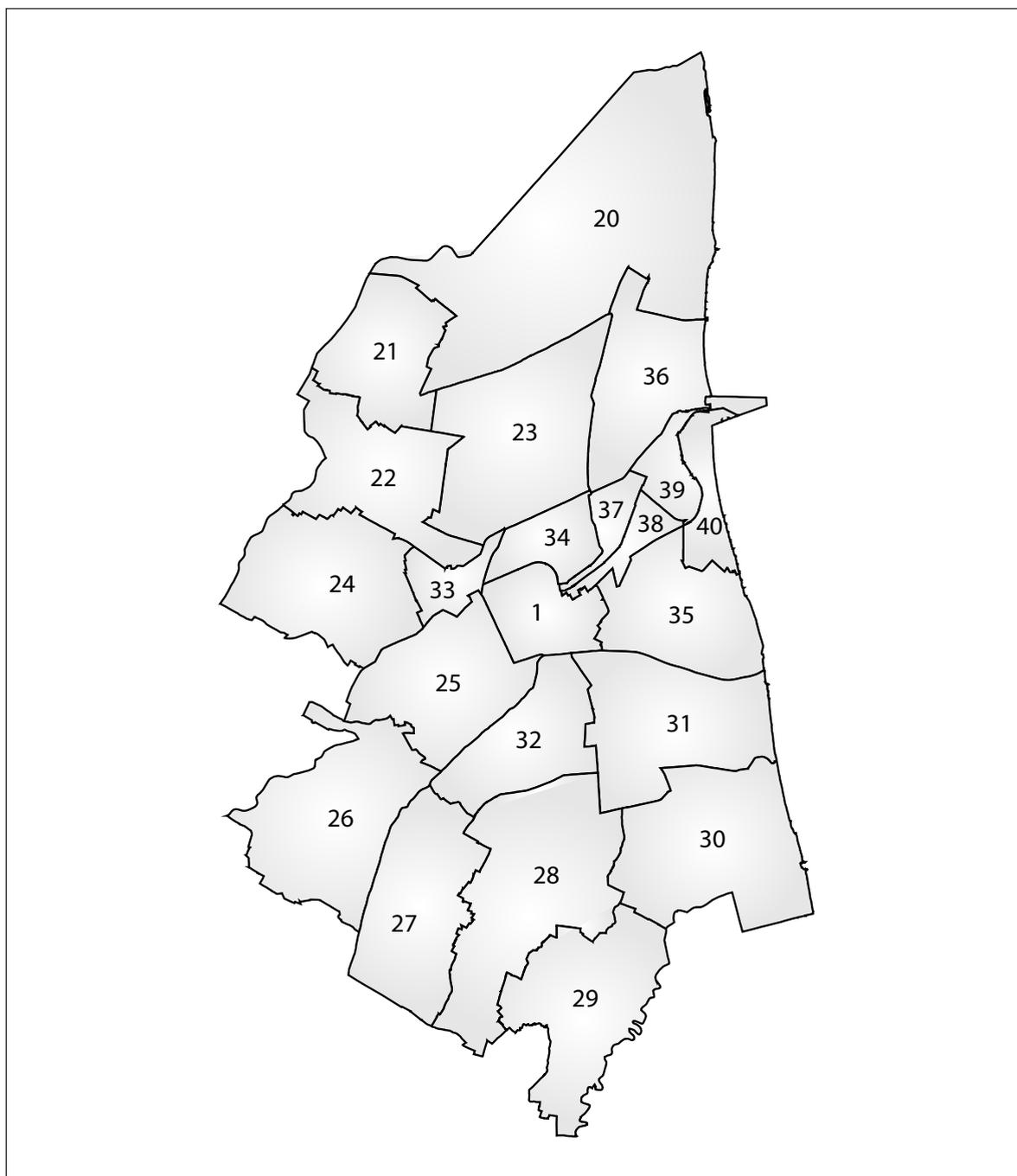


Figura 3: La suddivisione del territorio comunale di Ravenna in 22 Unità Elementari (UE). La numerazione dipende dal fatto che le 19 UE del centro storico, previste dalla struttura del SIT comunale, siano state accorpate in un'unico elemento.

I dati rilevati per svolgere l'analisi dei flussi di energia di Ravenna e per la costruzione delle mappe di sostenibilità sono descritti di seguito con le relative fonti:

elementi demografici e fisici:

- popolazione residente. Fonte: SIT Ravenna;
- superfici del sistema: superficie totale, superficie agricola utilizzata, superficie agri-





cola totale, superficie a vite, superficie boscata, superfici a frutteto, superficie urbanizzata.
Fonti: SIT Ravenna e V censimento ISTAT dell'agricoltura;

– insolazione annua ($J/m^2/anno$). Fonte: Assessorato all'Ambiente della Provincia di Ravenna (elaborazione: media provinciale);

– pioggia media annua ($mm/anno$). Fonti: Autorità di Bacino Reno (elaborazione: valore medio da serie storica anni 1981-2000);

– energia eolica media: velocità del vento (m/sec). Fonte: Assessorato all'Ambiente della Provincia di Ravenna (elaborazione: media provinciale);

– energia geotermica: flusso di calore in unità di energia annua per unità di area ($J/m^2/anno$ oppure $\mu cal/cm^2/sec$). Fonte: CNR 1998 (elaborazione: valore medio su tutta la superficie comunale e valore medio per ognuna delle UE);

– velocità media di erosione del suolo ($g/m^2/anno$) e percentuale media di sostanze organiche nel suolo. Fonte: RER;

– fenomeni di subsidenza: velocità di subsidenza ($mm/anno$). Fonte: SIT Ravenna (elaborazione: valore medio su tutta la superficie comunale e valore medio per ognuna delle UE).

elementi economici:

– reddito medio pro-capite. Fonte: ISTAT 2000;

– coefficienti di rivalutazione, serie storiche. Fonte: ISTAT 2002;

– numero di addetti alle imprese per ogni tipologia di produzione e indirizzo fisico di riferimento. Fonte: CCIAA di Ravenna (elaborazione: selezione di tutte le imprese del Comune di Ravenna, assegnazione della UE di appartenenza attraverso l'indirizzo fisico e il supporto del SIT Ravenna, calcolo del numero complessivo di addetti per ogni tipologia di produzione per ognuna delle UE).

risorse idriche:

– consumi idrici per uso potabile. Fonte: AREA spa, Ravenna 2001;

– consumi idrici per uso industriale. Fonte: AREA spa, Ravenna 2001.

consumi, trasformazioni e produzioni agricole e forestali:

– superfici agricole utilizzate per tipologie di prodotti (cereali, uva, frutta, ecc.);

– quantità di prodotti importati e esportati. Fonti: Documento ISTAT Import-export anni 1999 e 2002, coefficienti di rivalutazione ISTAT, addetti alle imprese Provincia e Comune di Ravenna ISTAT 2002, censimento imprese e addetti per categorie merceologiche CCIAA di Ravenna, uso del suolo SIT Ravenna (elaborazione: quantità di massa anno 2002 dalla proporzione valori monetari del 1999 inclusi coefficienti di rivalutazione – ripartizione delle risorse per categorie merceologiche per singole UE).





produzioni ittiche e zootecniche:

- tipologie; numero di capi; produzioni legate all'allevamento, alla caccia e alla pesca.

Fonti: Documento ISTAT Import-export anni 1999 e 2002, coefficienti di rivalutazione ISTAT, addetti alle imprese Provincia e Comune di Ravenna ISTAT 2002, censimento imprese e addetti 1998 per categorie merceologiche CCIAA di Ravenna, allevamenti zootecnici SIT Ravenna e V censimento ISTAT dell'agricoltura (elaborazione: quantità di massa anno 2002 dalla proporzione valori monetari del 1999 inclusi coefficienti di rivalutazione, ripartizione delle risorse per categorie merceologiche per singole UE).

produzioni minerarie e di cava:

- materiali estratti e relative quantità di massa. Fonte: PCAE 2000.

produzioni industriali e manifatturiere:

- tipologie o frazioni merceologiche, quantità di massa. Fonti: Documento ISTAT Import-export anni 1999 e 2002, coefficienti di rivalutazione ISTAT, addetti alle imprese Provincia e Comune di Ravenna ISTAT 2002, censimento imprese e addetti per categorie merceologiche 1998 CCIAA di Ravenna (elaborazione: quantità di massa anno 2002 dalla proporzione valori monetari del 1999 inclusi coefficienti di rivalutazione, ripartizione delle risorse per categorie merceologiche per singole UE);

consumi di energia:

- combustibili (derivati del petrolio): benzina, gasolio, gpl, lubrificanti, olio combustibile. Fonti: MICA 2002 e ACI 2000 (valore in massa anno 2002 su scala provinciale, valore comunale da riproporzione per numero di auto immatricolate, per tipologia di carburante);

- consumi di gas naturale per riscaldamento, uso civile, uso industriale, uso agricolo. Fonte: Area spa 2001 (elaborazione: quantità di massa anno 2002 su scala comunale, ripartizione per UE dalla riproporzione per popolazione, addetti totali alle imprese, SAU);

- consumi di gas naturale per la produzione di energia elettrica. Fonti: R.S.A. 2002 e British Petroleum 2002 (elaborazioni: stima del gas naturale consumato per la produzione di quella frazione di energia elettrica prodotta in eccesso rispetto al consumo locale).

risorse di energia elettrica:

- consumi per uso domestico, industriale, commercio e servizi, illuminazione pubblica. Fonte: Enel 2001 (elaborazione: quantità anno 2002 su scala comunale, ripartizione per UE dalla riproporzione per popolazione e addetti totali alle imprese);

- produzione di energia elettrica. Fonte: RSA 2003.

movimenti merci attività portuale:

- sbarchi e imbarchi principali categorie merceologiche. Fonte: Autorità Portuale 2002.





Nell'ambito della raccolta dati è stato considerato come periodo di riferimento un anno solare. Si è cercato, ovviamente, di attingere alle informazioni più aggiornate, cioè ai dati statistici più recenti in merito ai vari aspetti del territorio presi in esame, non sempre disponibili per l'anno in corso. Il risultato dell'analisi va complessivamente considerato come rappresentativo di un mix delle condizioni degli anni 2002 e del 2003.

Elaborazione dati su base comunale

Le risorse importate dall'esterno del sistema, divise in quattro grandi macrosettori (agricoltura; allevamento, caccia e pesca; industria estrattiva; industria manifatturiera), sono state calcolate a partire dal documento ISTAT 2002 per la Provincia di Ravenna, comprendente le 236 voci della classificazione dell'import per gruppi merceologici, fornito dall'Ufficio del Commercio con l'Estero dell'ISTAT. L'elaborazione dei dati in questo caso impone alcuni passaggi: il documento ISTAT 2002 esprime ogni voce merceologica in unità monetaria. L'ultimo documento disponibile in unità monetaria e unità di massa è lo stesso ISTAT 1999. Il primo passaggio prevede una proporzione delle quantità 1999-2002 sulla base dei valori monetari includendo i coefficienti di rivalutazione (tabelle 1 e 2). Ottenuti così i valori in unità di massa del 2002, relativi all'import-export con l'estero, è necessario integrarli con le informazioni sui rapporti commerciali con le altre regioni italiane provenienti dalla matrice input-output dell'IRPET (tabella 3). Le quantità di massa dell'anno 2002, relative ai flussi di import-export con l'estero e con l'Italia della Provincia di Ravenna, sono state riportate al Comune in proporzione al rispettivo numero di addetti delle imprese (suddivise per categorie merceologiche) alle superfici agricole, al numero delle aziende zootecniche e al numero di capi complessivo.

Il dato definitivo è così una matrice dell'import-export del Comune di Ravenna, con l'estero e con l'Italia, espressa in unità di massa e distinto per categoria merceologica, relativa all'anno 2002 (tabella 4).

Elaborazione dati disaggregati per UE (unità elementari)

La cura dei processi di disaggregazione, ripartizione in categorie e localizzazione per Unità Elementari è, nuovamente, un lavoro non banale, necessario per non compromettere l'attendibilità dei dati stessi, e mantenere minime le approssimazioni.

Sono riportate (nelle pagine 106-174, *schede*), le tabelle di sintesi sui principali dati rilevati. La ripartizione per Unità Elementari è presentata in valore assoluto (tabella 5) e in percentuale (tabella 6).

Molte delle informazioni necessarie per l'analisi non sono espresse, alla fonte, per le sin-





gole UE e si sono quindi dovute istruire, anche in questo caso, delle procedure di ripartizione per distribuire il valore comunale.

Ciò che, soprattutto, ha permesso di mantenere un grado di precisione soddisfacente è stata la possibilità di distribuire con grande accuratezza i dati statistici riferiti alle attività industriali e zootecniche. Grazie a una paziente riproiezione degli indirizzari della Camera di Commercio all'interno dei riferimenti forniti dal GIS comunale è stato determinato il preciso *indirizzo fisico* al quale ascrivere gli addetti (attraverso le aziende, distinte per categorie merceologiche) e i capi di bestiame (per le aziende zootecniche). Dagli oltre 5000 record di impresa si è potuti così passare al numero di addetti per UE, distinti per categoria merceologica di riferimento. In base a questi ultimi è stata poi attribuita, a ciascuna subarea, la frazione competente dell'import e dell'export totale comunale.

Nella tabella 8 sono riportati i criteri rispetto ai quali si è provveduto alla ripartizione dei valori dalla scala provinciale a quella comunale e per singole UE.

Nella tabella 9 si trovano i criteri per le ripartizioni per UE delle quantità di import-export a partire dalla scala comunale.





	kg 1999	€ 1999 (in € del 1999) (x 1000)	€ (2002)	€ 2002 (in € del 2002) (x 1000)	€ 2002 (in € del 1999) (x 1000)	RAPP €	Kg 2002
RAVENNA 2002							
Cereali (1-5)	7,38E+08	214.765.331	271.409.414,00	525.521.906	487.188.671	0,908	5,80E+06
Legumi (6-7)	2,85E+07	9.331.018	17.038.583,00	32.991.297	30.584.807	2,451	1,21E+07
Frutta (8-11)	2,18E+07	25.383.321	1.413.476,00	2.736.871	2.537.235	0,583	3,01E+06
Veg. Filament. (12-13)	1,64E+06	8.323.155	1.290.909,00	2.499.548	2.317.223	0,140	5,29E+05
Semi (14-15)	6,61E+08	261.505.884	3.372.764,00	6.530.582	6.054.220	0,257	1,11E+07
Spezie (16-19)	4,84E+05	1.960.563	24.016.625,00	46.502.670	43.110.618	1,050	3,41E+08
Piante e fiori (20-21)	4,13E+07	15.003.016	347.411.663,00	672.682.781	623.615.165	1,130	1,03E+09
SOMMA		536.272.288	316.210,00	612.268	567.607	0,899	9,33E+03
Allev zootecn (22-31)	4,92E+06	12.477.221	40.699.931,00	78.806.055	73.057.692	7,299	4,06E+06
Silvicoltura (32-41)	5,17E+06	4.352.650	11.264.825,00	21.811.743	20.220.725	0,665	1,67E+06
Pesca e caccia (42-45)	3,77E+06	16.513.595	16.494.184,00	31.937.194	29.607.593	0,655	1,07E+06
Miner. Metalliferi (46-51)	4,35E+07	23.600.511	36.591.176,00	70.850.396	65.682.344	1,163	5,82E+07
Min. non metalli (52-57)	3,25E+08	41.071.329	20.536.924,00	39.765.030	36.864.442	1,716	2,55E+07
Ind. Alimentare (58-93)	9,14E+08	551.628.013	347.411.663,00	672.682.781	623.615.165	1,130	1,03E+09
Industria del Tabacco	1,04E+04	631.716	316.210,00	612.268	567.607	0,899	9,33E+03
Ind. Pelli e cuoio (95-98)	5,56E+05	10.009.213	40.699.931,00	78.806.055	73.057.692	7,299	4,06E+06
Ind. Tessili (99-125)	2,52E+06	30.404.062	11.264.825,00	21.811.743	20.220.725	0,665	1,67E+06
Ind. vest. e arredam. (126-140)	1,63E+06	45.206.641	16.494.184,00	31.937.194	29.607.593	0,655	1,07E+06
Ind. Legno e sughero (141-147)	5,00E+07	56.469.119	36.591.176,00	70.850.396	65.682.344	1,163	5,82E+07
Ind. d. carta (148-150)	1,49E+07	21.487.067	20.536.924,00	39.765.030	36.864.442	1,716	2,55E+07
Ind. Grafica (151-152)	7,98E+04	15.773.594	552.027,00	1.068.873	990.906	0,063	5,01E+03
Ind. Metallurgica (153-168)	4,55E+08	241.813.766	327.929.796,00	634.960.626	588.644.584	2,434	1,11E+09
Ind. Meccanica (169-198)	2,23E+07	358.553.148	196.738.937,00	380.939.702	353.152.751	0,985	2,20E+07
Ind. d. minerali (199-204)	1,74E+08	32.518.734	29.002.364,00	56.156.407	52.060.181	1,601	2,78E+08
Ind. Chimica (205-229)	3,70E+09	1.042.365.698	709.387.387,00	1.373.565.516	1.273.373.290	1,222	4,52E+09
Ind. d. gomma (230-231)	4,44E+06	32.239.415	23.475.430,00	45.454.771	42.139.156	1,307	5,80E+06
ind. manif. varie (232-236)	2,59E+06	21.274.982	35.787.905,00	69.295.047	64.240.446	3,020	7,83E+06

Tabella 1: Import Provincia di Ravenna in valori monetari e unità di massa- Fonte: import e coefficienti di rivalutazione ISTAT 1999-2002

RAVENNA 2002	kg 1999	£ 1999 (in £ del 1999) (x 1000)	€ (2002)	£ 2002 (in £ del 2002) (x 1000)	£ 2002 (in £ del 1999) (x 1000)	RAPP £	Kg 2002
Cereali (1-5)	1,65E+06	442612					0,00E+00
Legumi (6-7)	5,65E+06	3692605					0,00E+00
Frutta (8-11)	1,55E+08	192.560.169					0,00E+00
Veg. Filament. (12-13)	3,29E+06	4.655.097					0,00E+00
Semi (14-15)	1,21E+06	5.571.941					0,00E+00
Spezie (16-19)	1,72E+04	160.457					0,00E+00
Piante e fiori (20-21)	5,08E+05	1.588.728					0,00E+00
SOMMA	1,67E+08	208.671.609	133317895	258139440,6	239.309.931	1,147	
Allev zootecn (22-31)	1,34E+06	3.151.844	2627443	5087439,058	4.716.345	1,496	2,50E+08
Silvicoltura (32-41)	8,93E+04	498.681	18.834,00	36.468	33.808	0,068	9,11E+04
Pesca e caccia (42-45)	8,46E+05	2.678.961	363.663,00	704.150	652.787	0,244	2,18E+04
Miner. Metaliferi (46-51)	7,99E+06	8.888.690	5.785.995,00	11.203.249	10.386.048	1,168	9,88E+05
Min. non metall (52-57)	9,55E+06	3.191.370	3.523.106,00	6.821.684	6.324.089	1,982	1,58E+07
Ind. Alimentare (58-93)	4,55E+08	366.394.012	206.977.463,00	400.764.252	371.531.236	1,014	9,69E+06
Industria del Tabacco	4,00E+01	1.988	0,00	0	0	0,000	0,00E+00
Ind. Pelli e cuoio (95-98)	4,41E+05	15.820.587	60.951.006,00	118.017.604	109.409.026	6,916	2,77E+02
Ind. Tessili (99-125)	4,40E+06	77.343.773	30.010.469,00	58.108.371	53.869.762	0,696	3,07E+05
Ind. vest. e arredam. (126-140)	3,51E+06	102.785.621	17.606.569,00	34.091.071	31.604.360	0,307	1,35E+06
Ind. Legno e sughero (141-147)	4,58E+06	19.235.682	3.943.981,00	7.636.612	7.079.573	0,368	1,29E+06
Ind. d. carta (148-150)	2,65E+06	9.322.301	6.296.694,00	12.192.100	11.302.769	1,212	5,55E+06
Ind. Grafica (151-152)	6,00E+04	1.400.026	692.205,00	1.340.296	1.242.530	0,888	2,35E+06
Ind. Metallurgia (153-168)	1,77E+07	29.229.427	158.409.043,00	306.722.678	284.349.353	9,728	5,83E+05
Ind. Meccanica (169-198)	6,02E+07	980.413.545	439.868.324,00	851.703.840	789.577.860	0,805	1,43E+07
Ind. d. minerali (199-204)	1,66E+08	196.151.481	9.309.101,00	18.024.933	16.710.137	0,085	5,13E+06
Ind. Chimica (205-229)	7,65E+08	936.077.089	479.061.931,00	927.593.245	859.931.651	0,919	1,53E+08
Ind. d. gomma (230-231)	1,50E+07	51.037.079	83.458.530,00	161.598.248	149.810.759	2,935	2,24E+09
ind. manif. varie (232-236)	2,89E+07	86.164.374	34.595.402,00	66.986.039	62.099.865	0,721	1,08E+07

Tabella 2: Export Provincia di Ravenna in valori monetarie e unità di massa - Fonte: export e coefficienti di rivalutazione ISTAT 1999-2002



RAVENNA 2002	IMPORTAZIONI ^a			ESPORTAZIONI ^a		
	quantità estero ^b	quantità Italia ^c	TOT PROVINCIA	quantità estero ^b	quantità Italia ^c	TOT PROVINCIA
1 cereali	6,70E+08	1,23E+09	1,90E+09	1,89E+06	5,91E+06	7,80E+06
2 legumi	2,59E+07	4,76E+07	7,35E+07	6,48E+06	2,03E+07	2,68E+07
3 frutta	1,98E+07	3,65E+07	5,63E+07	1,78E+08	5,57E+08	7,34E+08
4 vegetali filamentososi	1,49E+06	2,73E+06	4,22E+06	3,78E+06	1,18E+07	1,56E+07
5 semi	6,01E+08	1,10E+09	1,70E+09	1,39E+06	4,35E+06	5,73E+06
6 spezie	4,39E+05	8,08E+05	1,25E+06	1,97E+04	6,16E+04	8,13E+04
7 piante e fiori	3,75E+07	6,90E+07	1,06E+08	5,82E+05	1,82E+06	2,41E+06
8 allevamenti zootecnici	1,21E+07	2,22E+07	3,42E+07	2,50E+08	7,84E+08	1,03E+09
9 silvicoltura	3,01E+06	5,54E+06	8,55E+06	9,11E+04	2,85E+05	3,76E+05
10 pesca e caccia	5,29E+05	9,72E+05	1,50E+06	2,18E+04	6,81E+04	8,99E+04
11 minerali metalliferi	1,11E+07	1,61E+07	2,73E+07	9,88E+05	1,07E+06	2,06E+06
12 minerali non metalliferi	3,41E+08	9,50E+08	1,29E+09	1,58E+07	9,72E+06	2,56E+07
13 industria alimentare	1,03E+09	1,90E+09	2,93E+09	9,69E+06	4,42E+07	5,39E+07
14 ind. del tabacco	9,33E+03	1,71E+04	2,65E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
15 industria d. pelli e cuoio	4,06E+06	1,13E+07	1,53E+07	2,77E+02	2,78E+02	5,55E+02
16 industria tessili	1,67E+06	4,65E+06	6,32E+06	3,07E+05	3,09E+05	6,16E+05
17 ind. vestiario e arredamento	1,07E+06	2,97E+06	4,04E+06	1,35E+06	1,36E+06	2,72E+06
18 ind. legno e sughero	5,82E+07	1,54E+08	2,12E+08	1,29E+06	2,68E+06	3,97E+06
19 industria della carta	2,55E+07	7,21E+07	9,76E+07	5,55E+06	1,76E+07	2,31E+07
20 industria grafica	5,01E+03	1,42E+04	1,92E+04	2,35E+06	7,45E+06	9,80E+06
21 ind. metallurgica	1,11E+09	6,73E+08	1,78E+09	5,83E+05	4,39E+05	1,02E+06
22 industria meccanica	2,20E+07	1,89E+07	4,08E+07	1,43E+07	5,43E+06	1,97E+07
23 industria dei minerali	2,78E+08	7,36E+08	1,01E+09	5,13E+06	1,06E+07	1,58E+07
24 industria chimica	4,52E+09	6,54E+09	1,11E+10	1,53E+08	1,20E+08	2,73E+08
25 industria della gomma	5,80E+06	1,53E+07	2,11E+07	2,24E+09	4,66E+09	6,90E+09
26 ind. manifatturiere varie	7,83E+06	2,07E+07	2,85E+07	1,08E+07	2,25E+07	3,33E+07

Tabella 3: Import Export della Provincia di Ravenna con l'estero e con l'Italia in unità di massa anno 2002 - Fonti: matrice RPET. **a** i valori sono espressi in chilogrammi; **b** il dato sul commercio con l'estero deriva dal documento import/export per gruppi merceologici dell'ISTAT; **c** il dato sul commercio interno è frutto dell'elaborazione del dato ISTAT e dei dati della contabilità regionale ed elaborazioni RPET.



RAVENNA 2002	IMPORT		IMPORT	EXPORT		EXPORT
	PROVINCIA	percentuale	COMUNE kg	PROVINCIA	percentuale	COMUNE kg
1 cereali	1,90E+09	40,03%	7,61E+08	7,80E+06	42,63%	3,33E+06
2 legumi	7,35E+07	40,03%	2,94E+07	2,68E+07	42,63%	1,14E+07
3 frutta	5,63E+07	40,03%	2,25E+07	7,34E+08	13,03%	9,57E+07
4 vegetali filamentososi	4,22E+06	40,03%	1,69E+06	1,56E+07	42,63%	6,65E+06
5 semi	1,70E+09	40,03%	6,82E+08	5,73E+06	42,63%	2,44E+06
6 spezie	1,25E+06	40,03%	4,99E+05	8,13E+04	42,63%	3,46E+04
7 piante e fiori	1,06E+08	40,03%	4,26E+07	2,41E+06	42,63%	1,03E+06
8 allevamenti zootecnici	3,42E+07	26,79%	9,17E+06	1,03E+09	25,70%	2,66E+08
9 silvicoltura	8,55E+06	6,67%	5,70E+05	3,76E+05	6,67%	2,51E+04
10 pesca e caccia	1,50E+06	40,03%	6,01E+05	8,99E+04	47,78%	4,30E+04
11 minerali metalliferi	2,73E+07	59,01%	1,61E+07	2,06E+06	59,01%	1,21E+06
12 minerali non metalliferi	1,29E+09	16,82%	2,17E+08	2,56E+07	85,71%	2,19E+07
13 industria alimentare	2,93E+09	20,62%	6,05E+08	5,39E+07	12,51%	6,74E+06
14 ind. del tabacco	2,65E+04	40,03%	1,06E+04	0,00E+00	DA16	0,00E+00
15 industria d. pelli e cuoio	1,53E+07	2,01%	3,08E+05	5,55E+02	2,01%	1,11E+01
16 industrie tessili	6,32E+06	14,95%	9,45E+05	6,16E+05	14,95%	9,21E+04
17 ind. vestiario e arredamento	4,04E+06	12,90%	5,21E+05	2,72E+06	12,90%	3,50E+05
18 ind. legno e sughero	2,12E+08	27,67%	5,87E+07	3,97E+06	27,67%	1,10E+08
19 industria della carta	9,76E+07	0,39%	3,80E+05	2,31E+07	0,39%	9,02E+04
20 industria grafica	1,92E+04	41,70%	8,00E+03	9,80E+06	41,70%	4,09E+06
21 ind. metallurgica	1,78E+09	59,01%	1,05E+09	1,02E+06	59,01%	6,03E+05
22 industria meccanica	4,08E+07	31,01%	1,27E+07	1,97E+07	31,01%	6,11E+06
23 industria dei minerali	1,01E+09	16,82%	1,71E+08	1,58E+07	16,82%	2,65E+06
24 industria chimica	1,11E+10	52,12%	5,76E+09	2,73E+08	52,12%	1,42E+08
25 industria della gomma	2,11E+07	8,87%	1,88E+06	6,90E+09	8,87%	6,12E+08
26 ind. manifatturiere varie	2,85E+07	17,68%	5,04E+06	3,33E+07	17,68%	5,89E+06

Tabella 4: Import Export del Comune di Ravenna con l'estero e con l'Italia, in unità di massa anno 2002 – Fonti: import export ISTAT 2002, addetti ISTAT 2002 et al.





Espressione	popolazione	densità di popolazione	SUP TOT	SAU	SAT	SUP seminativi	SUP frutteti	SUP viti	ESTRAZIONI sabbia ghiaia	ENERGIA gas naturale	ZOOTECNIA bestiame
	n.	ab/kmq	mq	mq	mq	mq	mq	mq	mc	mc	kg
RAVENNA	142.681	218	654.499.060	466.798.673	539.330.132	445.526.344	13.117.015	8.155.314	611.430	7,10E+08	9.949.900
U1	66.812	4.490	14.879.394	2.893.279	3.335.068	2.834.137	32.400	26.742	0	0	0
U20	4.077	42	96.516.644	50.833.300	65.571.425	49.608.301	567.966	657.033	89.680	0	1.834.500
U21	2.749	110	24.888.622	22.627.342	23.766.416	21.142.176	846.536	638.630	0	0	108.500
U22	4.455	148	30.002.806	26.595.399	27.504.468	24.689.308	1.020.032	886.059	0	0	609.000
U23	1.773	39	44.895.149	36.344.478	42.765.707	33.606.383	1.240.796	1.497.299	0	0	29.700
U24	4.983	132	37.723.913	34.494.713	35.679.259	32.745.759	1.047.337	701.617	0	0	278.700
U25	3.075	95	32.227.619	29.598.498	30.710.098	28.121.707	894.555	582.236	0	0	611.950
U26	3.121	75	41.603.526	39.033.645	40.135.096	36.896.255	1.407.969	729.421	0	0	758.500
U27	3.845	111	34.791.441	32.725.885	33.513.827	29.770.144	2.195.782	759.959	0	0	65.500
U28	5.236	105	50.021.961	47.031.996	47.985.018	45.069.675	1.605.722	356.599	0	0	1.046.450
U29	3.987	110	36.235.124	32.732.868	34.212.553	31.317.887	831.216	583.765	0	0	806.250
U30	2.619	59	44.218.099	24.611.711	36.582.978	24.401.224	10.271	200.216	203.264	0	137.100
U31	4.188	110	37.987.429	26.553.743	34.521.998	26.411.683	44.004	98.056	257.237	0	137.100
U32	7.169	297	24.164.726	21.266.930	22.295.409	19.956.973	1.055.255	254.702	0	0	582.600
U33	1.230	167	7.344.757	5.578.268	5.979.301	5.387.486	174.857	15.925	0	0	18.900
U34	3.415	314	10.871.292	7.210.193	7.937.512	7.136.090	20.106	53.997	0	0	0
U35	9.060	313	28.909.098	23.051.091	25.337.150	22.815.822	122.211	113.058	61.249	0	2.925.150
U36	2.840	102	27.726.154	96.615	11.846.192	96.615	0	0	0	0	0
U37	466	83	5.596.229	30.808	244.121	30.808	0	0	0	3,69E+08	0
U38	146	27	5.447.001	479.261	669.158	479.261	0	0	0	0	0
U39	22	2	8.931.428	118.981	1.708.014	118.981	0	0	0	3,41E+08	0
U40	7.413	779	9.516.648	2.889.669	7.029.364	2.889.669	0	0	0	0	0
SOMMA	142.681		654.499.060	466.798.673	539.330.132	445.526.344	13.117.015	8.155.314	611.430	7,10E+08	9.949.900

Tabella 5: dati rilevati per singole Unità Elementari – Fonte: SIT Ravenna et al.

Espressione	popolazione	SUP TOT	SAU	SAT	SUP seminativi	SUP frutteti	SUP vite	ESTRAZIONI sabbia ghiaia	ENERGIA gas naturale	ZOOTECNIA bestiame
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
RAVENNA	142.681	654.499.060	466.798.673	539.330.132	445.526.344	13.117.015	8.155.314	611.430	7.10E+08	9.949.900
U1	46,83%	2,27%	0,62%	0,62%	0,64%	0,25%	0,33%	0,00%	0,00%	0,00%
U20	2,86%	14,75%	10,89%	12,16%	11,13%	4,33%	8,06%	14,67%	0,00%	18,44%
U21	1,93%	3,80%	4,85%	4,41%	4,75%	6,45%	7,83%	0,00%	0,00%	1,09%
U22	3,12%	4,58%	5,70%	5,10%	5,54%	7,78%	10,86%	0,00%	0,00%	6,12%
U23	1,24%	6,86%	7,79%	7,93%	7,54%	9,46%	18,36%	0,00%	0,00%	0,30%
U24	3,49%	5,76%	7,39%	6,62%	7,35%	7,98%	8,60%	0,00%	0,00%	2,80%
U25	2,16%	4,92%	6,34%	5,69%	6,31%	6,82%	7,14%	0,00%	0,00%	6,15%
U26	2,19%	6,36%	8,36%	7,44%	8,28%	10,73%	8,94%	0,00%	0,00%	7,62%
U27	2,69%	5,32%	7,01%	6,21%	6,68%	16,74%	9,32%	0,00%	0,00%	0,66%
U28	3,67%	7,64%	10,08%	8,90%	10,12%	12,24%	4,37%	0,00%	0,00%	10,52%
U29	2,79%	5,54%	7,01%	6,34%	7,03%	6,34%	7,16%	0,00%	0,00%	8,10%
U30	1,84%	6,76%	5,27%	6,78%	5,48%	0,08%	2,46%	33,24%	0,00%	1,38%
U31	2,94%	5,80%	5,69%	6,40%	5,93%	0,34%	1,20%	42,07%	0,00%	1,38%
U32	5,02%	3,69%	4,56%	4,13%	4,48%	8,04%	3,12%	0,00%	0,00%	5,86%
U33	0,86%	1,12%	1,20%	1,11%	1,21%	1,33%	0,20%	0,00%	0,00%	0,19%
U34	2,39%	1,66%	1,54%	1,47%	1,60%	0,15%	0,66%	0,00%	0,00%	0,00%
U35	6,35%	4,42%	4,94%	4,70%	5,12%	0,93%	1,39%	10,02%	0,00%	29,40%
U36	1,99%	4,24%	0,02%	2,20%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
U37	0,33%	0,86%	0,01%	0,05%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	52,02%	0,00%
U38	0,10%	0,83%	0,10%	0,12%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
U39	0,02%	1,36%	0,03%	0,32%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	47,98%	0,00%
U40	5,20%	1,45%	0,62%	1,30%	0,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SOMMA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabella 6: dati rilevati per singole Unità Elementari espressi in valori percentuali - Fonte: SIT Ravenna et al.



	ADDETTI Tot	Add A02	Add B05	Add CB14	Add DA15	Add DB17	Add DB18	Add DC19	Add DD20	Add DE21	Add DE22	Add DF23	Add DG24	Add DH25	Add DI26	Add DJ28	Add DM35	Add DN36	somma DG24 DF23	da DJ28 a DM35	Add. D	
U1	11142	6	101	69	1424	199	116	26	296	1	222	59	286	165	353	1746	415	140	345	3363	4296	
U20	22,79%	66,67%	18,81%	82,61%	32,79%	33,67%	31,90%	38,46%	8,11%	100,00%	55,86%	100,00%	35,66%	7,27%	32,58%	18,27%	5,54%	73,57%	46,67%	19,86%	15,41%	
U21	1,72%	0,00%	3,96%	0,00%	0,42%	0,00%	0,86%	3,85%	0,68%	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,28%	1,83%	0,96%	0,00%	0,00%	1,25%	3,12%	
U22	2,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,42%	0,00%	0,00%	0,00%	1,01%	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	5,10%	0,92%	0,24%	0,71%	0,00%	0,65%	4,38%	
U23	4,88%	0,00%	0,00%	2,90%	13,34%	4,02%	28,45%	23,08%	2,03%	0,00%	1,80%	0,00%	0,00%	0,00%	4,82%	2,12%	0,00%	3,57%	0,00%	1,46%	5,21%	
U24	2,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,34%	0,00%	0,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,06%	1,69%	0,00%	0,00%	0,27%	6,01%	
U25	7,10%	0,00%	0,00%	0,00%	19,38%	1,01%	1,72%	0,00%	2,03%	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	1,70%	1,32%	0,00%	0,00%	0,00%	1,64%	8,10%	
U26	3,12%	33,33%	0,00%	0,00%	1,83%	8,54%	5,17%	30,77%	2,03%	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,28%	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,98%	5,82%	
U27	3,61%	0,00%	0,00%	0,00%	3,72%	2,01%	0,00%	0,00%	0,34%	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	1,98%	2,63%	0,00%	0,00%	0,00%	1,43%	6,70%	
U28	5,28%	0,00%	0,00%	0,00%	1,26%	4,52%	3,45%	0,00%	1,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,85%	0,74%	1,69%	0,00%	0,00%	0,95%	12,08%	
U29	5,18%	0,00%	0,00%	0,00%	2,11%	0,50%	5,17%	3,72%	3,72%	0,00%	0,90%	0,00%	0,00%	0,00%	4,25%	0,11%	0,00%	0,71%	0,00%	1,13%	11,01%	
U30	5,53%	0,00%	0,00%	0,00%	10,53%	0,00%	0,00%	3,85%	4,73%	0,00%	0,90%	0,00%	0,00%	0,00%	1,13%	0,57%	0,48%	0,00%	0,00%	1,37%	7,77%	
U31	2,13%	0,00%	4,95%	0,00%	2,18%	0,00%	1,72%	0,00%	2,03%	0,00%	7,21%	0,00%	0,00%	0,00%	1,42%	1,55%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	3,10%	
U32	1,41%	0,00%	0,99%	0,00%	0,28%	0,00%	0,00%	0,00%	4,05%	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,86%	0,00%	6,43%	0,00%	1,55%	1,77%	
U33	4,03%	0,00%	0,00%	0,00%	1,69%	16,08%	1,72%	0,00%	4,05%	0,00%	4,50%	0,00%	0,00%	0,61%	0,57%	2,58%	1,20%	0,00%	0,00%	4,07%	5,33%	
U34	3,22%	0,00%	0,00%	14,49%	1,90%	13,07%	8,62%	0,00%	0,00%	0,00%	2,70%	0,00%	1,40%	20,00%	0,00%	8,08%	0,00%	0,00%	1,16%	6,48%	0,58%	
U35	9,06%	0,00%	0,00%	0,00%	1,54%	9,05%	7,76%	0,00%	10,81%	0,00%	19,82%	0,00%	4,90%	23,03%	31,44%	20,56%	2,65%	2,86%	4,06%	20,16%	0,91%	
U36	2,41%	0,00%	0,99%	0,00%	1,90%	0,00%	0,86%	0,00%	1,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,67%	3,61%	3,57%	0,00%	4,19%	2,12%		
U37	1,08%	0,00%	8,91%	0,00%	1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,04%	5,04%	0,48%	0,00%	2,68%	0,07%		
U38	2,64%	0,00%	0,99%	0,00%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	2,70%	0,00%	0,00%	0,00%	57,69%	0,00%	0,85%	6,36%	0,00%	0,00%	47,83%	3,33%	0,05%	
U39	5,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	7,54%	2,59%	0,00%	22,97%	0,00%	3,15%	0,00%	0,35%	1,21%	12,18%	12,31%	42,17%	0,00%	0,29%	14,66%	0,07%	
U40	1,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,36%	25,54%	25,54%	0,00%	0,00%	6,45%	0,00%	
	2,60%	0,00%	60,40%	0,00%	3,23%	0,00%	0,00%	0,00%	1,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61%	0,57%	1,37%	13,73%	0,71%	0,00%	4,28%	0,40%	
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabella 7: Proporzioni per disaggregazione dati Comune di Ravenna e UE - Fonte: censimento imprese CCAA Ravenna



TABELLA A		Dati Comune	Dati UE
Risorse Rinnovabili Locali R			
1	Energia solare	LOC	SUP tot
2	Pioggia	LOC	SUP tot
3	Vento	LOC	SUP tot
4	Calore geotermico	LOC	SUP tot
Risorse Non Rinnovabili Locali N			
5	Erosione del suolo	LOC	SAU
6	Fenomeni di subsidenza	LOC	LOC
7	Consumi idrici		
	Consumi idrici potabile	LOC	abitanti
	Consumi idrici industriali	LOC	tot. addetti
8	Materiali da estrazione		
	Sabbia e Ghiaia	LOC	LOC
9	Gas naturale uso domestico	LOC	abitanti
	Gas naturale uso riscaldamento	LOC	abitanti
	Gas naturale uso industriale	LOC	tot. addetti
	Gas naturale produzione elettricità	LOC	LOC
Risorse Energetiche F1			
10	Gasolio e Benzina		
	Gasolio trasporto	auto diesel	abitanti
	Gasolio riscaldamento	abitanti	abitanti
	Gasolio agricoltura	SAU	SAU
	Benzina	auto benzina	abitanti
11	Olio Comb. Lubrificanti e GPL		
	Olio Combustibile	DF23+DG24	DF23+DG24
	Lubrificanti	totale D	totale D
	GPL	auto gpl	abitanti
12	Consumi di elettricità		
	uso domestico	LOC	abitanti
	uso industriale	LOC	tot. addetti
	uso agricoltura	LOC	SAU
	uso commercio e servizi	LOC	abitanti
	illuminazione pubblica	LOC	abitanti
13	Produzione Energia Elettrica		
	Energia elettrica prodotta da gas	LOC	LOC
	Energia elettrica prodotta da rifiuti	LOC	LOC

Tabella 8: Criteri per la disaggregazione dei dati per singole UE, Tabella A. Le voci alla colonna *Dati Comune* indicano i fattori di proporzione rispetto ai quali si è disaggregato il dato a partire dalla scala provinciale. Le voci alla colonna *Dati UE* indicano i fattori di proporzione rispetto ai quali si è disaggregato il dato a partire dalla scala comunale. Le voci *LOC* indicano un dato reperito direttamente alla scala di riferimento.





Risorse Energetiche	TABELLA B import F1	TABELLA C export E
1 cereali	abitanti	SUP seminativi
2 legumi	abitanti	SUP seminativi
3 frutta	abitanti	SUP seminativi
4 vegetali filamentosi	abitanti	SUP seminativi
5 semi	abitanti	SUP seminativi
6 spezie	abitanti	SUP seminativi
7 piante e fiori	abitanti	SUP seminativi
8 allevamenti zootecnici	kg-carni	kg-carni
9 silvicoltura	addetti A02	addetti A02
10 pesca e caccia	addetti A02	addetti B05
11 minerali metalliferi	addetti DJ27	addetti DJ27
12 minerali non metalliferi	addetti DI26	CB14
13 industria alimentare	DA15	SAU
14 ind. del tabacco	abitanti	
15 industria d. pelli e cuoio	DC19	DC19
16 industrie tessili	DB17	DB17
17 ind. vestiario e arredamento	DB18	DB18
18 ind. legno e sughero	DD20	DD20
19 industria della carta	DE21	DE21
20 industria grafica	DE22	DE22
21 ind. metallurgica	DJ27	DJ27
22 industria meccanica	da DJ28 a DM35	da DJ28 a DM35
23 industria dei minerali	DI26	DI26
24 industria chimica	DF23+DG24	DF23+DG24
25 industria della gomma	DH25	DH25
26 ind. manifatturiere varie	DN36	DN36

Tabella 9: Criteri per la disaggregazione dei dati per singole UE, Tabelle B e C. Le voci in colonna indicano i fattori di proporzione rispetto ai quali si è disaggregato il dato a partire dalla scala comunale.





L'analisi energetica: tabelle di sintesi

In questo paragrafo vengono presentati i risultati dell'analisi energetica dei flussi, per l'intero territorio del Comune di Ravenna e per ciascuna delle 22 Unità Elementari nelle quali lo abbiamo suddiviso.

Mentre il rapporto fra i valori di flusso ottenuti è, ovviamente, lineare (e quindi il totale dell'emergia utilizzata dall'industria chimica non è che la somma dei valori che questa voce assume nei vari subsistemi), così non è per gli indicatori derivati, nei quali i valori di flusso vengono messi in rapporto tra loro o con valori esterni, come la superficie della UE o il numero degli abitanti ecc. Dalla divergenza dei valori che gli indicatori assumono verrà quindi estratta più informazione di quanta possa apparire da uno sguardo ai dati puri, che vengono esposti qui di seguito.

Per ogni unità, prima l'intero comune, poi ciascuna UE, i risultati sono stati organizzati in tre Tabelle distinte: A, B e C, analogamente a quanto già fatto nelle tabelle 8 e 9 del paragrafo precedente.

Ciascuna Tabella A riguarda il computo delle *risorse rinnovabili e non rinnovabili locali* che alimentano il sistema. Le risorse locali sono quelle di diretta derivazione ambientale, nel senso che sono fornite gratuitamente dall'ambiente nell'ambito del territorio oggetto di studio.

Per *risorse rinnovabili locali*, nella procedura consolidata dell'emergia, si intendono i cicli naturali e rigenerativi che spontaneamente insistono sugli elementi misurati, rispetto alle dimensioni fisiche del sistema locale (vengono quantificati sulla base delle misure di pioggia, vento, calore geotermico e insolazione).

Per *risorse non rinnovabili locali* si intende la dotazione locale di risorse, assimilabili a serbatoi, da cui si attinge, senza computare i costi che devono essere sostenuti in termini di infrastrutture, di tecnologia e lavoro umano per il loro impiego effettivo (come per i materiali di cava o l'erosione del suolo). A queste categorie di risorse si aggiunge, nell'ambito della stessa tabella, la quantità di *risorse idriche* consumate annualmente e l'ammontare di *risorse energetiche* necessarie a far fronte al fabbisogno del sistema, ripartite in consumi di energia elettrica, combustibili derivati dal petrolio e gas naturale.

Per confrontare questo fabbisogno lordo con le capacità di produrre energia da parte del sistema viene messa in evidenza anche la *produzione di energia elettrica* che avviene all'interno del territorio. Poiché Ravenna è, in realtà, una esportatrice di energia elettrica, viene affiancata ai consumi energetici una quantità di gas naturale per produzione, in relazione alla quota parte di energia elettrica che viene esportata.

Una produzione di energia da fonti rinnovabili o dagli impianti di trattamento dei rifiuti è un processo interno al sistema che, attraverso un investimento adeguato, permette di recuperare parte di un flusso di energia e riutilizzarlo piuttosto che lasciarlo esaurire. La tec-





nica di calcolo per questo tipo di processi consiste nel computare i flussi ottenuti come altrettanto risparmio di produzione di energia da termoelettrico. Merita notare, in proposito, che tutti i risultati riportati in questo studio si pongono a valle di una conversione a metano degli impianti termoelettrici presenti sul territorio comunale, precedentemente alimentati a olio combustibile. L'enorme vantaggio ottenuto non è quindi direttamente visibile nei dati riportati, ma facilmente si può cogliere la portata di questa operazione confrontando, nelle quantità riportate dal MICA, i consumi di olio combustibile degli anni 2000 e 2002, rispettivamente prima e dopo la conversione.

Le Tabelle B riguardano le *risorse importate* dall'esterno del sistema, divise in quattro grandi macrosettori (agricoltura; allevamento, caccia e pesca; industria estrattiva; industria manifatturiera), che sono state calcolate a partire dal documento ISTAT 2002 per la Provincia di Ravenna. Il dato definitivo è un valore di importazione del Comune di Ravenna, con l'estero e con l'Italia, espresso in unità di massa e diviso per categoria merceologica, relativo all'anno 2002.

Abbiamo già visto come, per disaggregare il dato comunale nelle Unità Elementari, si sia risaliti dal censimento della Camera di Commercio a ogni singola impresa, con la propria categoria merceologica e il proprio numero di addetti, così come alle aziende zootecniche con il numero di capi trattati e la superficie agricola di competenza, quindi localizzate e attribuite alle UE di appartenenza. Si è quindi provveduto a riproporzionare le quantità in gioco, espresse in unità di massa, in base al numero di addetti, alle superfici e al numero di capi di ciascuna UE.

Le Tabelle C riguardano infine le *risorse esportate*, ricavate sempre dal documento ISTAT 2002, divise per gruppi merceologici, che sono state integrate e disaggregate secondo la stessa procedura descritta per la Tabella B.

Ogni tabella consta di sei colonne che definiscono:

- la *denominazione* della specifica risorsa;
- la *quantità* utilizzata o prodotta nell'arco dell'anno di riferimento;
- l'*unità di misura* con la quale si evidenzia il contenuto energetico, il peso o il valore economico (a seconda del dato a disposizione);
- la *transformity* o *emergia specifica* per unità, espressa – a seconda della risorsa – in *sej/J*, *sej/g* o *sej/€*;
- il *riferimento* di letteratura scientifica assunto per la transformity;
- l'*emergia* di ogni risorsa, calcolata moltiplicando orizzontalmente la quantità utilizzata (in 3^a colonna) per la corrispondente transformity (4^a colonna).





Alla luce dei valori di queste tabelle si possono iniziare a tracciare i primi bilanci. Sommando i valori dell'ultima colonna si può definire, per esempio, l'apporto energetico di ogni gruppo di risorse: assemblando i risultati delle Tabelle A e B (risorse locali e importate), si giunge al computo totale dell'emergia necessaria a supportare il sistema in oggetto, del quale il totale della Tabella C (esportazioni) rappresenta l'output.

Le tabelle relative ai risultati ottenuti per le UE e per il territorio nel suo insieme – che sono riportate qui di seguito – sono, tuttavia, ancora un semilavorato di difficile interpretazione. Devono essere considerate nulla più che la base statistica di riferimento, ordinata e coerente, che verrà utilizzata in seguito, con le debite riaggregazioni e con gli opportuni confronti, per ottenere un quadro significativo della gestione delle risorse da parte del sistema-Ravenna.





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL COMUNE DI RAVENNA

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	2,34E+18	J	1,00E+00	1	2,34E+18
2 Pioggia	4,16E+14	g	1,45E+05	1	6,03E+19
3 Vento	1,24E+15	J	2,45E+03	1	3,04E+18
4 Calore geotermico	6,81E+14	J	1,20E+04	1	8,17E+18
5 Erosione del suolo	2,34E+14	J	1,24E+05	3	2,91E+19
6 Fenomeni di subsidenza	1,03E+14	g	1,68E+09	1	1,73E+23
7 Consumi idrici	1,61E+13	g	1,95E+06	4	3,13E+19
8 Materiali da estrazione					1,64E+21
Sabbia e Ghiaia	9,78E+11	g	1,68E+09	1	1,64E+21
9 Gas naturale	1,15E+16	J	8,11E+04	6	9,30E+20
10 Gasolio e Benzina	1,13E+16	J	1,11E+05	6	1,25E+21
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	4,45E+16	J	9,12E+04	6	4,06E+21
12 Consumi di elettricità	1,94E+15	J	2,05E+05	5	3,98E+20
13 Energia elettrica prodotta esp.	2,76E+16	J	2,05E+05	5	5,66E+21
14 Gas naturale per en. elettrica esp.	2,70E+16	J	8,11E+04	5	2,19E+21

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

6,84E+19

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8, 9 e 14)

4,83E+21

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

5,71E+21

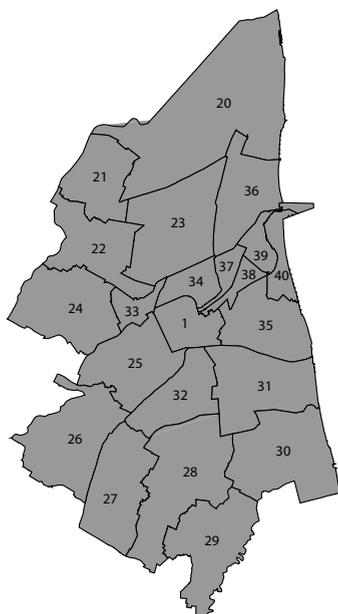


Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE IMPORTATE DAL COMUNE DI RAVENNA

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. (°)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	1,05E+16	J	2,67E+05	7	2,81E+21
2 Legumi	5,04E+14	J	1,75E+05	8	8,82E+19
3 Frutta	1,53E+14	J	4,82E+05	7	7,37E+19
4 Vegetali filamentosi	3,38E+12	J	7,38E+05	9	2,49E+18
5 Semi	1,36E+15	J	1,33E+06	7	1,81E+21
6 Spezie e tabacco	6,00E+12	J	1,75E+05	8	1,05E+18
7 Piante e fiori	4,26E+10	g	4,74E+09	10	2,02E+20
					4,99E+21
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	1,13E+13	J	5,33E+06	8	6,03E+19
9 Silvicultura	5,70E+08	g	1,68E+08	3	9,58E+16
10 Pesca e caccia	6,01E+08	g	2,27E+08	11	1,36E+17
					6,06E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	1,61E+10	g	1,68E+09	1	2,70E+19
12 Minerali non metalliferi	2,17E+11	g	1,68E+09	1	3,65E+20
					3,92E+20
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	6,05E+11	g	2,52E+09	13	1,52E+21
14 Industria del tabacco	1,06E+07	J	1,75E+05	8	1,85E+12
15 Industria delle pelli e del cuoio	3,87E+12	J	1,44E+07	14	5,57E+19
16 Industrie tessili	9,89E+12	J	6,38E+06	3	6,31E+19
17 Industria vestiario e arredamento	7,86E+12	J	6,38E+06	3	5,01E+19
18 Industria legno e sughero	5,87E+10	g	6,79E+08	3	3,98E+19
19 Industria della carta	5,57E+12	J	3,61E+05	3	2,01E+18
20 Industria grafica	1,17E+11	J	3,61E+05	3	4,23E+16
21 Industria metallurgica	1,05E+12	g	5,81E+09	8	6,10E+21
22 Industria meccanica	1,27E+10	g	1,13E+10	3	1,43E+20
23 Industria dei minerali	1,71E+11	g	1,68E+09	1	2,86E+20
24 Industria chimica	5,76E+12	g	6,38E+08	15	3,67E+21
25 Industria della gomma	1,88E+09	g	6,42E+09	6	1,20E+19
26 Industrie manifatturiere varie	5,04E+09	g	5,81E+09	8	2,93E+19
					1,20E+22
TALE IMPORT (F2)					1,74E+22

Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI DEL COMUNE DI RAVENNA

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	4,60E+13	J	2,67E+05	7	1,23E+19
2 Legumi	1,58E+14	J	1,75E+05	8	2,77E+19
3 Frutta	6,49E+14	J	4,82E+05	7	3,13E+20
4 Vegetali filamentosi	1,33E+13	J	7,38E+05	9	9,81E+18
5 Semi	4,89E+12	J	1,33E+06	7	6,50E+18
6 Spezie e tabacco	4,16E+11	J	1,75E+05	8	7,28E+16
7 Piante e fiori	1,03E+09	g	4,74E+09	10	4,86E+18
					3,74E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	3,28E+14	J	5,33E+06	8	1,75E+21
9 Silvicultura	2,51E+07	g	1,68E+08	3	4,22E+15
10 Pesca e caccia	4,30E+07	g	2,27E+08	11	9,75E+15
					1,75E+21
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	1,21E+09	g	1,68E+09	1	2,04E+18
12 Minerali non metalliferi	2,19E+10	g	1,68E+09	1	3,68E+19
					3,88E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	6,74E+09	g	2,52E+09	13	1,70E+19
14 Industria del tabacco	0,00E+00	J	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	1,40E+08	J	1,44E+07	14	2,02E+15
16 Industrie tessili	9,64E+11	J	6,38E+06	3	6,15E+18
17 Industria vestiario e arredamento	5,28E+12	J	6,38E+06	3	3,37E+19
18 Industria legno e sughero	1,10E+11	g	6,79E+08	3	7,46E+19
19 Industria della carta	1,32E+12	J	3,61E+05	3	4,77E+17
20 Industria grafica	5,99E+13	J	3,61E+05	3	2,16E+19
21 Industria metallurgica	6,03E+08	g	5,81E+09	8	3,51E+18
22 Industria meccanica	6,11E+09	g	1,13E+10	3	6,90E+19
23 Industria dei minerali	2,65E+09	g	1,68E+09	1	4,46E+18
24 Industria chimica	1,42E+11	g	6,38E+08	15	9,07E+19
25 Industria della gomma	6,12E+11	g	6,42E+09	6	3,93E+21
26 Industrie manifatturiere varie	5,89E+09	g	5,81E+09	8	3,42E+19
					4,28E+21
TOTALE EXPORT (E)					6,45E+21



Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 1

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. (*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	5,31E+16	J	1,00E+00	1	5,31E+16
2 Pioggia	9,45E+12	g	1,45E+05	1	1,37E+18
3 Vento	2,82E+13	J	2,45E+03	1	6,91E+16
4 Calore geotermico	1,41E+13	J	1,20E+04	1	1,69E+17
5 Erosione del suolo	1,45E+12	J	1,24E+05	3	1,80E+17
6 Fenomeni di subsidenza	2,37E+12	g	1,68E+09	1	3,98E+21
7 Consumi idrici	7,17E+12	g	1,95E+06	4	1,40E+19
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	4,82E+15	J	8,11E+04	6	3,91E+20
10 Gasolio e Benzina	5,28E+15	J	1,11E+05	6	5,86E+20
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,08E+16	J	9,12E+04	6	1,89E+21
12 Elettricità importata	7,76E+14	J	2,05E+05	5	1,59E+20
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

1,54E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

4,05E+20

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

2,64E+21

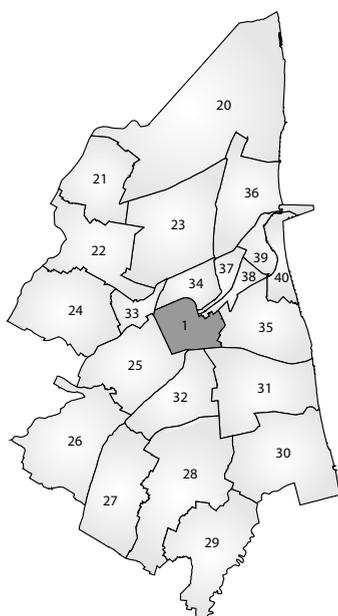


Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 1

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	4,92E+15	J	2,67E+05	7	1,31E+21
2 Legumi	2,36E+14	J	1,75E+05	8	4,13E+19
3 Frutta	7,16E+13	J	4,82E+05	7	3,45E+19
4 Vegetali filamentosi	1,58E+12	J	7,38E+05	9	1,17E+18
5 Semi	6,39E+14	J	1,33E+06	7	8,50E+20
6 Spezie e tabacco	2,81E+12	J	1,75E+05	8	4,91E+17
7 Piante e fiori	2,00E+10	g	4,74E+09	10	9,46E+19
					2,34E+21
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	3,80E+08	g	1,68E+08	3	6,39E+16
10 Pesca e caccia	2,81E+08	g	2,27E+08	11	6,39E+16
					1,28E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	7,08E+10	g	1,68E+09	1	1,19E+20
					1,19E+20
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,98E+11	g	2,52E+09	13	5,00E+20
14 Industria del tabacco	4,96E+06	g	1,75E+05	8	8,68E+11
15 Industria delle pelli e del cuoio	1,49E+12	J	1,44E+07	14	2,14E+19
16 Industrie tessili	3,33E+12	J	6,38E+06	3	2,12E+19
17 Industria vestiario e arredamento	2,51E+12	J	6,38E+06	3	1,60E+19
18 Industria legno e sughero	4,76E+09	g	6,79E+08	3	3,23E+18
19 Industria della carta	5,57E+12	J	3,61E+05	3	2,01E+18
20 Industria grafica	6,55E+10	J	3,61E+05	3	2,36E+16
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	2,52E+09	g	1,13E+10	3	2,84E+19
23 Industria dei minerali	5,55E+10	g	1,68E+09	1	9,33E+19
24 Industria chimica	2,69E+12	g	6,38E+08	15	1,71E+21
25 Industria della gomma	1,36E+08	g	6,42E+09	6	8,76E+17
26 Industrie manifatturiere varie	3,71E+09	g	5,81E+09	8	2,16E+19
					2,42E+21
TOTALE IMPORT (F2)					4,88E+21

Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 1

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ^(*)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,92E+11	J	2,67E+05	7	7,81E+16
2 Legumi	1,01E+12	J	1,75E+05	8	1,76E+17
3 Frutta	1,60E+12	J	4,82E+05	7	7,73E+17
4 Vegetali filamentosi	8,46E+10	J	7,38E+05	9	6,24E+16
5 Semi	3,11E+10	J	1,33E+06	7	4,14E+16
6 Spezie e tabacco	2,65E+09	J	1,75E+05	8	4,63E+14
7 Piante e fiori	6,52E+06	g	4,74E+09	10	3,09E+16
					1,16E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	1,67E+07	g	1,68E+08	3	2,81E+15
10 Pesca e caccia	8,08E+06	g	2,27E+08	11	1,83E+15
					4,65E+15
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	1,81E+10	g	1,68E+09	1	3,04E+19
					3,04E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,18E+07	g	2,52E+09	13	1,05E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	5,38E+07	J	1,44E+07	14	7,75E+14
16 Industrie tessili	3,24E+11	J	6,38E+06	3	2,07E+18
17 Industria vestiario e arredamento	1,68E+12	J	6,38E+06	3	1,07E+19
18 Industria legno e sughero	8,91E+09	g	6,79E+08	3	6,05E+18
19 Industria della carta	1,32E+12	J	3,61E+05	3	4,77E+17
20 Industria grafica	3,34E+13	J	3,61E+05	3	1,21E+19
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,21E+09	g	1,13E+10	3	1,37E+19
23 Industria dei minerali	8,64E+08	g	1,68E+09	1	1,45E+18
24 Industria chimica	6,64E+10	g	6,38E+08	15	4,23E+19
25 Industria della gomma	4,45E+10	g	6,42E+09	6	2,86E+20
26 Industrie manifatturiere varie	4,33E+09	g	5,81E+09	8	2,52E+19
					4,00E+20
TOTALE EXPORT (E)					4,32E+20



Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 20

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	3,44E+17	J	1,00E+00	1	3,44E+17
2 Pioggia	6,13E+13	g	1,45E+05	1	8,89E+18
3 Vento	1,83E+14	J	2,45E+03	1	4,48E+17
4 Calore geotermico	9,13E+13	J	1,20E+04	1	1,10E+18
5 Erosione del suolo	2,55E+13	J	1,24E+05	3	3,17E+18
6 Fenomeni di subsidenza	2,00E+13	g	1,68E+09	1	3,37E+22
7 Consumi idrici	4,42E+11	g	1,95E+06	4	8,62E+17
8 Materiali da estrazione					2,41E+20
Sabbia e Ghiaia	1,43E+11	g	1,68E+09	1	2,41E+20
9 Gas naturale	3,02E+14	J	8,11E+04	6	2,45E+19
10 Gasolio e Benzina	3,22E+14	J	1,11E+05	6	3,58E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,60E+13	J	9,12E+04	6	1,46E+18
12 Elettricità importata	5,40E+13	J	2,05E+05	5	1,11E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

9,98E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

2,70E+20

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

4,83E+19

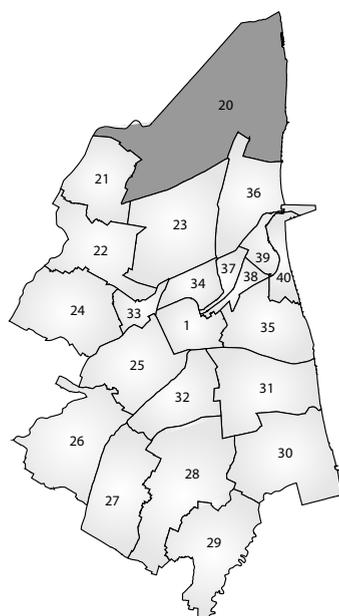


Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 20

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. (°)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,00E+14	J	2, 67E+05	7	8,02E+19
2 Legumi	1,44E+13	J	1,75E+05	8	2,52E+18
3 Frutta	4,37E+12	J	4,82E+05	7	2,11E+18
4 Vegetali filamentosi	9,65E+10	J	7,38E+05	9	7,13E+16
5 Semi	3,90E+13	J	1,33E+06	7	5,19E+19
6 Spezie e tabacco	1,71E+11	J	1,75E+05	8	3,00E+16
7 Piante e fiori	1,22E+09	g	4,74E+09	10	5,77E+18
					1,43E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,09E+12	J	5,33E+06	8	1,11E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1, 68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,72E+07	g	2,27E+08	11	3,90E+15
					1,11E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	6,15E+08	g	1,68E+09	1	1,03E+18
					1,03E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	2,55E+09	g	2,52E+09	13	6,42E+18
14 Industria del tabacco	3,03E+05	g	1,75E+05	8	5,30E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	1,49E+11	J	1,44E+07	14	2,14E+18
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	6,77E+10	J	6,38E+06	3	4,32E+17
18 Industria legno e sughero	3,96E+08	g	6,79E+08	3	2,69E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,28E+08	J	3,61E+05	3	1,91E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,58E+08	g	1,13E+10	3	1,79E+18
23 Industria dei minerali	4,83E+08	g	1,68E+09	1	8,11E+17
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					1,19E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,67E+20



Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 20

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. (°)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	5,12E+12	J	2,67E+05	7	1,37E+18
2 Legumi	1,76E+13	J	1,75E+05	8	3,09E+18
3 Frutta	2,81E+13	J	4,82E+05	7	1,35E+19
4 Vegetali filamentosi	1,48E+12	J	7,38E+05	9	1,09E+18
5 Semi	5,44E+11	J	1,33E+06	7	7,24E+17
6 Spezie e tabacco	4,63E+10	J	1,75E+05	8	8,11E+15
7 Piante e fiori	1,14E+08	g	4,74E+09	10	5,41E+17
					2,04E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	6,05E+13	J	5,33E+06	8	3,22E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,70E+06	g	2,27E+08	11	3,86E+14
					3,22E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	7,34E+08	g	2,52E+09	13	1,85E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	5,38E+06	J	1,44E+07	14	7,75E+13
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	4,55E+10	J	6,38E+06	3	2,90E+17
18 Industria legno e sughero	7,42E+08	g	6,79E+08	3	5,04E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,70E+11	J	3,61E+05	3	9,74E+16
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	7,63E+07	g	1,13E+10	3	8,62E+17
23 Industria dei minerali	7,52E+06	g	1,68E+09	1	1,26E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					3,62E+18
TOTALE EXPORT (E)					3,46E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 21

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	8,88E+16	J	1,00E+00	1	8,88E+16
2 Pioggia	1,58E+13	g	1,45E+05	1	2,29E+18
3 Vento	4,72E+13	J	2,45E+03	1	1,16E+17
4 Calore geotermico	2,75E+13	J	1,20E+04	1	3,30E+17
5 Erosione del suolo	1,14E+13	J	1,24E+05	3	1,41E+18
6 Fenomeni di subsidenza	4,32E+12	g	1,68E+09	1	7,26E+21
7 Consumi idrici	3,13E+11	g	1,95E+06	4	6,10E+17
8 Materiali da estrazione					0,00E+00
Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	2,26E+14	J	8,11E+04	6	1,83E+19
10 Gasolio e Benzina	2,17E+14	J	1,11E+05	6	2,41E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,29E+13	J	9,12E+04	6	1,18E+18
12 Elettricità importata	3,98E+13	J	2,05E+05	5	8,16E+18
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4) **2,62E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **2,03E+19**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **3,35E+19**

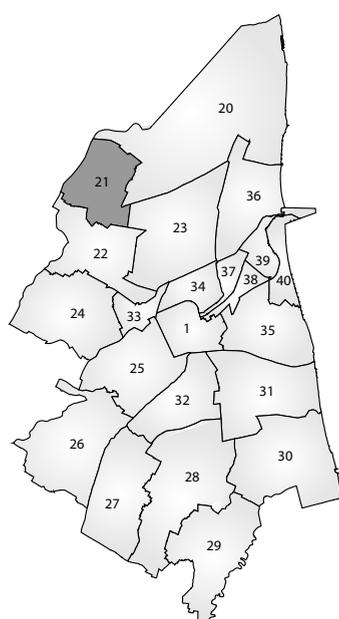


Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 21

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. (1)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,03E+14	J	2, 67E+05	7	5,41E+19
2 Legumi	9,72E+12	J	1,75E+05	8	1,70E+18
3 Frutta	2,95E+12	J	4,82E+05	7	1,42E+18
4 Vegetali filamentosi	6,51E+10	J	7,38E+05	9	4,80E+16
5 Semi	2,63E+13	J	1,33E+06	7	3,50E+19
6 Spezie e tabacco	1,16E+11	J	1,75E+05	8	2,02E+16
7 Piante e fiori	8,21E+08	g	4,74E+09	10	3,89E+18
					9,61E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	1,23E+11	J	5,33E+06	8	6,58E+17
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1, 68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,16E+07	g	2,27E+08	11	2,63E+15
					6,61E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	1,11E+10	g	1,68E+09	1	1,86E+19
					1,86E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	2,55E+09	g	2,52E+09	13	6,42E+18
14 Industria del tabacco	2,04E+05	g	1,75E+05	8	3,57E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	5,95E+08	g	6,79E+08	3	4,04E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,28E+08	J	3,61E+05	3	1,91E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,29E+07	g	1,13E+10	3	9,36E+17
23 Industria dei minerali	8,69E+09	g	1,68E+09	1	1,46E+19
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	3,60E+07	g	5,81E+09	8	2,09E+17
					2,26E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,38E+20

**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 21**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,18E+12	J	2,67E+05	7	5,82E+17
2 Legumi	7,51E+12	J	1,75E+05	8	1,31E+18
3 Frutta	4,19E+13	J	4,82E+05	7	2,02E+19
4 Vegetali filamentososi	6,31E+11	J	7,38E+05	9	4,66E+17
5 Semi	2,32E+11	J	1,33E+06	7	3,09E+17
6 Spezie e tabacco	1,98E+10	J	1,75E+05	8	3,46E+15
7 Piante e fiori	4,87E+07	g	4,74E+09	10	2,31E+17
					2,31E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	3,58E+12	J	5,33E+06	8	1,91E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,91E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	3,27E+08	g	2,52E+09	13	8,24E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	1,11E+09	g	6,79E+08	3	7,56E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,70E+11	J	3,61E+05	3	9,74E+16
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	4,00E+07	g	1,13E+10	3	4,52E+17
23 Industria dei minerali	1,35E+08	g	1,68E+09	1	2,27E+17
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	4,21E+07	g	5,81E+09	8	2,44E+17
					2,60E+18
TOTALE EXPORT (E)					4,48E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 22

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Energia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,07E+17	J	1,00E+00	1	1,07E+17
2 Pioggia	1,91E+13	g	1,45E+05	1	2,76E+18
3 Vento	5,69E+13	J	2,45E+03	1	1,39E+17
4 Calore geotermico	2,84E+13	J	1,20E+04	1	3,41E+17
5 Erosione del suolo	1,34E+13	J	1,24E+05	3	1,66E+18
6 Fenomeni di subsidenza	5,62E+12	g	1,68E+09	1	9,45E+21
7 Consumi idrici	5,28E+11	g	1,95E+06	4	1,03E+18
8 Materiali da estrazione					0,00E+00
Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	3,98E+14	J	8,11E+04	6	3,23E+19
10 Gasolio e Benzina	3,52E+14	J	1,11E+05	6	3,91E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,92E+13	J	9,12E+04	6	1,75E+18
12 Elettricità importata	7,00E+13	J	2,05E+05	5	1,43E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

3,10E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

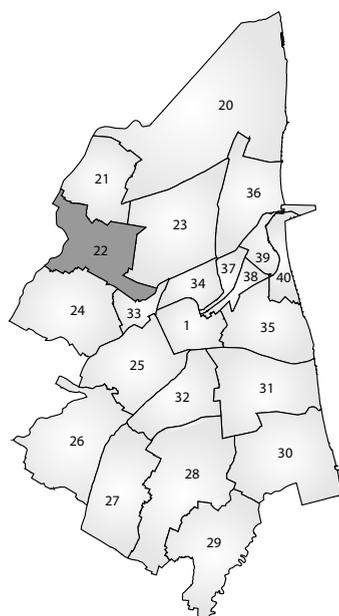
Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

3,50E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

5,52E+19



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 22**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,28E+14	J	2, 67E+05	7	8,77E+19
2 Legumi	1,57E+13	J	1,75E+05	8	2,76E+18
3 Frutta	4,77E+12	J	4,82E+05	7	2,30E+18
4 Vegetali filamentosì	1,05E+11	J	7,38E+05	9	7,79E+16
5 Semi	4,26E+13	J	1,33E+06	7	5,67E+19
6 Spezie e tabacco	1,87E+11	J	1,75E+05	8	3,28E+16
7 Piante e fiori	1,33E+09	g	4,74E+09	10	6,31E+18
					1,56E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	6,93E+11	J	5,33E+06	8	3,69E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1, 68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,88E+07	g	2,27E+08	11	4,26E+15
					3,70E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	1,05E+10	g	1,68E+09	1	1,76E+19
					1,76E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	8,07E+10	g	2,52E+09	13	2,03E+20
14 Industria del tabacco	3,31E+05	g	1,75E+05	8	5,79E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	8,92E+11	J	1,44E+07	14	1,29E+19
16 Industrie tessili	3,98E+11	J	6,38E+06	3	2,54E+18
17 Industria vestiario e arredamento	2,24E+12	J	6,38E+06	3	1,43E+19
18 Industria legno e sughero	1,19E+09	g	6,79E+08	3	8,08E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,11E+09	J	3,61E+05	3	7,62E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,85E+08	g	1,13E+10	3	2,09E+18
23 Industria dei minerali	8,21E+09	g	1,68E+09	1	1,38E+19
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	1,80E+08	g	5,81E+09	8	1,05E+18
					2,51E+20
TOTALE IMPORT (F2)					4,28E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 22**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,55E+12	J	2,67E+05	7	6,80E+17
2 Legumi	8,77E+12	J	1,75E+05	8	1,54E+18
3 Frutta	5,05E+13	J	4,82E+05	7	2,43E+19
4 Vegetali filamentososi	7,37E+11	J	7,38E+05	9	5,44E+17
5 Semi	2,71E+11	J	1,33E+06	7	3,60E+17
6 Spezie e tabacco	2,31E+10	J	1,75E+05	8	4,04E+15
7 Piante e fiori	5,68E+07	g	4,74E+09	10	2,69E+17
					2,77E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,01E+13	J	5,33E+06	8	1,07E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,07E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	6,35E+08	g	1,68E+09	1	1,07E+18
					1,07E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	3,84E+08	g	2,52E+09	13	9,68E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	3,23E+07	J	1,44E+07	14	4,65E+14
16 Industrie tessili	3,87E+10	J	6,38E+06	3	2,47E+17
17 Industria vestiario e arredamento	1,50E+12	J	6,38E+06	3	9,58E+18
18 Industria legno e sughero	2,23E+09	g	6,79E+08	3	1,51E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,08E+12	J	3,61E+05	3	3,90E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,90E+07	g	1,13E+10	3	1,01E+18
23 Industria dei minerali	1,28E+08	g	1,68E+09	1	2,15E+17
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	2,10E+08	g	5,81E+09	8	1,22E+18
					1,51E+19
TOTALE EXPORT (E)					1,51E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 23

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,60E+17	J	1,00E+00	1	1,60E+17
2 Pioggia	2,85E+13	g	1,45E+05	1	4,13E+18
3 Vento	8,51E+13	J	2,45E+03	1	2,09E+17
4 Calore geotermico	4,25E+13	J	1,20E+04	1	5,10E+17
5 Erosione del suolo	1,83E+13	J	1,24E+05	3	2,26E+18
6 Fenomeni di subsidenza	5,15E+12	g	1,68E+09	1	8,66E+21
7 Consumi idrici	2,17E+11	g	1,95E+06	4	4,23E+17
8 Materiali da estrazione	0,00E+00				0,00E+00
Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	1,69E+14	J	8,11E+04	6	1,37E+19
10 Gasolio e Benzina	1,40E+14	J	1,11E+05	6	1,56E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,14E+13	J	9,12E+04	6	1,04E+18
12 Elettricità importata	3,26E+13	J	2,05E+05	5	6,68E+18
13 Elettricità prodotta	1,20E+15	J	2,05E+05	5	2,46E+20

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

4,64E

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

1,64E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

2,33E+19

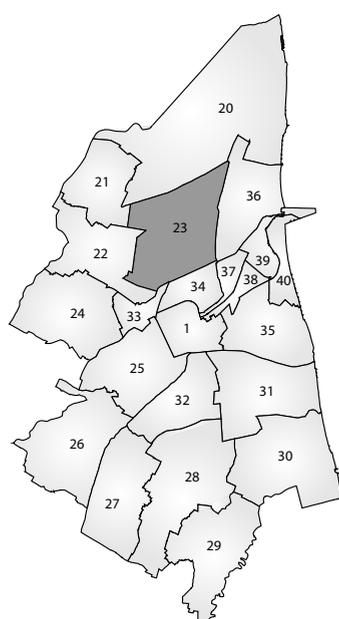




Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 23

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	1,31E+14	J	2, 67E+05	7	3,49E+19
2 Legumi	6,27E+12	J	1,75E+05	8	1,10E+18
3 Frutta	1,90E+12	J	4,82E+05	7	9,16E+17
4 Vegetali filamentosì	4,20E+10	J	7,38E+05	9	3,10E+16
5 Semi	1,70E+13	J	1,33E+06	7	2,25E+19
6 Spezie e tabacco	7,45E+10	J	1,75E+05	8	1,30E+16
7 Piante e fiori	5,30E+08	g	4,74E+09	10	2,51E+18
					6,20E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	3,38E+10	J	5,33E+06	8	1,80E+17
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1, 68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	7,47E+06	g	2,27E+08	11	1,69E+15
					1,82E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	0,00E+00	g	2,52E+09	13	0,00E+00
14 Industria del tabacco	1,32E+05	g	1,75E+05	8	2,30E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	1,98E+08	g	6,79E+08	3	1,35E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	3,39E+07	g	1,13E+10	3	3,83E+17
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					5,18E+17
TOTALE IMPORT (F2)					6,27E+19



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 23**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,47E+12	J	2,67E+05	7	9,26E+17
2 Legumi	1,19E+13	J	1,75E+05	8	2,09E+18
3 Frutta	6,14E+13	J	4,82E+05	7	2,96E+19
4 Vegetali filamentososi	1,00E+12	J	7,38E+05	9	7,40E+17
5 Semi	3,69E+11	J	1,33E+06	7	4,90E+17
6 Spezie e tabacco	3,14E+10	J	1,75E+05	8	5,49E+15
7 Piante e fiori	7,74E+07	g	4,74E+09	10	3,67E+17
					3,42E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	9,79E+11	J	5,33E+06	8	5,22E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					5,22E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	5,25E+08	g	2,52E+09	13	1,32E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	3,71E+08	g	6,79E+08	3	2,52E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,63E+07	g	1,13E+10	3	1,85E+17
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					1,76E+18
TOTALE EXPORT (E)					4,12E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 24

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,35E+17	J	1,00E+00	1	1,35E+17
2 Pioggia	2,40E+13	g	1,45E+05	1	3,47E+18
3 Vento	7,15E+13	J	2,45E+03	1	1,75E+17
4 Calore geotermico	3,57E+13	J	1,20E+04	1	4,28E+17
5 Erosione del suolo	1,73E+13	J	1,24E+05	3	2,15E+18
6 Fenomeni di subsidenza	6,94E+12	g	1,68E+09	1	1,17E+22
7 Consumi idrici	6,14E+11	g	1,95E+06	4	1,20E+18
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	4,83E+14	J	8,11E+04	6	3,92E+19
10 Gasolio e Benzina	3,94E+14	J	1,11E+05	6	4,37E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,36E+13	J	9,12E+04	6	2,15E+18
12 Elettricità importata	8,63E+13	J	2,05E+05	5	1,77E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

3,90E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

4,25E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

6,36E+19

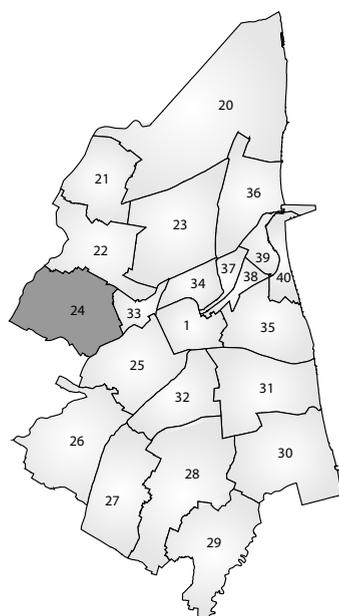


Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 24

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. (°)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,67E+14	J	2, 67E+05	7	9,81E+19
2 Legumi	1,76E+13	J	1,75E+05	8	3,08E+18
3 Frutta	5,34E+12	J	4,82E+05	7	2,57E+18
4 Vegetali filamentosi	1,18E+11	J	7,38E+05	9	8,71E+16
5 Semi	4,77E+13	J	1,33E+06	7	6,34E+19
6 Spezie e tabacco	2,09E+11	J	1,75E+05	8	3,67E+16
7 Piante e fiori	1,49E+09	g	4,74E+09	10	7,06E+18
					1,74E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	3,17E+11	J	5,33E+06	8	1,69E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1, 68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	2,10E+07	g	2,27E+08	11	4,76E+15
					1,70E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	3,69E+09	g	1,68E+09	1	6,20E+18
					6,20E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,17E+11	g	2,52E+09	13	2,95E+20
14 Industria del tabacco	3,70E+05	g	1,75E+05	8	6,47E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	9,94E+10	J	6,38E+06	3	6,34E+17
17 Industria vestiario e arredamento	1,35E+11	J	6,38E+06	3	8,64E+17
18 Industria legno e sughero	1,59E+10	g	6,79E+08	3	1,08E+19
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,06E+09	J	3,61E+05	3	3,81E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	2,07E+08	g	1,13E+10	3	2,34E+18
23 Industria dei minerali	2,90E+09	g	1,68E+09	1	4,87E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	2,27E+08	g	6,42E+09	6	1,46E+18
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					3,16E+20
TOTALE IMPORT (F2)					4,98E+20

**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 24**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,38E+12	J	2,67E+05	7	9,02E+17
2 Legumi	1,16E+13	J	1,75E+05	8	2,04E+18
3 Frutta	5,18E+13	J	4,82E+05	7	2,50E+19
4 Vegetali filamentososi	9,77E+11	J	7,38E+05	9	7,21E+17
5 Semi	3,59E+11	J	1,33E+06	7	4,78E+17
6 Spezie e tabacco	3,06E+10	J	1,75E+05	8	5,35E+15
7 Piante e fiori	7,54E+07	g	4,74E+09	10	3,57E+17
					2,95E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	9,19E+12	J	5,33E+06	8	4,90E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					4,90E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,98E+08	g	2,52E+09	13	1,26E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	9,69E+09	J	6,38E+06	3	6,18E+16
17 Industria vestiario e arredamento	9,10E+10	J	6,38E+06	3	5,81E+17
18 Industria legno e sughero	2,97E+10	g	6,79E+08	3	2,02E+19
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,39E+11	J	3,61E+05	3	1,95E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	9,99E+07	g	1,13E+10	3	1,13E+18
23 Industria dei minerali	4,51E+07	g	1,68E+09	1	7,58E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	7,42E+10	g	6,42E+09	6	4,76E+20
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					5,00E+20
TOTALE EXPORT (E)					5,78E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 25

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,15E+17	J	1,00E+00	1	1,15E+17
2 Pioggia	2,05E+13	g	1,45E+05	1	2,97E+18
3 Vento	6,11E+13	J	2,45E+03	1	1,50E+17
4 Calore geotermico	3,05E+13	J	1,20E+04	1	3,66E+17
5 Erosione del suolo	1,49E+13	J	1,24E+05	3	1,84E+18
6 Fenomeni di subsidenza	5,12E+12	g	1,68E+09	1	8,60E+21
7 Consumi idrici	3,61E+11	g	1,95E+06	4	7,03E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	2,69E+14	J	8,11E+04	6	2,18E+19
10 Gasolio e Benzina	2,43E+14	J	1,11E+05	6	2,70E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,54E+13	J	9,12E+04	6	1,40E+18
12 Elettricità importata	4,83E+13	J	2,05E+05	5	9,90E+18
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

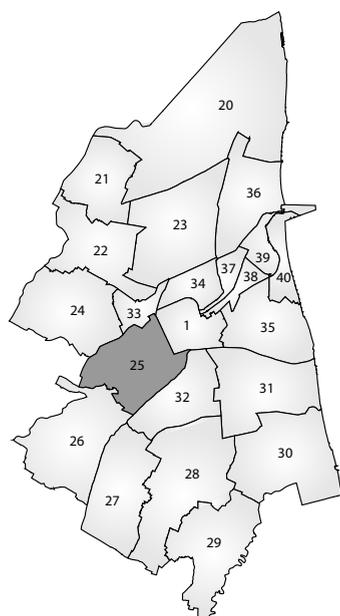
Totale (somma delle voci 2, 4) **3,33E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **2,44E+19**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **3,83E+19**



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 25**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,27E+14	J	2,67E+05	7	6,05E+19
2 Legumi	1,09E+13	J	1,75E+05	8	1,90E+18
3 Frutta	3,30E+12	J	4,82E+05	7	1,59E+18
4 Vegetali filamentosi	7,28E+10	J	7,38E+05	9	5,37E+16
5 Semi	2,94E+13	J	1,33E+06	7	3,91E+19
6 Spezie e tabacco	1,29E+11	J	1,75E+05	8	2,26E+16
7 Piante e fiori	9,19E+08	g	4,74E+09	10	4,35E+18
					1,08E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	6,96E+11	J	5,33E+06	8	3,71E+18
9 Silvicultura	1,90E+08	g	1,68E+08	3	3,19E+16
10 Pesca e caccia	1,29E+07	g	2,27E+08	11	2,94E+15
					3,75E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	6,15E+08	g	1,68E+09	1	1,03E+18
					1,03E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,10E+10	g	2,52E+09	13	2,78E+19
14 Industria del tabacco	2,28E+05	g	1,75E+05	8	3,99E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	1,19E+12	J	1,44E+07	14	1,71E+19
16 Industrie tessili	8,45E+11	J	6,38E+06	3	5,39E+18
17 Industria vestiario e arredamento	4,06E+11	J	6,38E+06	3	2,59E+18
18 Industria legno e sughero	1,19E+09	g	6,79E+08	3	8,08E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,28E+08	J	3,61E+05	3	1,91E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,24E+08	g	1,13E+10	3	1,40E+18
23 Industria dei minerali	4,83E+08	g	1,68E+09	1	8,11E+17
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					5,60E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,68E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 25**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,90E+12	J	2,67E+05	7	7,75E+17
2 Legumi	9,99E+12	J	1,75E+05	8	1,75E+18
3 Frutta	4,43E+13	J	4,82E+05	7	2,13E+19
4 Vegetali filamentososi	8,39E+11	J	7,38E+05	9	6,19E+17
5 Semi	3,09E+11	J	1,33E+06	7	4,10E+17
6 Spezie e tabacco	2,63E+10	J	1,75E+05	8	4,60E+15
7 Piante e fiori	6,47E+07	g	4,74E+09	10	3,07E+17
					2,52E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,02E+13	J	5,33E+06	8	1,08E+20
9 Silvicultura	8,37E+06	g	1,68E+08	3	1,41E+15
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,08E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,28E+08	g	2,52E+09	13	1,08E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	4,31E+07	J	1,44E+07	14	6,20E+14
16 Industrie tessili	8,23E+10	J	6,38E+06	3	5,25E+17
17 Industria vestiario e arredamento	2,73E+11	J	6,38E+06	3	1,74E+18
18 Industria legno e sughero	2,23E+09	g	6,79E+08	3	1,51E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,70E+11	J	3,61E+05	3	9,74E+16
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	5,99E+07	g	1,13E+10	3	6,77E+17
23 Industria dei minerali	7,52E+06	g	1,68E+09	1	1,26E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					5,64E+18
TOTALE EXPORT (E)					1,38E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 26

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,48E+17	J	1,00E+00	1	1,48E+17
2 Pioggia	2,64E+13	g	1,45E+05	1	3,83E+18
3 Vento	7,89E+13	J	2,45E+03	1	1,93E+17
4 Calore geotermico	3,94E+13	J	1,20E+04	1	4,72E+17
5 Erosione del suolo	1,96E+13	J	1,24E+05	3	2,43E+18
6 Fenomeni di subsidenza	6,64E+12	g	1,68E+09	1	1,12E+22
7 Consumi idrici	3,72E+11	g	1,95E+06	4	7,26E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	2,83E+14	J	8,11E+04	6	2,30E+19
10 Gasolio e Benzina	2,47E+14	J	1,11E+05	6	2,74E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,63E+13	J	9,12E+04	6	1,49E+18
12 Elettricità importata	5,20E+13	J	2,05E+05	5	1,06E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

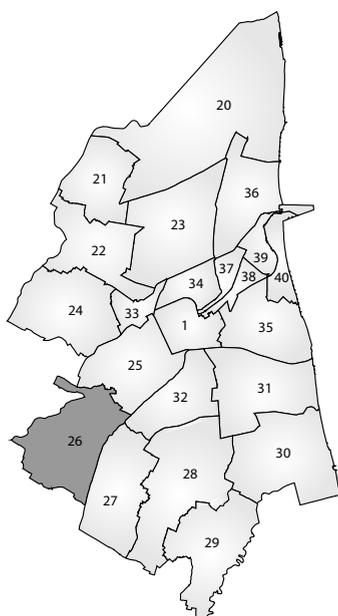
Totale (somma delle voci 2, 4) **4,30E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **2,61E+19**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **3,95E+19**



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 26**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,30E+14	J	2,67E+05	7	6,14E+19
2 Legumi	1,10E+13	J	1,75E+05	8	1,93E+18
3 Frutta	3,34E+12	J	4,82E+05	7	1,61E+18
4 Vegetali filamentos	7,39E+10	J	7,38E+05	9	5,45E+16
5 Semi	2,98E+13	J	1,33E+06	7	3,97E+19
6 Spezie e tabacco	1,31E+11	J	1,75E+05	8	2,30E+16
7 Piante e fiori	9,32E+08	g	4,74E+09	10	4,42E+18
					1,09E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	8,63E+11	J	5,33E+06	8	4,60E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,31E+07	g	2,27E+08	11	2,98E+15
					4,60E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	4,31E+09	g	1,68E+09	1	7,24E+18
					7,24E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	2,25E+10	g	2,52E+09	13	5,67E+19
14 Industria del tabacco	2,32E+05	g	1,75E+05	8	4,05E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	1,99E+11	J	6,38E+06	3	1,27E+18
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	1,98E+08	g	6,79E+08	3	1,35E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,28E+08	J	3,61E+05	3	1,91E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,81E+08	g	1,13E+10	3	2,04E+18
23 Industria dei minerali	3,38E+09	g	1,68E+09	1	5,68E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					6,58E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,87E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 26**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,81E+12	J	2,67E+05	7	1,02E+18
2 Legumi	1,31E+13	J	1,75E+05	8	2,29E+18
3 Frutta	6,97E+13	J	4,82E+05	7	3,36E+19
4 Vegetali filamentosi	1,10E+12	J	7,38E+05	9	8,13E+17
5 Semi	4,05E+11	J	1,33E+06	7	5,38E+17
6 Spezie e tabacco	3,45E+10	J	1,75E+05	8	6,03E+15
7 Piante e fiori	8,49E+07	g	4,74E+09	10	4,03E+17
					3,86E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,50E+13	J	5,33E+06	8	1,33E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,33E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	5,64E+08	g	2,52E+09	13	1,42E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	1,94E+10	J	6,38E+06	3	1,24E+17
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	3,71E+08	g	6,79E+08	3	2,52E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,70E+11	J	3,61E+05	3	9,74E+16
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,72E+07	g	1,13E+10	3	9,85E+17
23 Industria dei minerali	5,26E+07	g	1,68E+09	1	8,84E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					2,97E+18
TOTALE EXPORT (E)					1,75E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 27

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,24E+17	J	1,00E+00	1	1,24E+17
2 Pioggia	2,21E+13	g	1,45E+05	1	3,20E+18
3 Vento	6,60E+13	J	2,45E+03	1	1,62E+17
4 Calore geotermico	3,84E+13	J	1,20E+04	1	4,61E+17
5 Erosione del suolo	1,64E+13	J	1,24E+05	3	2,04E+18
6 Fenomeni di subsidenza	4,59E+12	g	1,68E+09	1	7,72E+21
7 Consumi idrici	4,71E+11	g	1,95E+06	4	9,19E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	3,68E+14	J	8,11E+04	6	2,99E+19
10 Gasolio e Benzina	3,04E+14	J	1,11E+05	6	3,37E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,37E+13	J	9,12E+04	6	2,16E+18
12 Elettricità importata	6,63E+13	J	2,05E+05	5	1,36E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

3,66E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

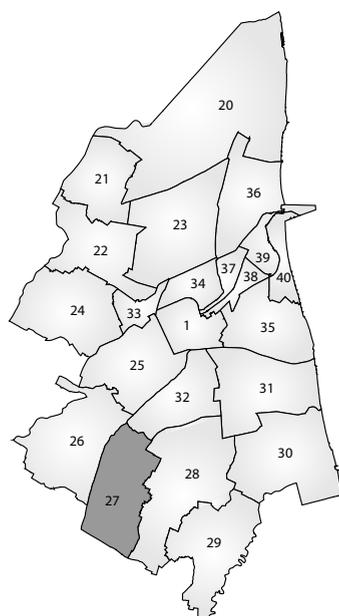
Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

3,28E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

4,95E+19



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 27**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,83E+14	J	2,67E+05	7	7,57E+19
2 Legumi	1,36E+13	J	1,75E+05	8	2,38E+18
3 Frutta	4,12E+12	J	4,82E+05	7	1,99E+18
4 Vegetali filamentosì	9,11E+10	J	7,38E+05	9	6,72E+16
5 Semi	3,68E+13	J	1,33E+06	7	4,89E+19
6 Spezie e tabacco	1,62E+11	J	1,75E+05	8	2,83E+16
7 Piante e fiori	1,15E+09	g	4,74E+09	10	5,44E+18
					1,34E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	7,45E+10	J	5,33E+06	8	3,97E+17
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,62E+07	g	2,27E+08	11	3,67E+15
					4,01E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	1,85E+09	g	1,68E+09	1	3,10E+18
					3,10E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	7,64E+09	g	2,52E+09	13	1,93E+19
14 Industria del tabacco	2,85E+05	g	1,75E+05	8	4,99E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	4,47E+11	J	6,38E+06	3	2,85E+18
17 Industria vestiario e arredamento	2,71E+11	J	6,38E+06	3	1,73E+18
18 Industria legno e sughero	5,95E+08	g	6,79E+08	3	4,04E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,21E+08	g	1,13E+10	3	1,36E+18
23 Industria dei minerali	1,45E+09	g	1,68E+09	1	2,43E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					2,80E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,66E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 27**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,07E+12	J	2,67E+05	7	8,20E+17
2 Legumi	1,06E+13	J	1,75E+05	8	1,85E+18
3 Frutta	1,09E+14	J	4,82E+05	7	5,24E+19
4 Vegetali filamentososi	8,88E+11	J	7,38E+05	9	6,56E+17
5 Semi	3,27E+11	J	1,33E+06	7	4,34E+17
6 Spezie e tabacco	2,78E+10	J	1,75E+05	8	4,87E+15
7 Piante e fiori	6,85E+07	g	4,74E+09	10	3,25E+17
					5,65E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,16E+12	J	5,33E+06	8	1,15E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,15E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,73E+08	g	2,52E+09	13	1,19E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	4,36E+10	J	6,38E+06	3	2,78E+17
17 Industria vestiario e arredamento	1,82E+11	J	6,38E+06	3	1,16E+18
18 Industria legno e sughero	1,11E+09	g	6,79E+08	3	7,56E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	5,81E+07	g	1,13E+10	3	6,57E+17
23 Industria dei minerali	2,25E+07	g	1,68E+09	1	3,79E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					4,08E+18
TOTALE EXPORT (E)					7,20E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 28

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,78E+17	J	1,00E+00	1	1,78E+17
2 Pioggia	3,18E+13	g	1,45E+05	1	4,61E+18
3 Vento	9,49E+13	J	2,45E+03	1	2,32E+17
4 Calore geotermico	7,10E+13	J	1,20E+04	1	8,52E+17
5 Erosione del suolo	2,36E+13	J	1,24E+05	3	2,93E+18
6 Fenomeni di subsidenza	4,71E+12	g	1,68E+09	1	7,91E+21
7 Consumi idrici	6,12E+11	g	1,95E+06	4	1,19E+18
8 Materiali da estrazione	0,00E+00				0,00E+00
Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	4,55E+14	J	8,11E+04	6	3,69E+19
10 Gasolio e Benzina	4,14E+14	J	1,11E+05	6	4,59E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,72E+13	J	9,12E+04	6	2,48E+18
12 Elettricità importata	8,12E+13	J	2,05E+05	5	1,67E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

5,46E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

4,11E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

6,51E+19

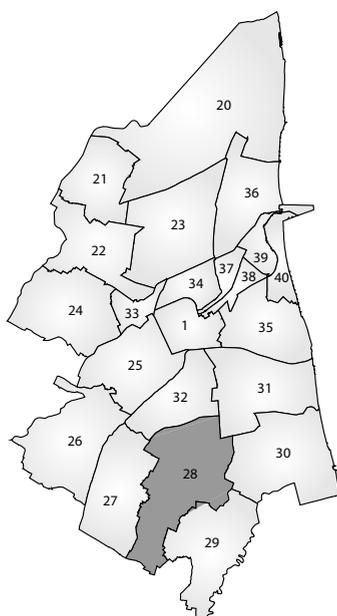




Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 28

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,86E+14	J	2,67E+05	7	1,03E+20
2 Legumi	1,85E+13	J	1,75E+05	8	3,24E+18
3 Frutta	5,61E+12	J	4,82E+05	7	2,70E+18
4 Vegetali filamentosi	1,24E+11	J	7,38E+05	9	9,15E+16
5 Semi	5,01E+13	J	1,33E+06	7	6,66E+19
6 Spezie e tabacco	2,20E+11	J	1,75E+05	8	3,85E+16
7 Piante e fiori	1,56E+09	g	4,74E+09	10	7,41E+18
					1,83E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	1,19E+12	J	5,33E+06	8	6,35E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	2,20E+07	g	2,27E+08	11	5,00E+15
					6,35E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	9,23E+09	g	1,68E+09	1	1,55E+19
					1,55E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,27E+10	g	2,52E+09	13	3,21E+19
14 Industria del tabacco	3,89E+05	g	1,75E+05	8	6,80E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	4,97E+10	J	6,38E+06	3	3,17E+17
17 Industria vestiario e arredamento	4,06E+11	J	6,38E+06	3	2,59E+18
18 Industria legno e sughero	2,18E+09	g	6,79E+08	3	1,48E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,43E+08	g	1,13E+10	3	1,62E+18
23 Industria dei minerali	7,25E+09	g	1,68E+09	1	1,22E+19
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	2,27E+07	g	6,42E+09	6	1,46E+17
26 Industrie manifatturiere varie	3,60E+07	g	5,81E+09	8	2,09E+17
					5,06E+19
TOTALE IMPORT (F2)					2,56E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 28**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	4,65E+12	J	2,67E+05	7	1,24E+18
2 Legumi	1,60E+13	J	1,75E+05	8	2,80E+18
3 Frutta	7,94E+13	J	4,82E+05	7	3,83E+19
4 Vegetali filamentososi	1,34E+12	J	7,38E+05	9	9,93E+17
5 Semi	4,95E+11	J	1,33E+06	7	6,58E+17
6 Spezie e tabacco	4,21E+10	J	1,75E+05	8	7,37E+15
7 Piante e fiori	1,04E+08	g	4,74E+09	10	4,92E+17
					4,45E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	3,45E+13	J	5,33E+06	8	1,84E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,84E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	6,80E+08	g	2,52E+09	13	1,71E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	4,84E+09	J	6,38E+06	3	3,09E+16
17 Industria vestiario e arredamento	2,73E+11	J	6,38E+06	3	1,74E+18
18 Industria legno e sughero	4,08E+09	g	6,79E+08	3	2,77E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	6,90E+07	g	1,13E+10	3	7,80E+17
23 Industria dei minerali	1,13E+08	g	1,68E+09	1	1,89E+17
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	7,42E+09	g	6,42E+09	6	4,76E+19
26 Industrie manifatturiere varie	4,21E+07	g	5,81E+09	8	2,44E+17
					5,51E+19
TOTALE EXPORT (E)					2,83E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 29

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,29E+17	J	1,00E+00	1	1,29E+17
2 Pioggia	2,30E+13	g	1,45E+05	1	3,34E+18
3 Vento	6,87E+13	J	2,45E+03	1	1,68E+17
4 Calore geotermico	5,71E+13	J	1,20E+04	1	6,86E+17
5 Erosione del suolo	1,64E+13	J	1,24E+05	3	2,04E+18
6 Fenomeni di subsidenza	4,49E+12	g	1,68E+09	1	7,54E+21
7 Consumi idrici	4,89E+11	g	1,95E+06	4	9,54E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	3,83E+14	J	8,11E+04	6	3,11E+19
10 Gasolio e Benzina	3,15E+14	J	1,11E+05	6	3,50E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,01E+13	J	9,12E+04	6	1,84E+18
12 Elettricità importata	6,89E+13	J	2,05E+05	5	1,41E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

4,02E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

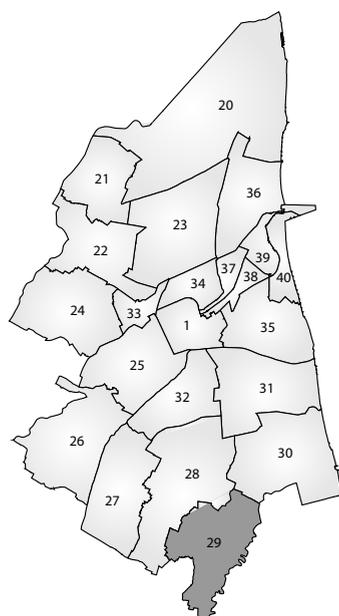
Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

3,41E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

5,09E+19



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 29**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,94E+14	J	2,67E+05	7	7,85E+19
2 Legumi	1,41E+13	J	1,75E+05	8	2,47E+18
3 Frutta	4,27E+12	J	4,82E+05	7	2,06E+18
4 Vegetali filamentosi	9,44E+10	J	7,38E+05	9	6,97E+16
5 Semi	3,81E+13	J	1,33E+06	7	5,07E+19
6 Spezie e tabacco	1,68E+11	J	1,75E+05	8	2,93E+16
7 Piante e fiori	1,19E+09	g	4,74E+09	10	5,65E+18
					1,39E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	9,17E+11	J	5,33E+06	8	4,89E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,68E+07	g	2,27E+08	11	3,81E+15
					4,89E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	2,46E+09	g	1,68E+09	1	4,14E+18
					4,14E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	6,37E+10	g	2,52E+09	13	1,60E+20
14 Industria del tabacco	2,96E+05	g	1,75E+05	8	5,18E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	1,49E+11	J	1,44E+07	14	2,14E+18
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	2,77E+09	g	6,79E+08	3	1,88E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,06E+09	J	3,61E+05	3	3,81E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,73E+08	g	1,13E+10	3	1,96E+18
23 Industria dei minerali	1,93E+09	g	1,68E+09	1	3,25E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	6,14E+08	g	6,42E+09	6	3,94E+18
26 Industrie manifatturiere varie	3,96E+08	g	5,81E+09	8	2,30E+18
					1,76E+20
TOTALE IMPORT (F2)					3,24E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 29**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,23E+12	J	2,67E+05	7	8,63E+17
2 Legumi	1,11E+13	J	1,75E+05	8	1,95E+18
3 Frutta	4,11E+13	J	4,82E+05	7	1,98E+19
4 Vegetali filamentososi	9,35E+11	J	7,38E+05	9	6,90E+17
5 Semi	3,44E+11	J	1,33E+06	7	4,57E+17
6 Spezie e tabacco	2,93E+10	J	1,75E+05	8	5,12E+15
7 Piante e fiori	7,21E+07	g	4,74E+09	10	3,42E+17
					2,41E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,66E+13	J	5,33E+06	8	1,42E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,42E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,73E+08	g	2,52E+09	13	1,19E+18
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	5,38E+06	J	1,44E+07	14	7,75E+13
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	5,20E+09	g	6,79E+08	3	3,53E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,39E+11	J	3,61E+05	3	1,95E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,36E+07	g	1,13E+10	3	9,44E+17
23 Industria dei minerali	3,01E+07	g	1,68E+09	1	5,05E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	2,00E+11	g	6,42E+09	6	1,29E+21
26 Industrie manifatturiere varie	4,63E+08	g	5,81E+09	8	2,69E+18
					1,29E+21
TOTALE EXPORT (E)					1,46E+21





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 30

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,58E+17	J	1,00E+00	1	1,58E+17
2 Pioggia	0,00E+00	g	1,45E+05	1	0,00E+00
3 Vento	0,00E+00	J	2,45E+03	1	0,00E+00
4 Calore geotermico	0,00E+00	J	1,20E+04	1	0,00E+00
5 Erosione del suolo	1,24E+13	J	1,24E+05	3	1,53E+18
6 Fenomeni di subsidenza	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
7 Consumi idrici	0,00E+00	g	1,95E+06	4	0,00E+00
8 Materiali da estrazione					0,00E+00
Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	0,00E+00	J	8,11E+04	6	0,00E+00
10 Gasolio e Benzina	2,07E+14	J	1,11E+05	6	2,30E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	0,00E+00	J	9,12E+04	6	0,00E+00
12 Elettricità importata	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

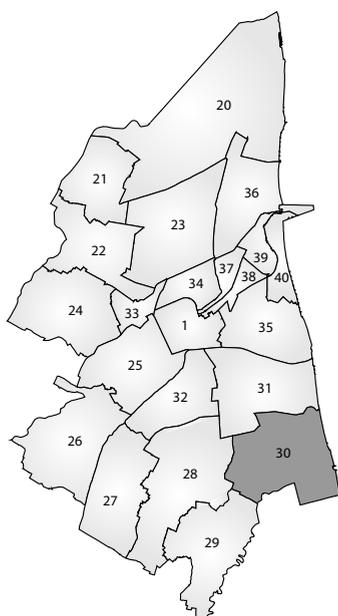
Totale (somma delle voci 2, 4) **0,00E+00**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **1,53E+18**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **2,30E+19**



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 30**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	1,93E+14	J	2,67E+05	7	5,15E+19
2 Legumi	9,26E+12	J	1,75E+05	8	1,62E+18
3 Frutta	2,81E+12	J	4,82E+05	7	1,35E+18
4 Vegetali filamentosi	6,20E+10	J	7,38E+05	9	4,58E+16
5 Semi	2,50E+13	J	1,33E+06	7	3,33E+19
6 Spezie e tabacco	1,10E+11	J	1,75E+05	8	1,93E+16
7 Piante e fiori	7,82E+08	g	4,74E+09	10	3,71E+18
					9,16E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	1,56E+11	J	5,33E+06	8	8,31E+17
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,10E+07	g	2,27E+08	11	2,50E+15
					8,34E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	3,08E+09	g	1,68E+09	1	5,17E+18
					5,17E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,32E+10	g	2,52E+09	13	3,32E+19
14 Industria del tabacco	1,94E+05	g	1,75E+05	8	3,40E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	1,35E+11	J	6,38E+06	3	8,64E+17
18 Industria legno e sughero	1,19E+09	g	6,79E+08	3	8,08E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	8,45E+09	J	3,61E+05	3	3,05E+15
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,47E+08	g	1,13E+10	3	1,66E+18
23 Industria dei minerali	2,42E+09	g	1,68E+09	1	4,06E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					4,06E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,38E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 30**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,52E+12	J	2,67E+05	7	6,72E+17
2 Legumi	8,67E+12	J	1,75E+05	8	1,52E+18
3 Frutta	5,08E+11	J	4,82E+05	7	2,45E+17
4 Vegetali filamentososi	7,28E+11	J	7,38E+05	9	5,37E+17
5 Semi	2,68E+11	J	1,33E+06	7	3,56E+17
6 Spezie e tabacco	2,28E+10	J	1,75E+05	8	3,99E+15
7 Piante e fiori	5,62E+07	g	4,74E+09	10	2,66E+17
					3,60E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	4,52E+12	J	5,33E+06	8	2,41E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	2,13E+06	g	2,27E+08	11	4,83E+14
					2,41E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	3,56E+08	g	2,52E+09	13	8,96E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	9,10E+10	J	6,38E+06	3	5,81E+17
18 Industria legno e sughero	2,23E+09	g	6,79E+08	3	1,51E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	4,32E+12	J	3,61E+05	3	1,56E+18
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	7,08E+07	g	1,13E+10	3	8,01E+17
23 Industria dei minerali	3,76E+07	g	1,68E+09	1	6,31E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					5,41E+18
TOTALE EXPORT (E)					3,31E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 31

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,36E+17	J	1,00E+00	1	1,36E+17
2 Pioggia	2,41E+13	g	1,45E+05	1	3,50E+18
3 Vento	7,20E+13	J	2,45E+03	1	1,76E+17
4 Calore geotermico	3,71E+13	J	1,20E+04	1	4,46E+17
5 Erosione del suolo	1,33E+13	J	1,24E+05	3	1,65E+18
6 Fenomeni di subsidenza	5,24E+12	g	1,68E+09	1	8,79E+21
7 Consumi idrici	4,49E+11	g	1,95E+06	4	8,75E+17
8 Materiali da estrazione	0,00E+00				6,91E+20
Sabbia e Ghiaia	4,12E+11	g	1,68E+09	1	6,91E+20
9 Gas naturale	3,02E+14	J	8,11E+04	6	2,45E+19
10 Gasolio e Benzina	3,31E+14	J	1,11E+05	6	3,67E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,51E+13	J	9,12E+04	6	1,38E+18
12 Elettricità importata	5,12E+13	J	2,05E+05	5	1,05E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

3,94E+18

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

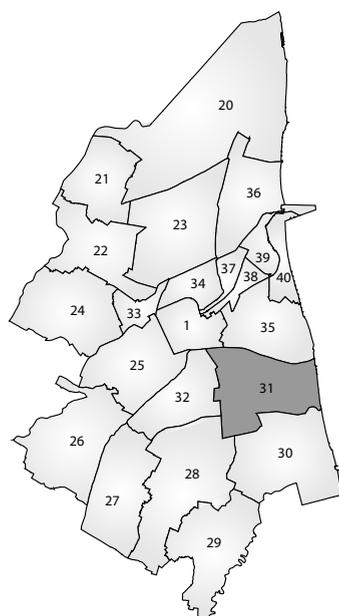
Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

7,18E+20

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

4,86E+19



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 31**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,09E+14	J	2,67E+05	7	8,24E+19
2 Legumi	1,48E+13	J	1,75E+05	8	2,59E+18
3 Frutta	4,49E+12	J	4,82E+05	7	2,16E+18
4 Vegetali filamentosi	9,92E+10	J	7,38E+05	9	7,32E+16
5 Semi	4,00E+13	J	1,33E+06	7	5,33E+19
6 Spezie e tabacco	1,76E+11	J	1,75E+05	8	3,08E+16
7 Piante e fiori	1,25E+09	g	4,74E+09	10	5,93E+18
					1,46E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	1,56E+11	J	5,33E+06	8	8,31E+17
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,76E+07	g	2,27E+08	11	4,00E+15
					8,35E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,70E+09	g	2,52E+09	13	4,28E+18
14 Industria del tabacco	3,11E+05	g	1,75E+05	8	5,44E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	2,38E+09	g	6,79E+08	3	1,62E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,28E+08	J	3,61E+05	3	1,91E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,96E+08	g	1,13E+10	3	2,21E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	2,27E+07	g	6,42E+09	6	1,46E+17
26 Industrie manifatturiere varie	3,24E+08	g	5,81E+09	8	1,88E+18
					1,01E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,57E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 31**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,72E+12	J	2,67E+05	7	7,27E+17
2 Legumi	9,39E+12	J	1,75E+05	8	1,64E+18
3 Frutta	2,18E+12	J	4,82E+05	7	1,05E+18
4 Vegetali filamentososi	7,88E+11	J	7,38E+05	9	5,82E+17
5 Semi	2,90E+11	J	1,33E+06	7	3,85E+17
6 Spezie e tabacco	2,47E+10	J	1,75E+05	8	4,32E+15
7 Piante e fiori	6,08E+07	g	4,74E+09	10	2,88E+17
					4,68E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	4,52E+12	J	5,33E+06	8	2,41E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	4,25E+05	g	2,27E+08	11	9,66E+13
					2,41E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	3,84E+08	g	2,52E+09	13	9,67E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	4,45E+09	g	6,79E+08	3	3,02E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,70E+11	J	3,61E+05	3	9,74E+16
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	9,45E+07	g	1,13E+10	3	1,07E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	7,42E+09	g	6,42E+09	6	4,76E+19
26 Industrie manifatturiere varie	3,78E+08	g	5,81E+09	8	2,20E+18
					5,50E+19
TOTALE EXPORT (E)					8,38E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 32

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Energia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	8,62E+16	J	1,00E+00	1	8,62E+16
2 Pioggia	1,53E+13	g	1,45E+05	1	2,22E+18
3 Vento	4,58E+13	J	2,45E+03	1	1,12E+17
4 Calore geotermico	2,29E+13	J	1,20E+04	1	2,74E+17
5 Erosione del suolo	1,07E+13	J	1,24E+05	3	1,32E+18
6 Fenomeni di subsidenza	3,03E+12	g	1,68E+09	1	5,10E+21
7 Consumi idrici	7,92E+11	g	1,95E+06	4	1,55E+18
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	5,54E+14	J	8,11E+04	6	4,49E+19
10 Gasolio e Benzina	5,67E+14	J	1,11E+05	6	6,29E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,80E+13	J	9,12E+04	6	2,56E+18
12 Elettricità importata	9,27E+13	J	2,05E+05	5	1,90E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

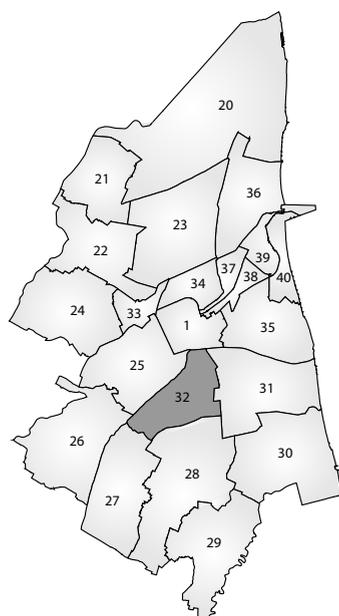
Totale (somma delle voci 2, 4) **2,50E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **4,78E+19**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **8,44E+19**



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 32**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	5,28E+14	J	2,67E+05	7	1,41E+20
2 Legumi	2,53E+13	J	1,75E+05	8	4,43E+18
3 Frutta	7,68E+12	J	4,82E+05	7	3,70E+18
4 Vegetali filamentosì	1,70E+11	J	7,38E+05	9	1,25E+17
5 Semi	6,86E+13	J	1,33E+06	7	9,12E+19
6 Spezie e tabacco	3,01E+11	J	1,75E+05	8	5,27E+16
7 Piante e fiori	2,14E+09	g	4,74E+09	10	1,02E+19
					2,51E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	6,63E+11	J	5,33E+06	8	3,53E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	3,02E+07	g	2,27E+08	11	6,85E+15
					3,54E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	1,23E+09	g	1,68E+09	1	2,07E+18
					2,07E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,02E+10	g	2,52E+09	13	2,57E+19
14 Industria del tabacco	5,32E+05	g	1,75E+05	8	9,31E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	1,59E+12	J	6,38E+06	3	1,01E+19
17 Industria vestiario e arredamento	1,35E+11	J	6,38E+06	3	8,64E+17
18 Industria legno e sughero	2,38E+09	g	6,79E+08	3	1,62E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,28E+09	J	3,61E+05	3	1,91E+15
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	5,16E+08	g	1,13E+10	3	5,83E+18
23 Industria dei minerali	9,66E+08	g	1,68E+09	1	1,62E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	1,14E+07	g	6,42E+09	6	7,30E+16
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					4,58E+19
TOTALE IMPORT (F2)					3,02E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 32**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,06E+12	J	2,67E+05	7	5,50E+17
2 Legumi	7,09E+12	J	1,75E+05	8	1,24E+18
3 Frutta	5,22E+13	J	4,82E+05	7	2,52E+19
4 Vegetali filamentososi	5,96E+11	J	7,38E+05	9	4,39E+17
5 Semi	2,19E+11	J	1,33E+06	7	2,91E+17
6 Spezie e tabacco	1,86E+10	J	1,75E+05	8	3,26E+15
7 Piante e fiori	4,59E+07	g	4,74E+09	10	2,18E+17
					2,79E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	1,92E+13	J	5,33E+06	8	1,02E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					1,02E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	3,07E+08	g	2,52E+09	13	7,74E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	1,55E+11	J	6,38E+06	3	9,89E+17
17 Industria vestiario e arredamento	9,10E+10	J	6,38E+06	3	5,81E+17
18 Industria legno e sughero	4,45E+09	g	6,79E+08	3	3,02E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,70E+12	J	3,61E+05	3	9,74E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	2,49E+08	g	1,13E+10	3	2,81E+18
23 Industria dei minerali	1,50E+07	g	1,68E+09	1	2,53E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	3,71E+09	g	6,42E+09	6	2,38E+19
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					3,30E+19
TOTALE EXPORT (E)					1,63E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 33

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Energia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	2,62E+16	J	1,00E+00	1	2,62E+16
2 Pioggia	4,66E+12	g	1,45E+05	1	6,76E+17
3 Vento	1,39E+13	J	2,45E+03	1	3,41E+16
4 Calore geotermico	6,95E+12	J	1,20E+04	1	8,34E+16
5 Erosione del suolo	2,80E+12	J	1,24E+05	3	3,47E+17
6 Fenomeni di subsidenza	1,09E+12	g	1,68E+09	1	1,82E+21
7 Consumi idrici	1,73E+11	g	1,95E+06	4	3,38E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	1,53E+14	J	8,11E+04	6	1,24E+19
10 Gasolio e Benzina	9,72E+13	J	1,11E+05	6	1,08E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	5,15E+14	J	9,12E+04	6	4,69E+19
12 Elettricità importata	2,78E+13	J	2,05E+05	5	5,70E+18
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

7,60E+17

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

1,31E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

6,34E+19

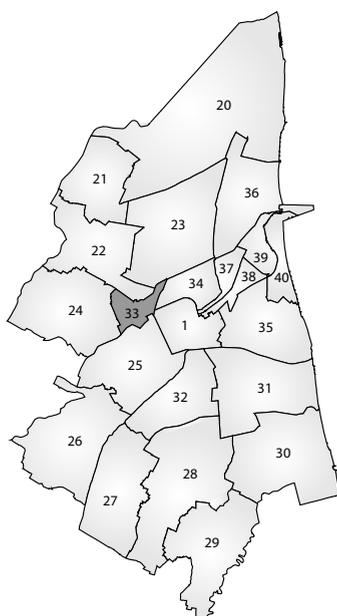




Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 33

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	9,07E+13	J	2,67E+05	7	2,42E+19
2 Legumi	4,35E+12	J	1,75E+05	8	7,61E+17
3 Frutta	1,32E+12	J	4,82E+05	7	6,35E+17
4 Vegetali filamentosi	2,91E+10	J	7,38E+05	9	2,15E+16
5 Semi	1,18E+13	J	1,33E+06	7	1,56E+19
6 Spezie e tabacco	5,17E+10	J	1,75E+05	8	9,05E+15
7 Piante e fiori	3,67E+08	g	4,74E+09	10	1,74E+18
					4,30E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	2,15E+10	J	5,33E+06	8	1,15E+17
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	5,18E+06	g	2,27E+08	11	1,18E+15
					1,16E+17
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,15E+10	g	2,52E+09	13	2,89E+19
14 Industria del tabacco	9,13E+04	g	1,75E+05	8	1,60E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	1,29E+12	J	6,38E+06	3	8,24E+18
17 Industria vestiario e arredamento	6,77E+11	J	6,38E+06	3	4,32E+18
18 Industria legno e sughero	0,00E+00	g	6,79E+08	3	0,00E+00
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	3,17E+09	J	3,61E+05	3	1,14E+15
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,21E+08	g	1,13E+10	3	9,28E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	6,68E+10	g	6,38E+08	15	4,26E+19
25 Industria della gomma	3,75E+08	g	6,42E+09	6	2,41E+18
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					9,57E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,39E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 33**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	5,56E+11	J	2,67E+05	7	1,48E+17
2 Legumi	1,91E+12	J	1,75E+05	8	3,35E+17
3 Frutta	8,65E+12	J	4,82E+05	7	4,17E+18
4 Vegetali filamentososi	1,61E+11	J	7,38E+05	9	1,19E+17
5 Semi	5,91E+10	J	1,33E+06	7	7,86E+16
6 Spezie e tabacco	5,03E+09	J	1,75E+05	8	8,81E+14
7 Piante e fiori	1,24E+07	g	4,74E+09	10	5,88E+16
					4,91E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	6,23E+11	J	5,33E+06	8	3,32E+18
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					3,32E+18
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	3,17E+09	g	1,68E+09	1	5,33E+18
					5,33E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	8,06E+07	g	2,52E+09	13	2,03E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	1,26E+11	J	6,38E+06	3	8,03E+17
17 Industria vestiario e arredamento	4,55E+11	J	6,38E+06	3	2,90E+18
18 Industria legno e sughero	0,00E+00	g	6,79E+08	3	0,00E+00
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,62E+12	J	3,61E+05	3	5,84E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	3,96E+08	g	1,13E+10	3	4,47E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	1,65E+09	g	6,38E+08	15	1,05E+18
25 Industria della gomma	1,22E+11	g	6,42E+09	6	7,86E+20
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					7,96E+20
TOTALE EXPORT (E)					8,09E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 34

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Energia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	3,88E+16	J	1,00E+00	1	3,88E+16
2 Pioggia	6,90E+12	g	1,45E+05	1	1,00E+18
3 Vento	2,06E+13	J	2,45E+03	1	5,05E+16
4 Calore geotermico	1,03E+13	J	1,20E+04	1	1,23E+17
5 Erosione del suolo	3,62E+12	J	1,24E+05	3	4,49E+17
6 Fenomeni di subsidenza	1,31E+12	g	1,68E+09	1	2,19E+21
7 Consumi idrici	4,83E+11	g	1,95E+06	4	9,42E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	4,27E+14	J	8,11E+04	6	3,46E+19
10 Gasolio e Benzina	2,70E+14	J	1,11E+05	6	3,00E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,80E+15	J	9,12E+04	6	1,64E+20
12 Elettricità importata	7,69E+13	J	2,05E+05	5	1,58E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

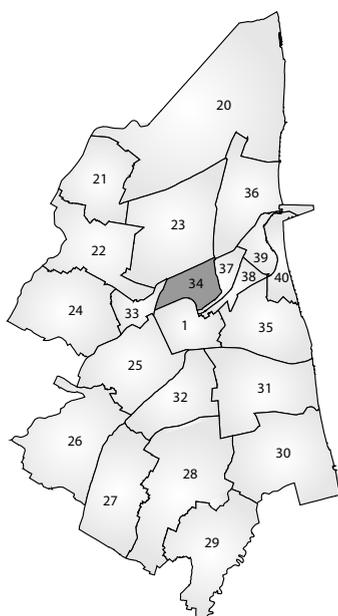
Totale (somma delle voci 2, 4) **1,12E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **3,60E+19**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **2,10E+20**



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 34**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,52E+14	J	2,67E+05	7	6,72E+19
2 Legumi	1,21E+13	J	1,75E+05	8	2,11E+18
3 Frutta	3,66E+12	J	4,82E+05	7	1,76E+18
4 Vegetali filamentosi	8,09E+10	J	7,38E+05	9	5,97E+16
5 Semi	3,27E+13	J	1,33E+06	7	4,34E+19
6 Spezie e tabacco	1,44E+11	J	1,75E+05	8	2,51E+16
7 Piante e fiori	1,02E+09	g	4,74E+09	10	4,84E+18
					1,19E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,44E+07	g	2,27E+08	11	3,26E+15
					3,26E+15
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	6,83E+10	g	1,68E+09	1	1,15E+20
					1,15E+20
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	9,34E+09	g	2,52E+09	13	2,35E+19
14 Industria del tabacco	2,53E+05	g	1,75E+05	8	4,44E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	8,94E+11	J	6,38E+06	3	5,71E+18
17 Industria vestiario e arredamento	6,10E+11	J	6,38E+06	3	3,89E+18
18 Industria legno e sughero	6,34E+09	g	6,79E+08	3	4,31E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	2,32E+10	J	3,61E+05	3	8,38E+15
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	2,55E+09	g	1,13E+10	3	2,89E+19
23 Industria dei minerali	5,36E+10	g	1,68E+09	1	9,01E+19
24 Industria chimica	2,34E+11	g	6,38E+08	15	1,49E+20
25 Industria della gomma	4,32E+08	g	6,42E+09	6	2,77E+18
26 Industrie manifatturiere varie	1,44E+08	g	5,81E+09	8	8,37E+17
					3,09E+20
TOTALE IMPORT (F2)					5,43E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 34**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	7,36E+11	J	2,67E+05	7	1,97E+17
2 Legumi	2,54E+12	J	1,75E+05	8	4,44E+17
3 Frutta	9,95E+11	J	4,82E+05	7	4,79E+17
4 Vegetali filamentososi	2,13E+11	J	7,38E+05	9	1,57E+17
5 Semi	7,83E+10	J	1,33E+06	7	1,04E+17
6 Spezie e tabacco	6,67E+09	J	1,75E+05	8	1,17E+15
7 Piante e fiori	1,64E+07	g	4,74E+09	10	7,79E+16
					1,46E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,04E+08	g	2,52E+09	13	2,63E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	8,72E+10	J	6,38E+06	3	5,56E+17
17 Industria vestiario e arredamento	4,10E+11	J	6,38E+06	3	2,61E+18
18 Industria legno e sughero	1,19E+10	g	6,79E+08	3	8,06E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,19E+13	J	3,61E+05	3	4,28E+18
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,23E+09	g	1,13E+10	3	1,39E+19
23 Industria dei minerali	8,34E+08	g	1,68E+09	1	1,40E+18
24 Industria chimica	5,77E+09	g	6,38E+08	15	3,68E+18
25 Industria della gomma	1,41E+11	g	6,42E+09	6	9,05E+20
26 Industrie manifatturiere varie	1,68E+08	g	5,81E+09	8	9,77E+17
					9,41E+20
TOTALE EXPORT (E)					9,42E+20





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 35

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,03E+17	J	1,00E+00	1	1,03E+17
2 Pioggia	1,84E+13	g	1,45E+05	1	2,66E+18
3 Vento	5,48E+13	J	2,45E+03	1	1,34E+17
4 Calore geotermico	2,74E+13	J	1,20E+04	1	3,28E+17
5 Erosione del suolo	1,16E+13	J	1,24E+05	3	1,44E+18
6 Fenomeni di subsidenza	4,86E+12	g	1,68E+09	1	8,16E+21
7 Consumi idrici	9,62E+11	g	1,95E+06	4	1,88E+18
8 Materiali da estrazione					1,65E+20
Sabbia e Ghiaia	9,80E+10	g	1,68E+09	1	1,65E+20
9 Gas naturale	6,38E+14	J	8,11E+04	6	5,18E+19
10 Gasolio e Benzina	7,16E+14	J	1,11E+05	6	7,95E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	3,11E+13	J	9,12E+04	6	2,83E+18
12 Elettricità importata	1,04E+14	J	2,05E+05	5	2,14E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4) **2,99E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **2,20E+20**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **1,04E+20**

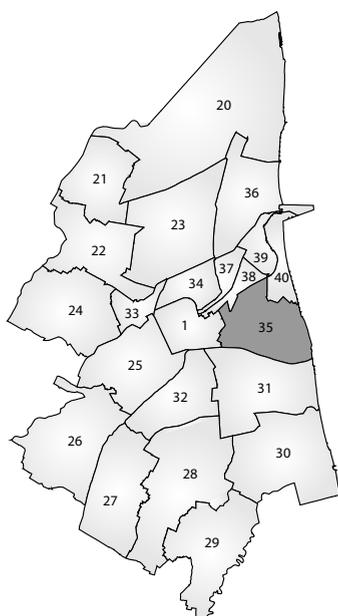




Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 35

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	6,68E+14	J	2,67E+05	7	1,78E+20
2 Legumi	3,20E+13	J	1,75E+05	8	5,60E+18
3 Frutta	9,71E+12	J	4,82E+05	7	4,68E+18
4 Vegetali filamentosì	2,15E+11	J	7,38E+05	9	1,58E+17
5 Semi	8,66E+13	J	1,33E+06	7	1,15E+20
6 Spezie e tabacco	3,81E+11	J	1,75E+05	8	6,66E+16
7 Piante e fiori	2,71E+09	g	4,74E+09	10	1,28E+19
					3,17E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	3,33E+12	J	5,33E+06	8	1,77E+19
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	3,81E+07	g	2,27E+08	11	8,66E+15
					1,77E+19
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,15E+10	g	2,52E+09	13	2,89E+19
14 Industria del tabacco	6,73E+05	g	1,75E+05	8	1,18E+11
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	6,77E+10	J	6,38E+06	3	4,32E+17
18 Industria legno e sughero	5,95E+08	g	6,79E+08	3	4,04E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	5,31E+08	g	1,13E+10	3	6,00E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	1,80E+08	g	5,81E+09	8	1,05E+18
					3,68E+19
TOTALE IMPORT (F2)					3,71E+20



Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 35

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,35E+12	J	2,67E+05	7	6,28E+17
2 Legumi	8,11E+12	J	1,75E+05	8	1,42E+18
3 Frutta	6,05E+12	J	4,82E+05	7	2,91E+18
4 Vegetali filamentosì	6,81E+11	J	7,38E+05	9	5,02E+17
5 Semi	2,50E+11	J	1,33E+06	7	3,33E+17
6 Spezie e tabacco	2,13E+10	J	1,75E+05	8	3,73E+15
7 Piante e fiori	5,25E+07	g	4,74E+09	10	2,49E+17
					6,05E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	9,64E+13	J	5,33E+06	8	5,14E+20
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	4,25E+05	g	2,27E+08	11	9,66E+13
					5,14E+20
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	3,33E+08	g	2,52E+09	13	8,39E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	4,55E+10	J	6,38E+06	3	2,90E+17
18 Industria legno e sughero	1,11E+09	g	6,79E+08	3	7,56E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	2,56E+08	g	1,13E+10	3	2,89E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	2,10E+08	g	5,81E+09	8	1,22E+18
					6,00E+18
TOTALE EXPORT (E)					5,26E+20



Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 36

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	9,89E+16	J	1,00E+00	1	9,89E+16
2 Pioggia	1,76E+13	g	1,45E+05	1	2,55E+18
3 Vento	5,26E+13	J	2,45E+03	1	1,29E+17
4 Calore geotermico	2,62E+13	J	1,20E+04	1	3,15E+17
5 Erosione del suolo	4,85E+10	J	1,24E+05	3	6,02E+15
6 Fenomeni di subsidenza	5,13E+12	g	1,68E+09	1	8,61E+21
7 Consumi idrici	3,06E+11	g	1,95E+06	4	5,97E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	2,07E+14	J	8,11E+04	6	1,68E+19
10 Gasolio e Benzina	2,24E+14	J	1,11E+05	6	2,49E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	9,17E+12	J	9,12E+04	6	8,37E+17
12 Elettricità importata	3,35E+13	J	2,05E+05	5	6,86E+18
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4) **2,87E+18**

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9) **1,74E+19**

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12) **3,26E+19**

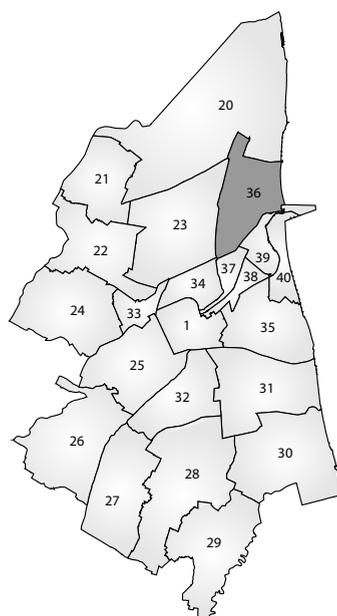


Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 36

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ^(*)	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,09E+14	J	2,67E+05	7	5,59E+19
2 Legumi	1,00E+13	J	1,75E+05	8	1,76E+18
3 Frutta	3,04E+12	J	4,82E+05	7	1,47E+18
4 Vegetali filamentosi	6,73E+10	J	7,38E+05	9	4,96E+16
5 Semi	2,72E+13	J	1,33E+06	7	3,61E+19
6 Spezie e tabacco	1,19E+11	J	1,75E+05	8	2,09E+16
7 Piante e fiori	8,48E+08	g	4,74E+09	10	4,02E+18
					9,93E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,20E+07	g	2,27E+08	11	2,71E+15
					2,71E+15
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	6,79E+09	g	2,52E+09	13	1,71E+19
14 Industria del tabacco	2,11E+05	g	1,75E+05	8	3,69E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	0,00E+00	g	6,79E+08	3	0,00E+00
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,06E+09	J	3,61E+05	3	3,81E+14
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	3,39E+08	g	1,13E+10	3	3,83E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					2,09E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,20E+20

**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 36**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	9,97E+09	J	2,67E+05	7	2,66E+15
2 Legumi	3,43E+10	J	1,75E+05	8	6,01E+15
3 Frutta	0,00E+00	J	4,82E+05	7	0,00E+00
4 Vegetali filamentosi	2,88E+09	J	7,38E+05	9	2,13E+15
5 Semi	1,06E+09	J	1,33E+06	7	1,41E+15
6 Spezie e tabacco	9,03E+07	J	1,75E+05	8	1,58E+13
7 Piante e fiori	2,22E+05	g	4,74E+09	10	1,05E+15
					1,33E+16
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	3,83E+06	g	2,27E+08	11	8,69E+14
					8,69E+14
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,40E+06	g	2,52E+09	13	3,52E+15
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	0,00E+00	g	6,79E+08	3	0,00E+00
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	5,39E+11	J	3,61E+05	3	1,95E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,63E+08	g	1,13E+10	3	1,85E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					2,05E+18
TOTALE EXPORT (E)					2,06E+18





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 37

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	2,00E+16	J	1,00E+00	1	2,00E+16
2 Pioggia	3,55E+12	g	1,45E+05	1	5,15E+17
3 Vento	1,06E+13	J	2,45E+03	1	2,60E+16
4 Calore geotermico	5,29E+12	J	1,20E+04	1	6,35E+16
5 Erosione del suolo	1,55E+10	J	1,24E+05	3	1,92E+15
6 Fenomeni di subsidenza	8,10E+11	g	1,68E+09	1	1,36E+21
7 Consumi idrici	8,67E+10	g	1,95E+06	4	1,69E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas consumo e produzione exp.	1,42E+16	J	8,11E+04	6	1,15E+21
10 Gasolio e Benzina	3,68E+13	J	1,11E+05	6	4,09E+18
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,10E+16	J	9,12E+04	6	1,92E+21
12 Elettricità importata	1,69E+13	J	2,05E+05	5	3,46E+18
13 Elettricità prodotta	1,44E+16	J	2,05E+05	5	2,94E+21

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

5,79E+17

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

1,15E+21

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

1,93E+21

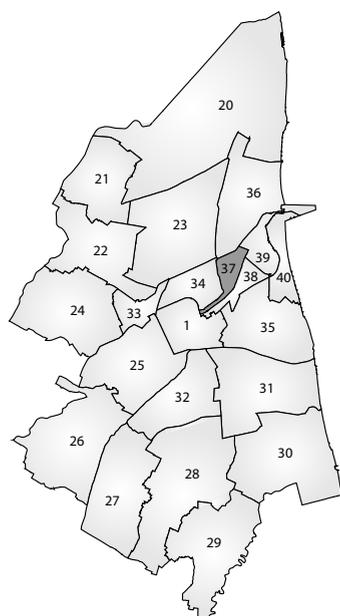




Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO **UE 37**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,43E+13	J	2,67E+05	7	9,17E+18
2 Legumi	1,65E+12	J	1,75E+05	8	2,88E+17
3 Frutta	4,99E+11	J	4,82E+05	7	2,41E+17
4 Vegetali filamentosi	1,10E+10	J	7,38E+05	9	8,14E+15
5 Semi	4,46E+12	J	1,33E+06	7	5,93E+18
6 Spezie e tabacco	1,96E+10	J	1,75E+05	8	3,43E+15
7 Piante e fiori	1,39E+08	g	4,74E+09	10	6,60E+17
					1,63E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	1,96E+06	g	2,27E+08	11	4,45E+14
					4,45E+14
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	1,61E+10	g	1,68E+09	1	2,70E+19
12 Minerali non metalliferi	1,85E+09	g	1,68E+09	1	3,10E+18
					3,01E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,27E+09	g	2,52E+09	13	3,21E+18
14 Industria del tabacco	3,46E+04	g	1,75E+05	8	6,05E+09
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	1,59E+09	g	6,79E+08	3	1,08E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	1,05E+12	g	5,81E+09	8	6,10E+21
22 Industria meccanica	4,22E+08	g	1,13E+10	3	4,77E+18
23 Industria dei minerali	1,45E+09	g	1,68E+09	1	2,43E+18
24 Industria chimica	2,75E+12	g	6,38E+08	15	1,76E+21
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					7,87E+21
TOTALE IMPORT (F2)					7,92E+21



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 37**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	3,18E+09	J	2,67E+05	7	8,49E+14
2 Legumi	1,09E+10	J	1,75E+05	8	1,92E+15
3 Frutta	0,00E+00	J	4,82E+05	7	0,00E+00
4 Vegetali filamentososi	9,19E+08	J	7,38E+05	9	6,78E+14
5 Semi	3,38E+08	J	1,33E+06	7	4,50E+14
6 Spezie e tabacco	2,88E+07	J	1,75E+05	8	5,04E+12
7 Piante e fiori	7,09E+04	g	4,74E+09	10	3,36E+14
					4,23E+15
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	4,25E+05	g	2,27E+08	11	9,66E+13
					9,66E+13
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	1,21E+09	g	1,68E+09	1	2,04E+18
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					2,04E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,45E+05	g	2,52E+09	13	1,12E+15
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	2,97E+09	g	6,79E+08	3	2,02E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	6,03E+08	g	5,81E+09	8	3,51E+18
22 Industria meccanica	2,03E+08	g	1,13E+10	3	2,30E+18
23 Industria dei minerali	2,25E+07	g	1,68E+09	1	3,79E+16
24 Industria chimica	6,80E+10	g	6,38E+08	15	4,34E+19
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					5,12E+19
TOTALE EXPORT (E)					5,33E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 38

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	1,94E+16	J	1,00E+00	1	1,94E+16
2 Pioggia	3,46E+12	g	1,45E+05	1	5,02E+17
3 Vento	1,03E+13	J	2,45E+03	1	2,53E+16
4 Calore geotermico	5,15E+12	J	1,20E+04	1	6,18E+16
5 Erosione del suolo	2,41E+11	J	1,24E+05	3	2,99E+16
6 Fenomeni di subsidenza	9,08E+11	g	1,68E+09	1	1,53E+21
7 Consumi idrici	9,95E+10	g	1,95E+06	4	1,94E+17
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	1,40E+14	J	8,11E+04	6	1,14E+19
10 Gasolio e Benzina	1,15E+13	J	1,11E+05	6	1,28E+18
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	1,28E+14	J	9,12E+04	6	1,17E+19
12 Elettricità importata	2,80E+13	J	2,05E+05	5	5,74E+18
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

5,63E+17

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

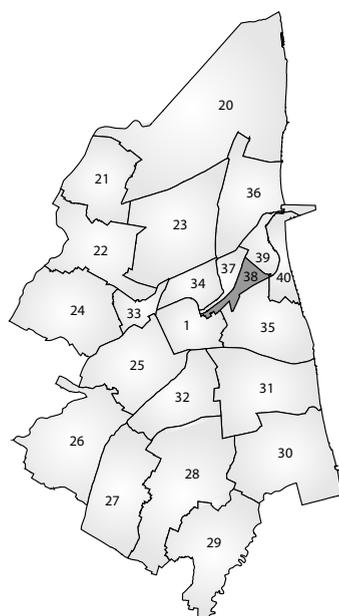
Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

1,16E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

1,87E+19



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 38**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	1,08E+13	J	2,67E+05	7	2,87E+18
2 Legumi	5,16E+11	J	1,75E+05	8	9,03E+16
3 Frutta	1,56E+11	J	4,82E+05	7	7,54E+16
4 Vegetali filamentosì	3,46E+09	J	7,38E+05	9	2,55E+15
5 Semi	1,40E+12	J	1,33E+06	7	1,86E+18
6 Spezie e tabacco	6,14E+09	J	1,75E+05	8	1,07E+15
7 Piante e fiori	4,36E+07	g	4,74E+09	10	2,07E+17
					5,11E+18
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	6,15E+05	g	2,27E+08	11	1,40E+14
					1,40E+14
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	2,65E+10	g	1,68E+09	1	4,45E+19
					4,45E+19
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	8,49E+08	g	2,52E+09	13	2,14E+18
14 Industria del tabacco	1,08E+04	g	1,75E+05	8	1,90E+09
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	7,45E+11	J	6,38E+06	3	4,76E+18
17 Industria vestiario e arredamento	2,03E+11	J	6,38E+06	3	1,30E+18
18 Industria legno e sughero	1,35E+10	g	6,79E+08	3	9,15E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	3,70E+09	J	3,61E+05	3	1,33E+15
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	1,86E+09	g	1,13E+10	3	2,10E+19
23 Industria dei minerali	2,08E+10	g	1,68E+09	1	3,49E+19
24 Industria chimica	1,67E+10	g	6,38E+08	15	1,07E+19
25 Industria della gomma	2,27E+07	g	6,42E+09	6	1,46E+17
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					8,40E+19
TOTALE IMPORT (F2)					1,34E+20



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 38**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	4,94E+10	J	2,67E+05	7	1,32E+16
2 Legumi	1,70E+11	J	1,75E+05	8	2,98E+16
3 Frutta	0,00E+00	J	4,82E+05	7	0,00E+00
4 Vegetali filamentososi	1,43E+10	J	7,38E+05	9	1,06E+16
5 Semi	5,26E+09	J	1,33E+06	7	6,99E+15
6 Spezie e tabacco	4,48E+08	J	1,75E+05	8	7,84E+13
7 Piante e fiori	1,10E+06	g	4,74E+09	10	5,23E+15
					6,59E+16
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	6,92E+06	g	2,52E+09	13	1,74E+16
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	7,26E+10	J	6,38E+06	3	4,63E+17
17 Industria vestiario e arredamento	1,37E+11	J	6,38E+06	3	8,71E+17
18 Industria legno e sughero	2,52E+10	g	6,79E+08	3	1,71E+19
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	1,89E+12	J	3,61E+05	3	6,82E+17
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,96E+08	g	1,13E+10	3	1,01E+19
23 Industria dei minerali	3,23E+08	g	1,68E+09	1	5,43E+17
24 Industria chimica	4,12E+08	g	6,38E+08	15	2,63E+17
25 Industria della gomma	7,42E+09	g	6,42E+09	6	4,76E+19
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					7,77E+19
TOTALE EXPORT (E)					7,78E+19





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 39

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	3,19E+16	J	1,00E+00	1	3,19E+16
2 Pioggia	5,67E+12	g	1,45E+05	1	8,22E+17
3 Vento	1,69E+13	J	2,45E+03	1	4,15E+16
4 Calore geotermico	8,45E+12	J	1,20E+04	1	1,01E+17
5 Erosione del suolo	5,98E+10	J	1,24E+05	3	7,41E+15
6 Fenomeni di subsidenza	1,49E+12	g	1,68E+09	1	2,51E+21
7 Consumi idrici	3,11E+10	g	1,95E+06	4	6,06E+16
8 Materiali da estrazione					0,00E+00
Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas consumo e produzione exp.	1,30E+16	J	8,11E+04	6	1,06E+21
10 Gasolio e Benzina	1,74E+12	J	1,11E+05	6	1,93E+17
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	7,06E+10	J	9,12E+04	6	6,43E+15
12 Elettricità importata	9,25E+12	J	2,05E+05	5	1,90E+18
13 Elettricità prodotta	1,32E+16	J	2,05E+05	5	2,71E+21

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

9,24E+17

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

1,06E+21

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

2,10E+18

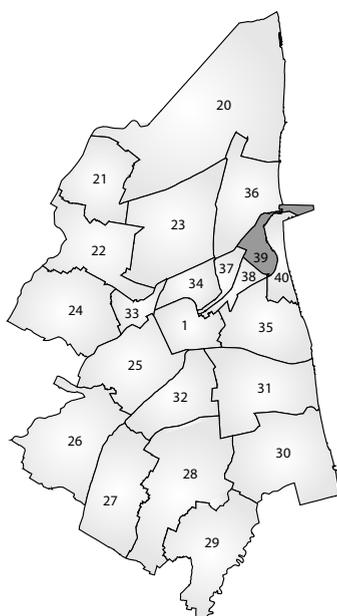




Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 39

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	1,62E+12	J	2,67E+05	7	4,33E+17
2 Legumi	7,77E+10	J	1,75E+05	8	1,36E+16
3 Frutta	2,36E+10	J	4,82E+05	7	1,14E+16
4 Vegetali filamentosì	5,21E+08	J	7,38E+05	9	3,84E+14
5 Semi	2,10E+11	J	1,33E+06	7	2,80E+17
6 Spezie e tabacco	9,25E+08	J	1,75E+05	8	1,62E+14
7 Piante e fiori	6,57E+06	g	4,74E+09	10	3,12E+16
					7,69E+17
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	9,26E+04	g	2,27E+08	11	2,10E+13
					2,10E+13
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	0,00E+00	g	2,52E+09	13	0,00E+00
14 Industria del tabacco	1,63E+03	g	1,75E+05	8	2,86E+08
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	0,00E+00	g	6,79E+08	3	0,00E+00
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	8,17E+08	g	1,13E+10	3	9,24E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					9,24E+18
TOTALE IMPORT (F2)					1,00E+19



**Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 39**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	1,23E+10	J	2,67E+05	7	3,28E+15
2 Legumi	4,23E+10	J	1,75E+05	8	7,40E+15
3 Frutta	0,00E+00	J	4,82E+05	7	0,00E+00
4 Vegetali filamentososi	3,55E+09	J	7,38E+05	9	2,62E+15
5 Semi	1,31E+09	J	1,33E+06	7	1,74E+15
6 Spezie e tabacco	1,11E+08	J	1,75E+05	8	1,95E+13
7 Piante e fiori	2,74E+05	g	4,74E+09	10	1,30E+15
					1,64E+16
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	0,00E+00	g	2,27E+08	11	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,72E+06	g	2,52E+09	13	4,33E+15
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	0,00E+00	g	6,79E+08	3	0,00E+00
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	3,94E+08	g	1,13E+10	3	4,45E+18
23 Industria dei minerali	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	0,00E+00	g	6,42E+09	6	0,00E+00
26 Industrie manifatturiere varie	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
					4,46E+18
TOTALE EXPORT (E)					4,47E+18





Tabella A VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE RISORSE UTILIZZATE PER IL DISTRETTO UE 40

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf.(*)	Emergia Solare (sej/anno)
1 Energia solare	3,40E+16	J	1,00E+00	1	3,40E+16
2 Pioggia	6,04E+12	g	1,45E+05	1	8,76E+17
3 Vento	1,80E+13	J	2,45E+03	1	4,42E+16
4 Calore geotermico	9,00E+12	J	1,20E+04	1	1,08E+17
5 Erosione del suolo	1,45E+12	J	1,24E+05	3	1,80E+17
6 Fenomeni di subsidenza	1,60E+12	g	1,68E+09	1	2,69E+21
7 Consumi idrici	7,96E+11	g	1,95E+06	4	1,55E+18
8 Materiali da estrazione Sabbia e Ghiaia	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
9 Gas naturale	5,37E+14	J	8,11E+04	6	4,35E+19
10 Gasolio e Benzina	5,86E+14	J	1,11E+05	6	6,50E+19
11 Olio Comb. Lubrificanti e GPL	2,41E+13	J	9,12E+04	6	2,20E+18
12 Elettricità importata	8,67E+13	J	2,05E+05	5	1,78E+19
13 Elettricità prodotta	0,00E+00	J	2,05E+05	5	0,00E+00

FONTI DI ENERGIA LOCALE RINNOVABILE (R)

Totale (somma delle voci 2, 4)

9,84E+17

FONTI DI ENERGIA LOCALE NON RINNOVABILE (N)

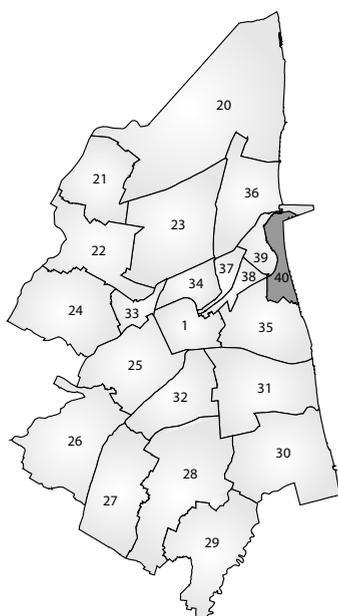
Totale (somma delle voci 5,7,8 e 9)

4,53E+19

RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F1)

Totale (somma delle voci 10, 11 e 12)

8,50E+19



**Tabella B VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE IMPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 40**

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	5,46E+14	J	2,67E+05	7	1,46E+20
2 Legumi	2,62E+13	J	1,75E+05	8	4,58E+18
3 Frutta	7,94E+12	J	4,82E+05	7	3,83E+18
4 Vegetali filamentosì	1,76E+11	J	7,38E+05	9	1,30E+17
5 Semi	7,09E+13	J	1,33E+06	7	9,43E+19
6 Spezie e tabacco	3,12E+11	J	1,75E+05	8	5,45E+16
7 Piante e fiori	2,21E+09	g	4,74E+09	10	1,05E+19
					2,59E+20
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	3,12E+07	g	2,27E+08	11	7,09E+15
					7,09E+15
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	1,23E+09	g	1,68E+09	1	2,07E+18
					2,07E+18
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	1,95E+10	g	2,52E+09	13	4,92E+19
14 Industria del tabacco	5,50E+05	g	1,75E+05	8	9,63E+10
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamento	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	7,93E+08	g	6,79E+08	3	5,38E+17
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	5,42E+08	g	1,13E+10	3	6,13E+18
23 Industria dei minerali	9,66E+08	g	1,68E+09	1	1,62E+18
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	1,14E+07	g	6,42E+09	6	7,30E+16
26 Industrie manifatturiere varie	3,60E+07	g	5,81E+09	8	2,09E+17
					5,78E+19
TOTALE IMPORT (F2)					3,19E+20



Tabella C VALUTAZIONE DELL'EMERGIA DELLE ESPORTAZIONI PER IL DISTRETTO UE 40

Input	Quantità annua	Unità di mis.	Solar Transformity (sej/unità)	Rif. per Transf. ⁽¹⁾	Emergia Solare (sej/anno)
AGRICOLTURA					
1 Cereali	2,98E+11	J	2,67E+05	7	7,96E+16
2 Legumi	1,03E+12	J	1,75E+05	8	1,80E+17
3 Frutta	0,00E+00	J	4,82E+05	7	0,00E+00
4 Vegetali filamentososi	8,62E+10	J	7,38E+05	9	6,36E+16
5 Semi	3,17E+10	J	1,33E+06	7	4,22E+16
6 Spezie e tabacco	2,70E+09	J	1,75E+05	8	4,72E+14
7 Piante e fiori	6,65E+06	g	4,74E+09	10	3,15E+16
					3,97E+17
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA					
8 Allevamenti zootecnici	0,00E+00	J	5,33E+06	8	0,00E+00
9 Silvicultura	0,00E+00	g	1,68E+08	3	0,00E+00
10 Pesca e caccia	2,59E+07	g	2,27E+08	11	5,89E+15
					5,89E+15
INDUSTRIA ESTRATTIVA					
11 Minerali metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
12 Minerali non metalliferi	0,00E+00	g	1,68E+09	1	0,00E+00
					0,00E+00
INDUSTRIA MANIFATTURIERA					
13 Industria alimentare	4,18E+07	g	2,52E+09	13	1,05E+17
14 Industria del tabacco	0,00E+00	g	1,75E+05	8	0,00E+00
15 Industria delle pelli e del cuoio	0,00E+00	J	1,44E+07	14	0,00E+00
16 Industrie tessili	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
17 Industria vestiario e arredamentc	0,00E+00	J	6,38E+06	3	0,00E+00
18 Industria legno e sughero	1,48E+09	g	6,79E+08	3	1,01E+18
19 Industria della carta	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
20 Industria grafica	0,00E+00	J	3,61E+05	3	0,00E+00
21 Industria metallurgica	0,00E+00	g	5,81E+09	8	0,00E+00
22 Industria meccanica	2,62E+08	g	1,13E+10	3	2,96E+18
23 Industria dei minerali	1,50E+07	g	1,68E+09	1	2,53E+16
24 Industria chimica	0,00E+00	g	6,38E+08	15	0,00E+00
25 Industria della gomma	3,71E+09	g	6,42E+09	6	2,38E+19
26 Industrie manifatturiere varie	4,21E+07	g	5,81E+09	8	2,44E+17
					2,82E+19
TOTALE EXPORT (E)					2,86E+19



Risultati: i flussi energetici

Conosciamo, a questo punto, i valori grezzi – espressi in equivalenti di energia solare – di tutti gli input che il territorio ravennate (considerato qui in stato stazionario, rispetto allo svolgimento di un ciclo di vita annuale) assorbe per mantenere il suo livello di organizzazione e per esprimere i suoi output, noti anch'essi in quantità energetiche.

Per ottenere una migliore visibilità dei risultati, le risorse vengono raggruppate in quattro categorie principali, secondo lo standard procedurale dell'analisi energetica:

- Risorse locali rinnovabili (R)
- Risorse locali non rinnovabili (N)
- Risorse importate (energetiche) (F1)
- Risorse importate (beni e servizi) (F2)

Come nel paragrafo precedente vengono prima esposti i risultati relativi all'intero territorio del Comune di Ravenna, poi nello specifico di ognuna delle 22 Unità Elementari (UE) individuate. I risultati ottenuti su ciascun ambito, riportati in tabelle di sintesi, permettono in seguito di costruire le cosiddette "mappe di sostenibilità" che descrivono la *geografia* dei flussi energetici, ovvero specificano la distribuzione dei flussi all'interno del sistema.

A fianco dei valori ottenuti, considerati lo scenario di riferimento, viene in questa sede proposto anche un confronto con uno *scenario di contabilità alternativo*: si è tentato infatti di verificare il peso che assume il fenomeno della *subsidenza*, la cui entità è nota con precisione, tanto per il valore complessivo comunale, quanto in ciascuna UE. Lo scenario alternativo ripercorre tutti i calcoli già descritti, considerando però la perdita di forma del suolo legata alla subsidenza sullo stesso piano della perdita di suolo, applicando quindi le trasformazioni della perdita di suolo alla perdita *di forma* del suolo.

Si è, in realtà, operata una riduzione di complessità decisamente radicale: la subsidenza ha un significato che è fortemente legato alla *posizione* di partenza. Come già ricordato nel capitolo introduttivo dedicato agli *storages*, mentre una perdita di quota di un millimetro all'anno può essere addirittura indifferente se ci troviamo a 2000 metri slm, lo stesso millimetro può avere effetti drammatici sull'ecosistema come sul sistema urbano se, come sulla costa ravennate, ci troviamo nei pressi di una soglia critica, ovvero del livello del mare.

A differenza di un'analisi dei costi diretti, che della subsidenza dovrebbe farsi carico di sommare tutti gli esiti negativi, vuoi su base monetaria, vuoi su basi più estese, ciò che qui abbiamo fatto è stato quello di mettere in conto il *valore intrinseco standard* che l'analisi energetica riconosce al suolo. Senza dunque avere la pretesa di fornire un valore in qualche modo "oggettivo", riteniamo che il confronto con lo scenario di riferimento possa essere utile per cogliere l'ordine di dimensioni nel quale inquadrare questo fenomeno complesso.



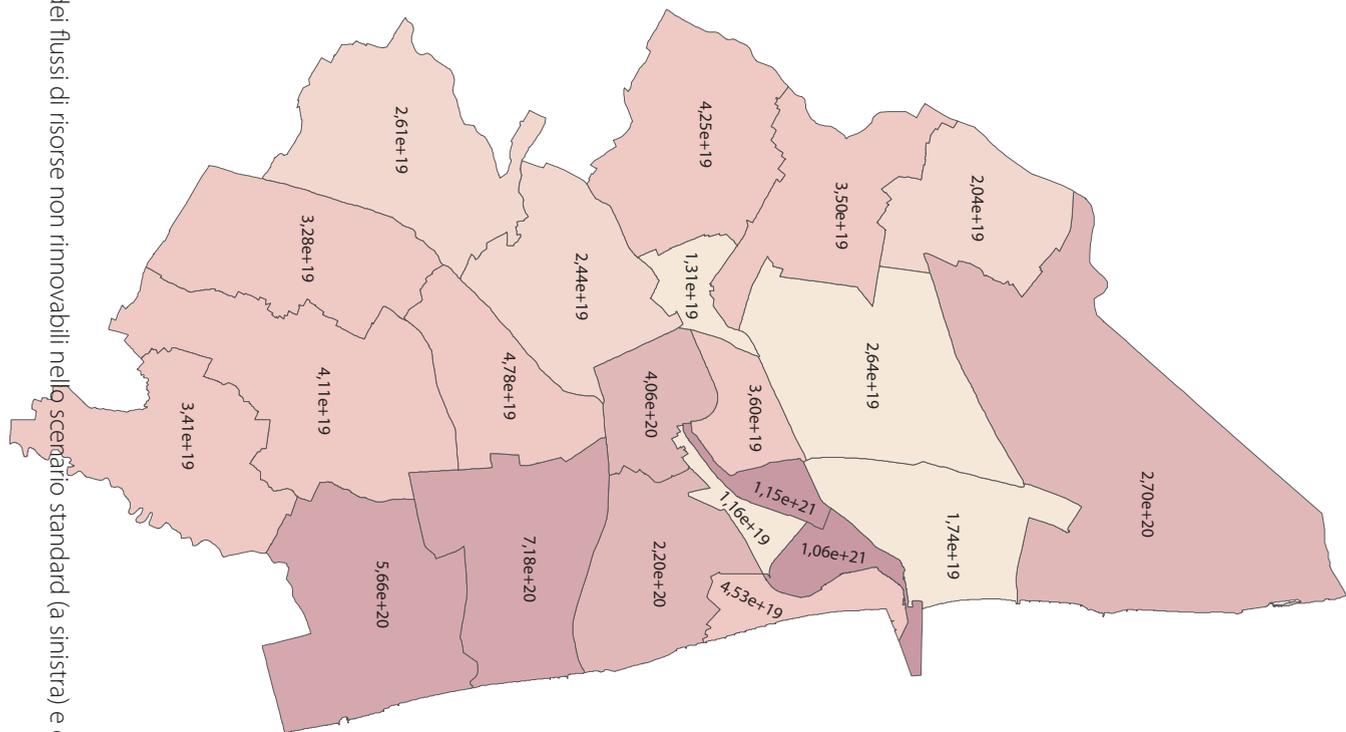
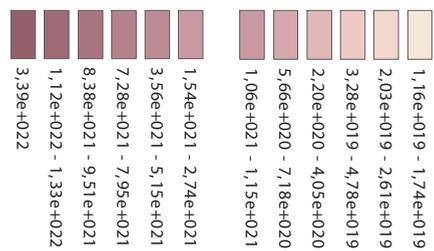


Figura 1: calcolo dei flussi di risorse non rinnovabili nello scenario standard (a sinistra) e contabilizzando la subsidenza

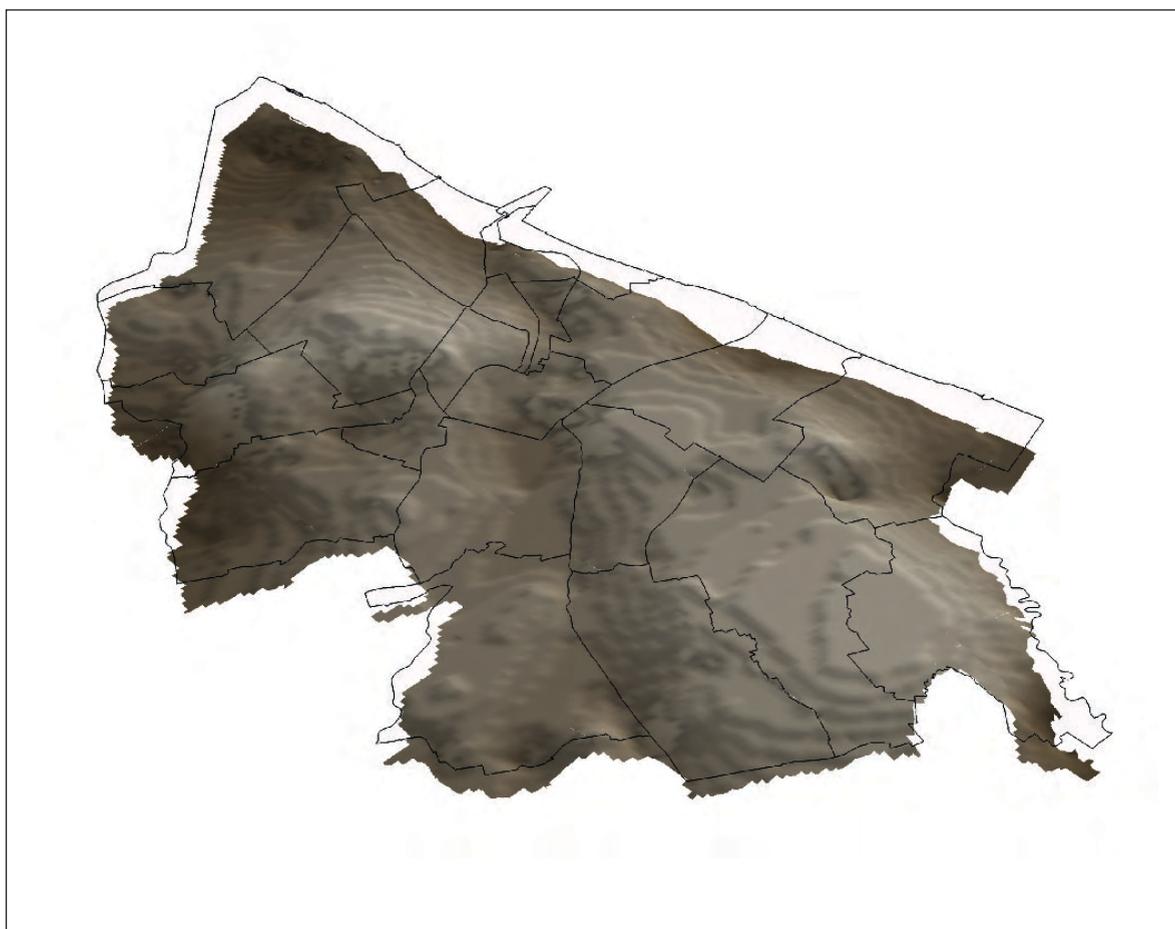


Figura 2: rappresentazione tridimensionale delle velocità di subsidenza annuale. Le altezze corrispondono ai valori annuali, moltiplicati per dieci milioni di volte. Come a dire che, mantenendo – *ceteris paribus* – le velocità attuali, questo sarebbe l'aspetto di Ravenna tra dieci milioni di anni.

Con tutti i distinguo proposti, si giunge tuttavia a un risultato di un certo interesse: i valori delle risorse non rinnovabili, indicate in tabella come N, salgono di due ordini di grandezza. Come dire che l'impatto della subsidenza sull'ambiente di ravenna è pari a cento volte quello del, pur cospicuo, utilizzo diretto delle risorse non rinnovabili estratte localmente.

Un altro valore "fuori scala", che – come per la subsidenza – avrebbe reso inintelligibili i valori correnti, è quello relativo ai flussi di imbarco-sbarco merci del porto, che per questo motivo sono stati trattati separatamente dal contesto, in un paragrafo *ad hoc*.

L'attività portuale rende l'area del porto (e le connessioni stradali e ferroviarie che vi convergono) un *gateway*, ovvero un nodo di contatto fra la rete locale, che fornisce dirigenza, manodopera e spazi fisici in cambio di flussi monetari, e la rete regionale, che può in questo modo fruire del servizio. Proprio il fatto che i valori di flusso relativi al porto siano in grado di sovrastare quantitativamente lo scenario locale mostra quanto questo tema possa essere rilevante, sotto il profilo della sostenibilità. Non c'è dubbio che l'interesse regionale vada tutto nella direzione di una *massima potenza* (alla Lotka, per intenderci) dell'infrastruttura: l'interlocutore regionale non risente infatti direttamente dei fattori limitanti





locali. Alla pianificazione comunale spetta allora il compito di trovare un equilibrio ben temperato fra le esigenze regionali e i limiti derivanti dall'ambiente locale: l'indicazione sarà quindi – in generale – quella di favorire uno sviluppo in termini di efficienza, diversificazione e gestione di carichi con più alte densità di valore (di *em-power* alla Odum), piuttosto che una crescita quantitativa, basata su ulteriori incrementi dei flussi circolanti.

Prima di proporre ulteriori considerazioni è tuttavia necessario iniziare a prendere confidenza con tutti i valori energetici in campo: per questo motivo vengono proposte, di seguito, una serie di schede analitiche relative ai dati energetici (riordinati secondo i criteri esposti sopra) e agli indicatori di sostenibilità.

Tutti i risultati saranno in seguito discussi sulla base delle mappe sinottiche, alle quali può essere opportuno passare direttamente, ove non si desideri entrare nel merito specifico dei valori dei singoli comparti.

Il Comune di Ravenna

Il territorio del Comune di Ravenna è alimentato da un flusso totale di energia pari a $2,80 \times 10^{22}$ sej/anno, dovuto a risorse locali e provenienti dall'esterno, siano esse di natura rinnovabile o non rinnovabile.

Nella tabella 1 si riportano i risultati ottenuti per i valori di flusso e per gli indicatori nei due scenari (con e senza il computo della subsidenza) estesi a tutto il territorio comunale.

Nel grafico 1 si mostra in quali percentuali il sistema attinga alle risorse, classificate come di consueto in rinnovabili R, non rinnovabili locali N, risorse energetiche importate F₁, quantità di beni importati F₂, quantità di beni esportati E.

Il Comune di Ravenna utilizza risorse locali in una percentuale poco al di sopra del 17% del totale. Il rapporto fra le risorse esportate E e la somma degli import è sufficiente a comprendere, fin d'ora, che l'83% dei flussi registrati in entrata è in realtà determinato dalle attività industriali di trasformazione, manifatturiere e di servizi di rango sovralocale, cioè non direttamente ascrivibili al bacino d'utenza comunale.

Il grafico 2 descrive in dettaglio le voci della Tabella A, scorpendo per tipologie merceologiche i flussi energetici relativi alle risorse utilizzate nel Comune di Ravenna (R, N e F₁). Vale la pena di notare che, con una rapida verifica sulle serie storiche, è stato possibile rilevare che la riconversione delle tre principali linee temoelettriche del comune, da olio combustibile a metano, coincide con una diminuzione di $5,4 \cdot 10^{21}$ sej nell'utilizzo di F₁, ovvero nelle importazioni di olio combustibile, lubrificanti e GPL, oggi in gran parte assorbite dal comparto industriale.





COMUNE DI RAVENNA	Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	Scenario 2 SUBSIDENZA
-------------------	--------------	-------------	------------	-----------------------

Flussi di Energia

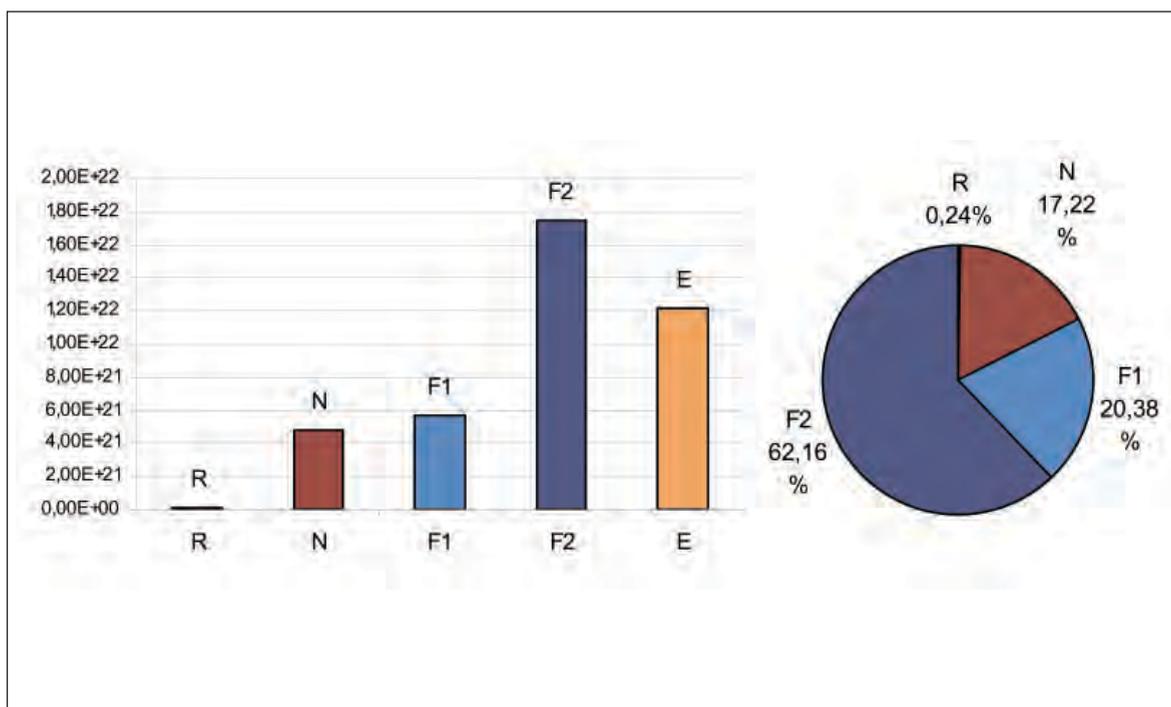
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R	6,84E+19	6,84E+19
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N	4,83E+21	1,78E+23
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R	4,90E+21	1,78E+23
Riserve di energia importate	sej/anno	F1	5,71E+21	5,71E+21
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2	1,74E+22	1,74E+22
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2	2,31E+22	2,31E+22
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F	2,80E+22	2,01E+23
Frazione di energia da fonti locali		L / U	17%	88%
Energia Esportata	sej/anno	E	1,21E+22	1,21E+22
Energia Esportata / Energia Importata		E / F	0,52	0,52

Indici

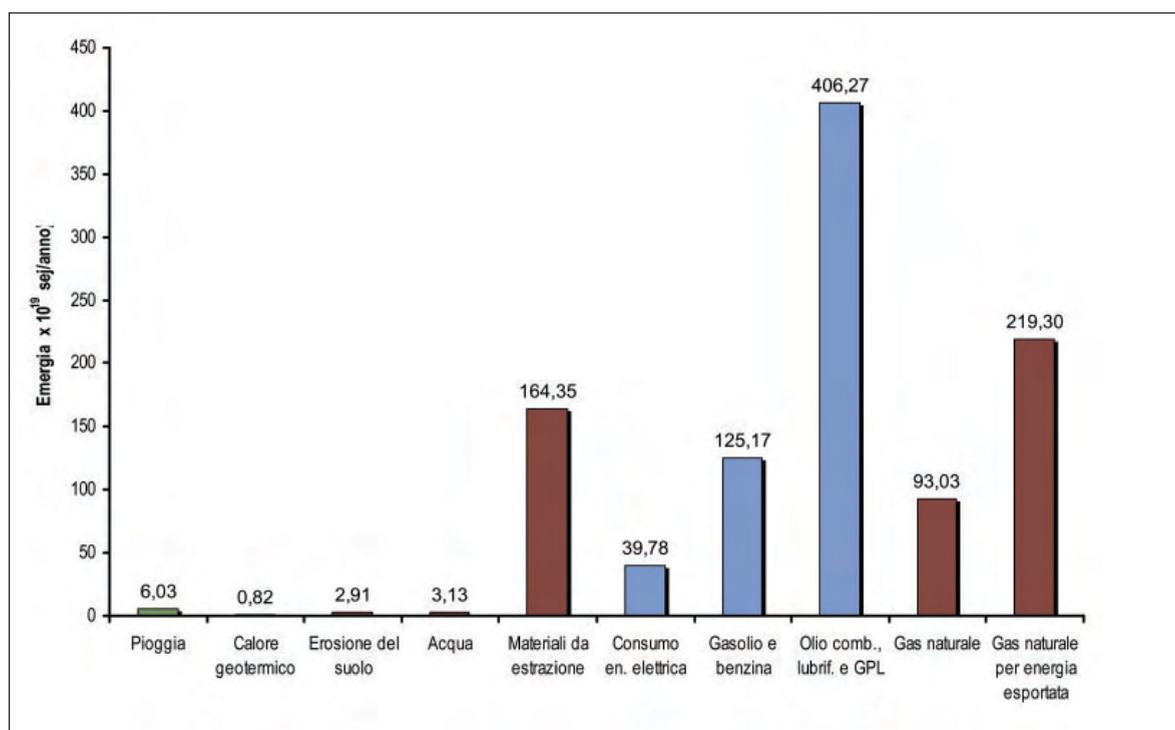
Area	m ²		6,54E+08	6,54E+08
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area	4,28E+13	3,07E+14
Popolazione			1,43E+05	1,43E+05
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.	1,96E+17	1,41E+18
Densità di popolazione	ab/km2		2,18E+02	2,18E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R	408,61	—

Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)	4,73	0,13
Rendimento Energetico		U / F	1,21	8,69

Ravenna, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari nel Comune di Ravenna



Ravenna, grafico 1: distribuzione delle risorse nel Comune di Ravenna. Percentuale rispetto al flusso totale.



Ravenna, grafico 2: Dettaglio dei flussi di energia, risorse utilizzate, rilevati nel Comune di Ravenna.

Il porto di Ravenna

Nella tabella 1 qui a fianco sono riportati in sintesi i valori rilevati per il porto di Ravenna. Le quantità di massa riportate per gli sbarchi e gli imbarchi sono espresse in solar energy joule per il tramite delle medesime transformity applicate alle categorie merceologiche nelle tabelle di import-export. Il dato è significativo per valutare le dimensioni dei flussi di massa ed energia che transitano per il porto. Un ordine di dimensione separa tra loro gli imbarchi e gli sbarchi, mentre questi ultimi hanno un peso quasi doppio, rispetto ai $2,80 \times 10^{22}$ sej/anno espressi dall'intero territorio comunale. Se teniamo presente il fatto che tale valore comprende tutte le attività industriali e manifatturiere, la produzione di energia, oltre ai consumi delle famiglie ecc., ci si può rendere conto dell'enorme valore delle merci movimentate, che vanno a rifornire – come si notava in apertura di paragrafo – un bacino regionale certamente più ampio della stessa Regione Emilia-Romagna.

La presenza di concentrazioni di energia più alte di quelle espresse del metabolismo locale determina, in generale, delle condizioni di stress per gli organismi. Qualsiasi risorsa che converge su un ecosistema può avere degli effetti positivi, ma superate determinate soglie diventa tossica e, quindi, fattore limitante.

Il punto esatto di mutamento degli effetti non è probabilmente determinabile in forma univoca, come non esiste un luogo ottimale di equilibrio – conoscibile a priori – nella interazione complessa fra porto, città e territorio. In ogni modo i valori di soglia sono legati alle tipologie dei materiali, all'efficienza della logistica, alle condizioni generali del mercato





PORTO DI RAVENNA 2002		SBARCHI	conv.	Trasform.	Emergy	IMBARCHI	conv.	Trasform.	Emergy
AGRICOLTURA									
		(t)	(J o g*)	(sej/unità)	(sej/anno)	(t)	(J o g*)	(sej/unità)	(sej/anno)
1	Cereali	6,26E+05	8,64E+15	2,67E+05	2,31E+21	6,59E+03	9,11E+13	2,67E+05	2,43E+19
2	Legumi	3,20E+03	4,69E+12	1,75E+05	8,20E+17	0,00E+00	0,00E+00	1,75E+05	0,00E+00
3	Frutta e ortaggi	5,96E+04	4,04E+14	4,82E+05	1,95E+20	4,70E+02	3,19E+12	4,82E+05	1,54E+18
4	Vegetali filamentosi	9,46E+02	1,89E+12	7,38E+05	1,40E+18	0,00E+00	0,00E+00	7,38E+05	0,00E+00
5	Semi	1,25E+05	2,51E+14	1,33E+06	3,33E+20	1,40E+03	2,80E+12	1,33E+06	3,73E+18
6	Spezie e tabacco	0,00E+00	0,00E+00	1,75E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,75E+05	0,00E+00
7	Piante e fiori (*)	0,00E+00	0,00E+00	4,74E+09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,74E+09	0,00E+00
	TOT AGRICOLTURA	8,15E+05			2,84E+21	8,47E+03			2,96E+19
ALLEVAMENTO, CACCIA E PESCA									
8	Allevamenti zootecnici	0,00E+00	0,00E+00	5,33E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,33E+06	0,00E+00
9	Silvicoltura (*)	0,00E+00	0,00E+00	1,68E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,68E+08	0,00E+00
10	Pesca e caccia (*)	0,00E+00	0,00E+00	2,27E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,27E+08	0,00E+00
INDUSTRIA ESTRATTIVA									
11	Minerali metalliferi (*)	2,42E+04	2,42E+10	1,68E+09	4,06E+19	0,00E+00	0,00E+00	1,68E+09	0,00E+00
12	Minerali non metalliferi (*)	4,07E+06	4,07E+12	1,68E+09	6,84E+21	2,34E+05	2,34E+11	1,68E+09	3,93E+20
INDUSTRIA MANIFATTURIERA									
13	Industria alimentare (*)	2,24E+06	2,24E+12	2,52E+09	5,65E+21	3,93E+05	3,93E+11	2,52E+09	9,89E+20
14	Industria del tabacco	0,00E+00	0,00E+00	1,75E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,75E+05	0,00E+00
15	Ind. delle pelli e del cuoio	0,00E+00	0,00E+00	1,44E+07	0,00E+00	1,33E+02	0,00E+00	1,44E+07	0,00E+00
16	Ind. abbigliamento e tessile	2,24E+04	2,34E+14	6,38E+06	1,50E+21	9,26E+02	9,69E+12	6,38E+06	6,18E+19
17	Industria legno e sughero (*)	9,86E+04	9,86E+10	6,79E+08	6,69E+19	3,32E+03	3,32E+09	6,79E+08	2,25E+18
18	Industria della carta	4,20E+02	6,15E+12	3,61E+05	2,22E+18	8,07E+03	1,18E+14	3,61E+05	4,27E+19
19	Industria grafica	0,00E+00	0,00E+00	3,61E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,61E+05	0,00E+00
20	Industria metallurgica (*)	1,94E+06	1,94E+12	5,81E+09	1,13E+22	2,30E+04	2,30E+10	5,81E+09	1,33E+20
21	Industria meccanica (*)	3,83E+04	3,83E+10	1,13E+10	4,33E+20	6,34E+04	6,34E+10	1,13E+10	7,16E+20
22	Industria dei minerali (*)	0,00E+00	0,00E+00	1,68E+09	0,00E+00	4,50E+01	4,50E+07	1,68E+09	7,56E+16
23	Industria chimica (*)	2,35E+06	2,35E+12	6,38E+08	1,50E+21	3,71E+05	3,71E+11	6,38E+08	2,37E+20
24	Industria della gomma (*)	5,48E+03	5,48E+09	6,42E+09	3,52E+19	4,64E+03	4,64E+09	6,42E+09	2,98E+19
25	Ind. manifatturiere varie (*)	1,30E+04	1,30E+10	5,81E+09	7,55E+19	2,95E+05	2,95E+11	5,81E+09	1,71E+21
26	Benzina e gasolio	1,04E+06	4,67E+16	1,11E+05	5,18E+21	7,80E+03	3,49E+14	1,11E+05	3,88E+19
27	Olio comb. e lubrificanti	2,85E+06	1,15E+17	9,12E+04	1,05E+22	5,71E+04	2,29E+15	9,12E+04	2,09E+20
	TOT				4,59E+22			TOT	4,60E+21

Porto, tabella 1: valori energetici dei flussi in transito nel porto di Ravenna, espressi in sej/anno.

e dell'economia; quello che conviene rimarcare è la necessità di mantenere un equilibrio, che non può che essere un equilibrio dinamico, rispetto a un conflitto fra interessi regionali e criticità locali.

Se è certamente vero che il trasporto navale presenta dei notevoli vantaggi, sia in termini di consumi assoluti, sia in termini di scarico delle congestionate reti di terra, rispetto ai trasporti su gomma e ferro, è altrettanto vero che – proprio nell'intorno più prossimo delle rotture di carico e dei luoghi dell'intermodalità – questi vantaggi generali vengono in un certo senso "fatti scontare" localmente.

La comunità ravennate, merita ricordarlo, riceve dalle attività portuali dei *feedback* di alta qualità, in termini di benessere economico e posti di lavoro: viene quindi a essere un tema squisitamente politico quello della ricerca dell'equilibrio fra vantaggi economici consentiti a un vasto insieme di soggetti (lavoratori, imprese, enti di gestione ecc.) e le contro-partite ambientali da scontare. Al di là del rispetto delle soglie previste dalle normative sanitarie e ambientali si apre sempre, conviene ripeterlo, lo spazio dell'intelligenza politica, delle strategie in senso ampio.





Unità elementari

Nelle schede delle pagine seguenti vengono presentati, caso per caso, i risultati ottenuti per le 22 unità elementari (UE). Nella lettura dei dati conviene considerare il fatto che alcune variabili principali influenzano in modo determinante i valori di flusso: la densità di popolazione incide sui consumi energetici, idrici e alimentari; le attività produttive incidono nuovamente sull'energia e sui beni in ragione dei flussi di merci; la localizzazione delle cave attive incide sulla attribuzione dei flussi delle risorse non rinnovabili locali, legati alle attività estrattive; le superfici agricole e le aree boschive o naturali incidono sulla base della disponibilità di suolo fertile e biologicamente produttivo, nonché sui flussi che interessano i settori legati all'agricoltura.

I valori più alti di emergenza totale spesa dal sistema sono indicativi di un'area più dinamica, interessata da intensi consumi e processi di trasformazione delle risorse (è il caso evidente dei distretti UE1 e UE37).

Gli alti valori delle risorse non rinnovabili locali nei distretti UE37 e UE39 sono legati ai consumi di gas naturale per la produzione di energia elettrica nelle due centrali termoelettriche (avendo assunto che il combustibile sia estratto localmente). Altro fattore significativo è la presenza delle attività di cava (sabbia e ghiaia) riscontrabile nelle UE30 e UE31 e, in misura minore, nelle UE20 e UE35. Nei distretti ad alta densità di popolazione, gli altri valori di flusso di risorse locali non rinnovabili sono connessi agli alti consumi di gas naturale e risorse idriche per usi civili e industriali (è il caso delle UE1, 32, 35 e 40).

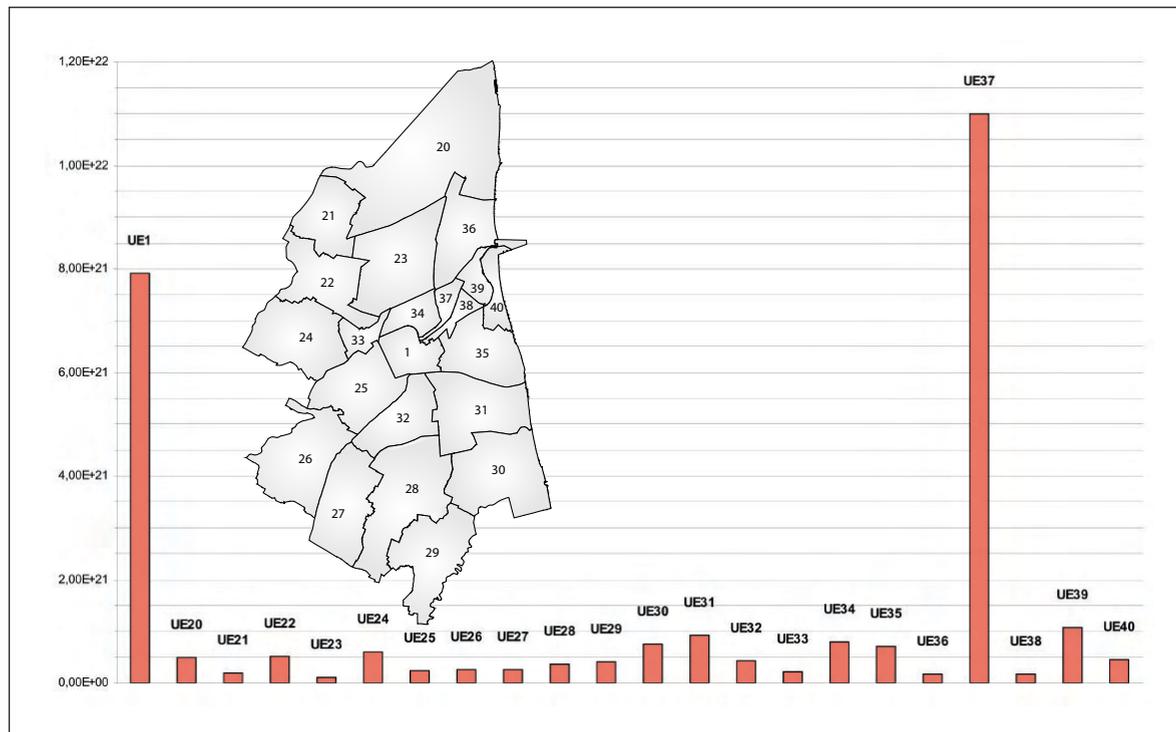


Figura 3: confronto dei valori totali dei flussi energetici riscontrati nelle 22 UE.



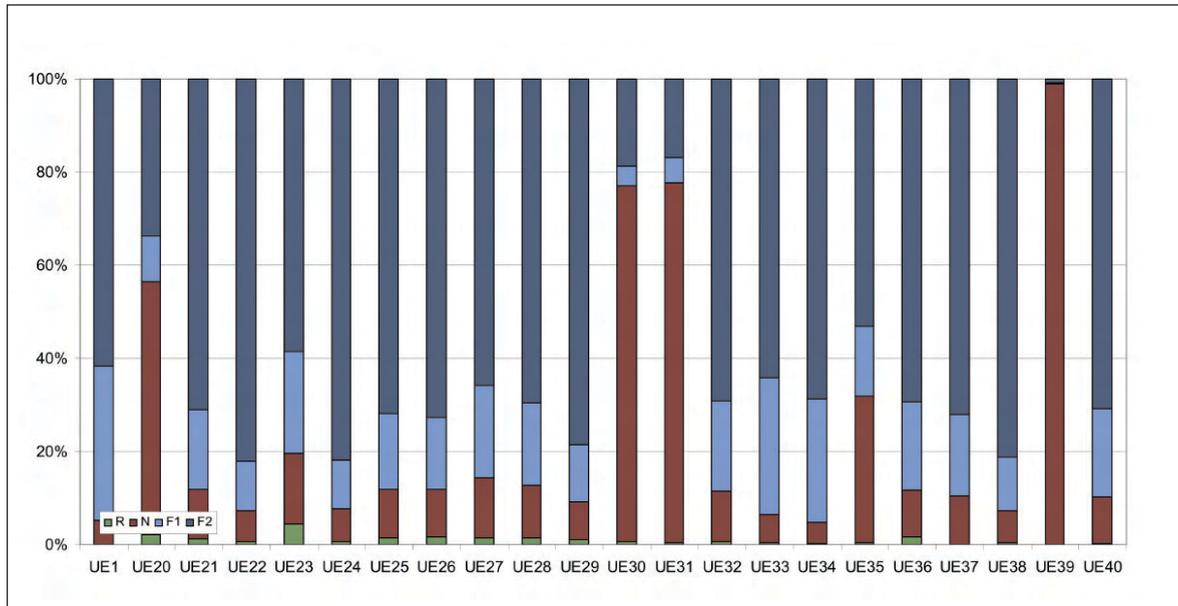


Figura 4: rapporti percentuali del contributo delle diverse classi di risorse ai flussi totali di energia delle UE.

La classe F1 indica, come abbiamo visto, i consumi energetici: elettricità e combustibili per trasporto, riscaldamento e altri usi civili e industriali. Appare evidente che le UE con alti valori di F2 (flussi di beni importati) siano quelle a più alta densità di abitativa e di attività industriali, di trasformazione e manifatturiere: quelle che determinano un maggiore impatto ambientale. Tutti i valori fin qui presentati risentono della differente superficie delle UE, converrà quindi confrontarli con l'andamento della densità energetica ED.

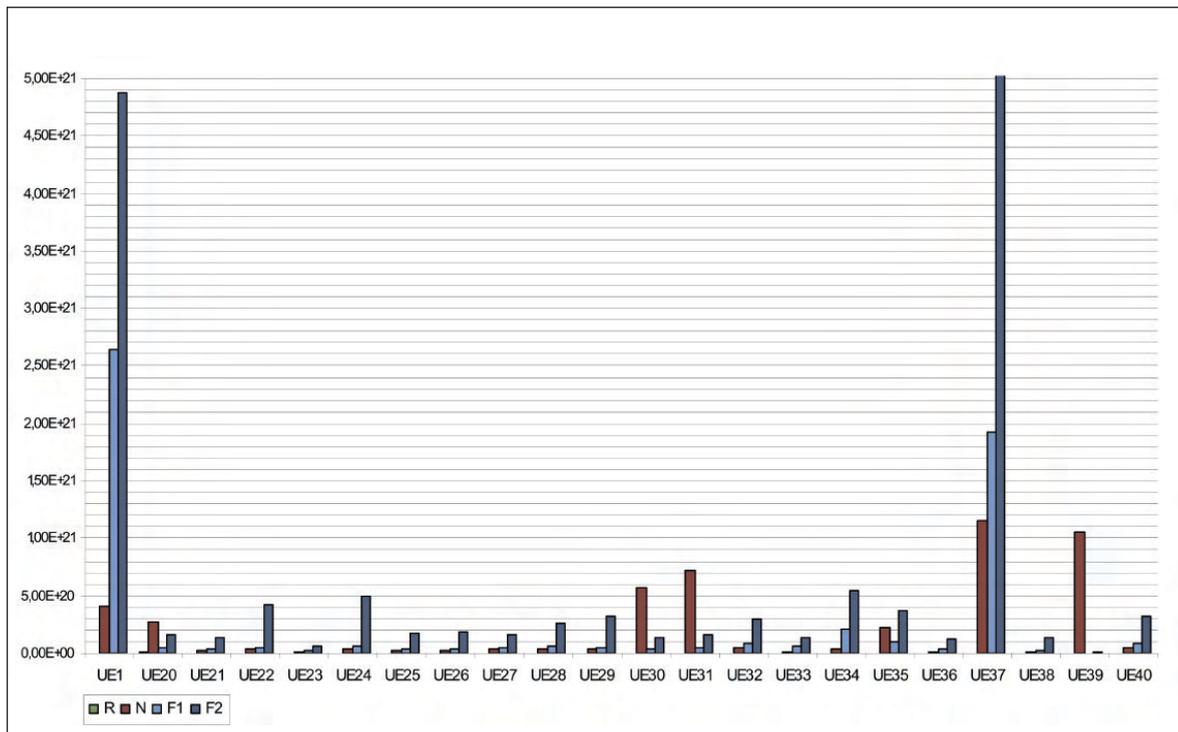


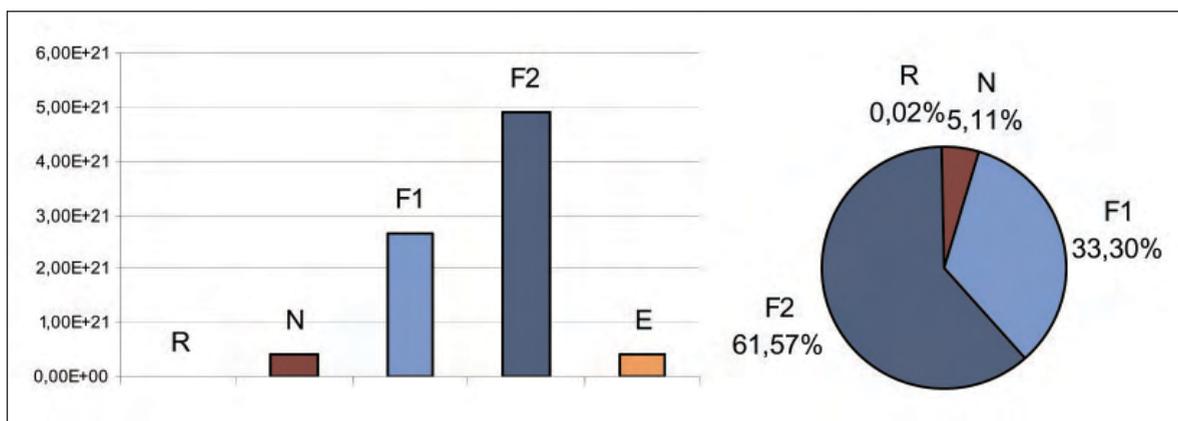
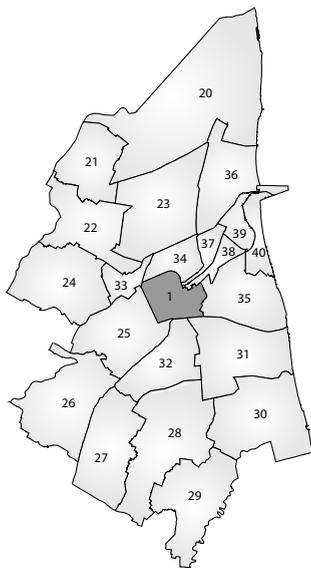
Figura 5: contributo, in valori assoluti, delle diverse classi di risorse ai flussi totali di energia delle UE.





UE1	Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia					
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R	1,54E+18	2,25%	1,54E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N	4,05E+20	8,39%	4,39E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R	4,07E+20	8,31%	4,39E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1	2,64E+21	46,19%	2,64E+21
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2	4,88E+21	28,00%	4,88E+21
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2	7,52E+21	32,49%	7,52E+21
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F	7,92E+21	28,27%	1,19E+22
Frazione di energia da fonti locali		L / U	5%		37%
Energia Esportata	sej/anno	E	4,32E+20	3,57%	4,32E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F	0,06		0,06
Indici					
Area	m ²		1,49E+07		1,49E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area	5,33E+14		8,00E+14
Popolazione			6,68E+04		6,68E+04
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.	1,19E+17		1,78E+17
Densità di popolazione	ab/km ²		4,49E+03		4,49E+03
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R	5147,54		7735,41
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)	18,48		1,71
Rendimento Energetico		U / F	1,05		1,58

UE1, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



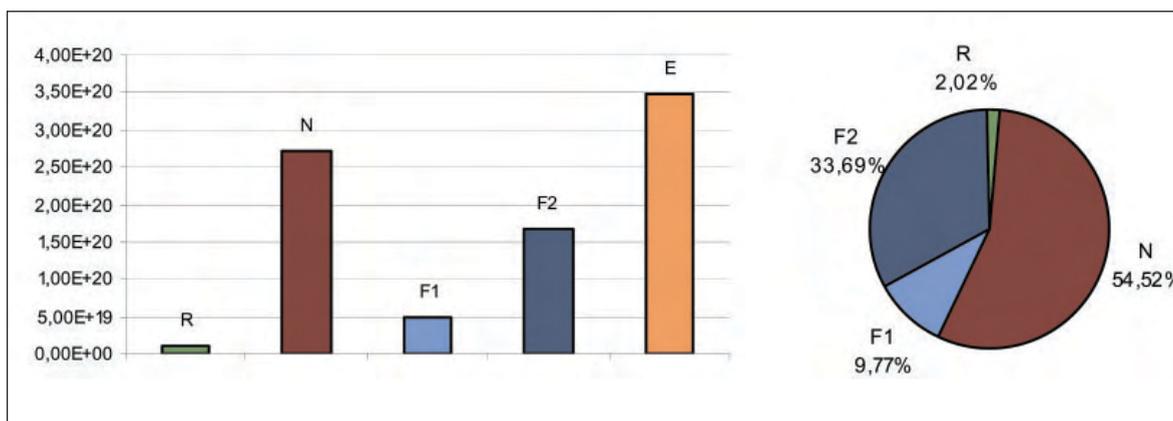
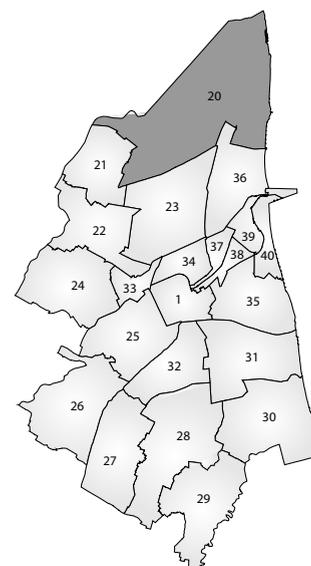
UE1, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE20		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		9,98E+18	14,59%	9,98E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		2,70E+20	5,58%	3,39E+22
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		2,80E+20	5,71%	3,39E+22
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		4,83E+19	0,85%	4,83E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,67E+20	0,96%	1,67E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		2,15E+20	0,93%	2,15E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		4,94E+20	1,78%	3,42E+22
Frazione di energia da fonti locali		L / U		57%		99%
Energia Esportata	sej/anno	E		3,46E+20	2,86%	3,46E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		1,61		1,61
Indici						
Area	m			9,65E+07		9,65E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		5,12E+12		3,54E+14
Popolazione				4,08E+03		4,08E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		1,21E+17		8,38E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			4,22E+01		4,22E+01
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		48,53		3420,44
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		0,77		0,01
Rendimento Energetico		U / F		2,30		158,93

UE20, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



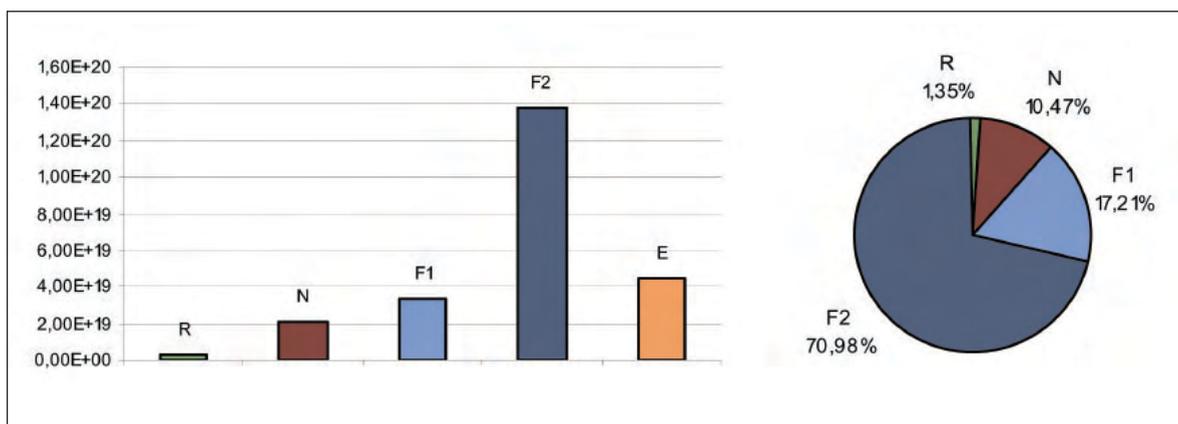
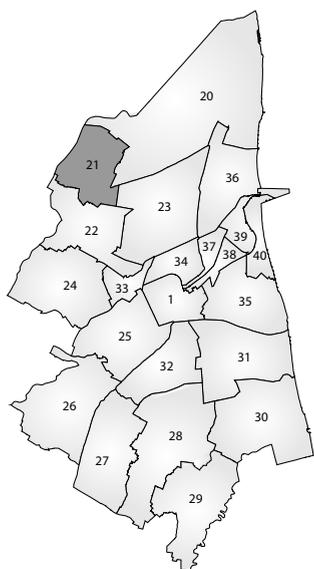
UE20, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 21	Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia					
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R	2,62E+18	3,83%	2,62E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N	2,03E+19	0,42%	7,28E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R	2,30E+19	0,47%	7,28E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1	3,35E+19	0,59%	3,35E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2	1,38E+20	0,79%	1,38E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2	1,71E+20	0,74%	1,71E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F	1,94E+20	0,69%	7,45E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U	12%		98%
Energia Esportata	sej/anno	E	4,48E+19	0,37%	4,48E+19
Energia Esportata / Energia Importata		E / F	0,26		0,26
Indici					
Area	m		2,49E+07		2,49E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area	7,81E+12		2,89E+14
Popolazione			2,75E+03		2,75E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.	7,07E+16		2,71E+18
Densità di popolazione	ab/km ²		1,10E+02		1,10E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R	73,16		2842,16
			0,00		
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)	7,46		0,02
Rendimento Energetico		U / F	1,13		43,47

UE 21, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



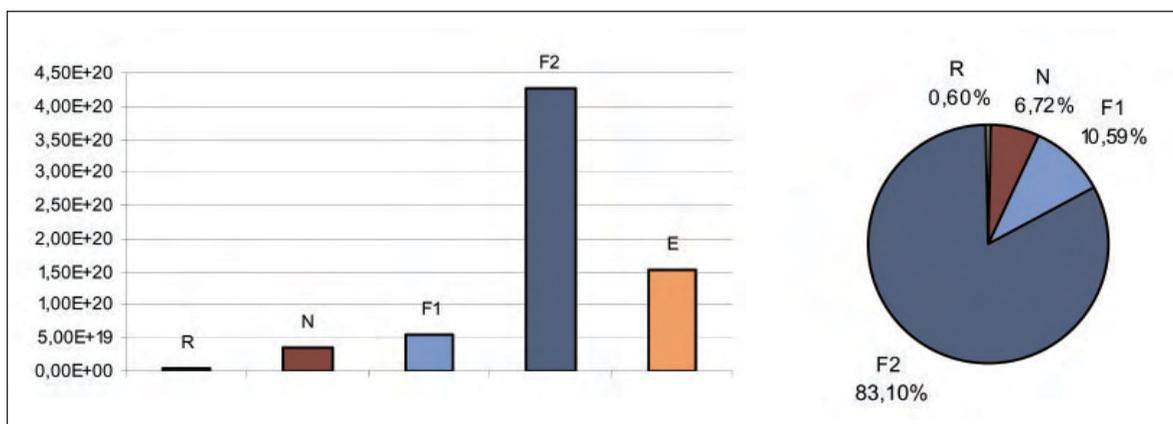
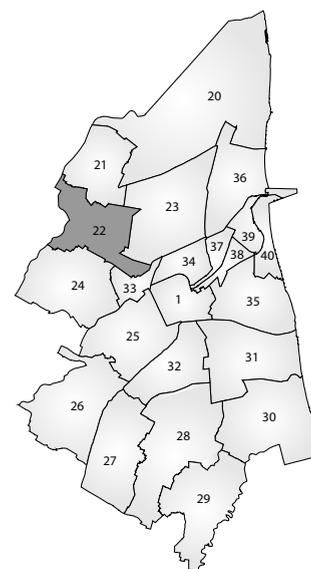
UE 21, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 22		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		3,10E+18	4,53%	3,10E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		3,50E+19	0,73%	9,48E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		3,81E+19	0,78%	9,49E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		5,52E+19	0,97%	5,52E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		4,28E+20	2,45%	4,28E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		4,83E+20	2,09%	4,83E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		5,21E+20	1,88%	9,97E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		7%		95%
Energia Esportata	sej/anno	E		1,51E+20	1,25%	1,51E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,31		0,31
Indici						
Area	m			3,00E+07		3,00E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		1,74E+13		3,32E+14
Popolazione				4,46E+03		4,46E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		1,17E+17		2,24E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,48E+02		1,48E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		166,89		3211,89
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		12,67		0,05
Rendimento Energetico		U / F		1,08		20,65

UE 22, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



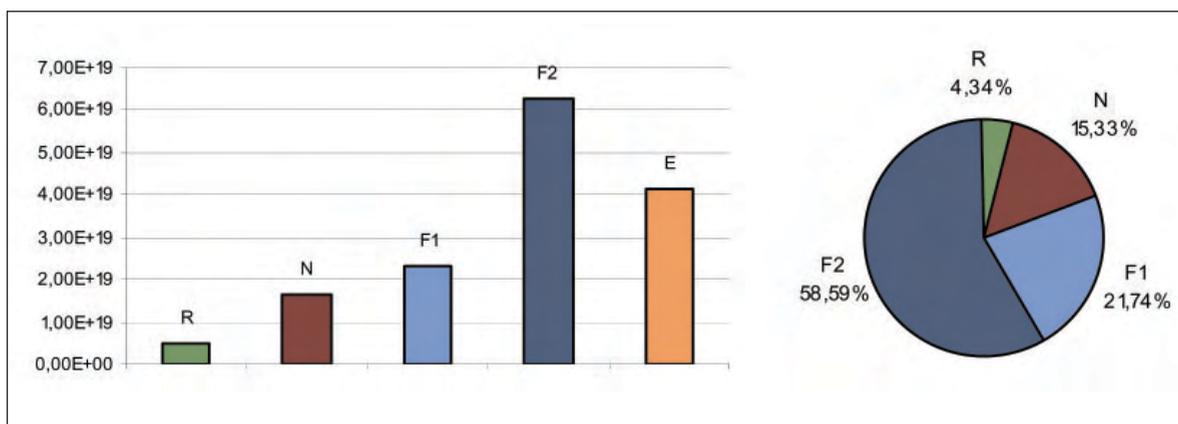
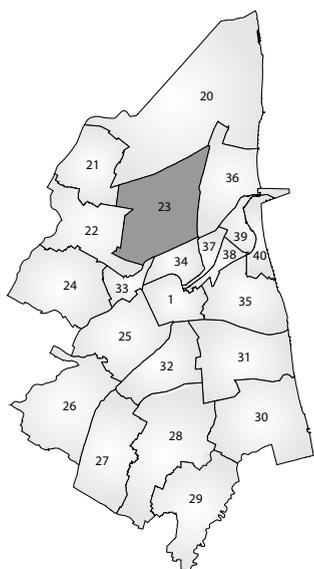
UE 22, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 23		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		4,64E+18	6,78%	4,64E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		1,64E+19	0,34%	8,67E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		2,10E+19	0,43%	8,68E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		2,33E+19	0,41%	2,33E+19
Energia Importata (commercia)	sej/anno	F2		6,27E+19	0,36%	6,27E+19
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		8,60E+19	0,37%	8,60E+19
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		1,07E+20	0,38%	8,76E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		20%		99%
Energia Esportata	sej/anno	E		4,12E+19	0,34%	4,12E+19
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,48		0,48
Indici						
Area	m			4,49E+07		4,49E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		2,38E+12		1,85E+14
Popolazione				1,77E+03		1,77E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		6,04E+16		4,94E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			3,95E+01		3,95E+01
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		22,05		1886,38
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		4,08		0,01
Rendimento Energetico		U / F		1,24		101,93

UE 23, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



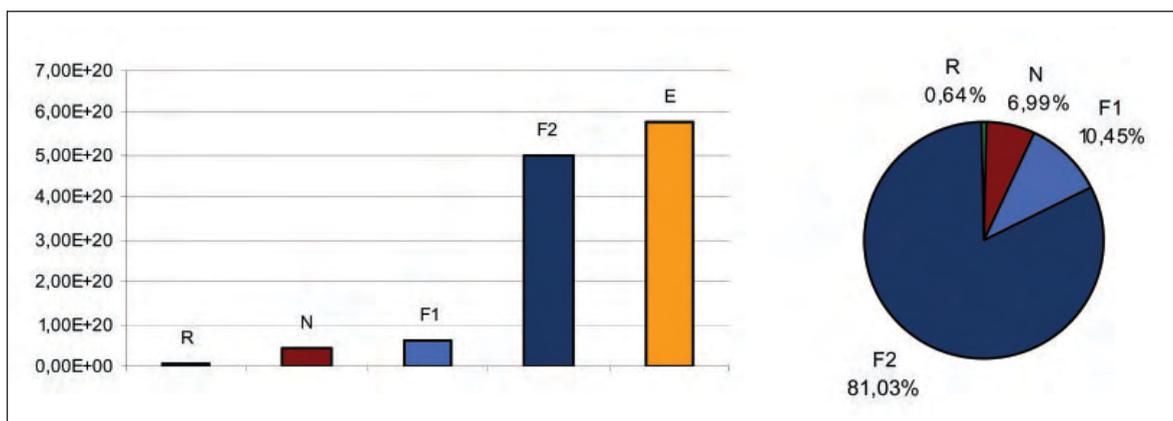
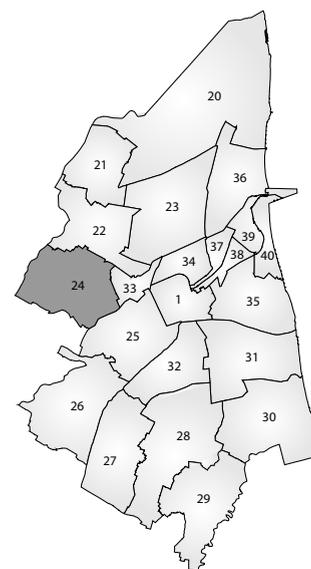
UE 23, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 24		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		3,90E+18	5,70%	3,90E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		4,25E+19	0,88%	1,17E+22
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		4,64E+19	0,95%	1,17E+22
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		6,36E+19	1,11%	6,36E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		4,98E+20	2,86%	4,98E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		5,62E+20	2,43%	5,62E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		6,08E+20	2,17%	1,23E+22
Frazione di energia da fonti locali		L / U		8%		95%
Energia Esportata	sej/anno	E		5,78E+20	4,78%	5,78E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		1,03		1,03
Indici						
Area	m			3,77E+07		3,77E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		1,61E+13		3,25E+14
Popolazione				4,98E+03		4,98E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		1,22E+17		2,46E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,32E+02		1,32E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		154,92		3141,40
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		12,10		0,05
Rendimento Energetico		U / F		1,08		21,82

UE 24, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



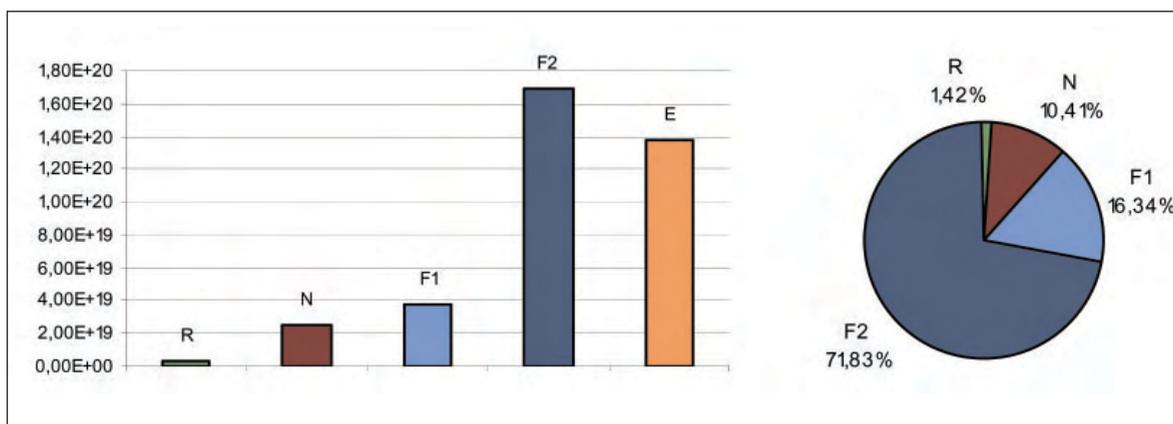
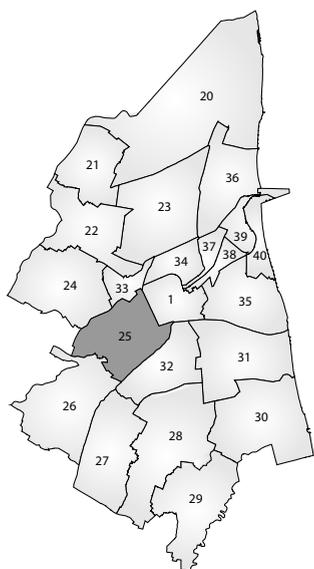
UE 24, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 25	Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia					
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R	3,33E+18	4,87%	3,33E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N	2,44E+19	0,51%	8,63E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R	2,77E+19	0,57%	8,63E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1	3,83E+19	0,67%	3,83E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2	1,68E+20	0,97%	1,68E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2	2,07E+20	0,89%	2,07E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F	2,34E+20	0,84%	8,84E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U	12%		98%
Energia Esportata	sej/anno	E	1,38E+20	1,14%	1,38E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F	0,67		0,67
Indici					
Area	m		3,22E+07		3,22E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area	7,27E+12		2,74E+14
Popolazione			3,08E+03		3,08E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.	7,62E+16		2,87E+18
Densità di popolazione	ab/km ²		9,54E+01		9,54E+01
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R	89,28		2650,31
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)	7,45		0,02
Rendimento Energetico		U / F	1,13		42,79

UE 25, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



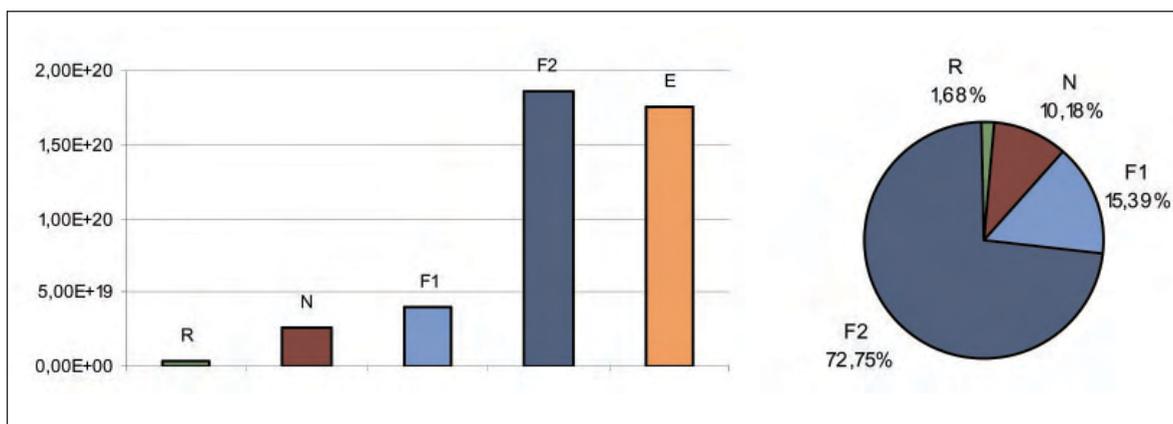
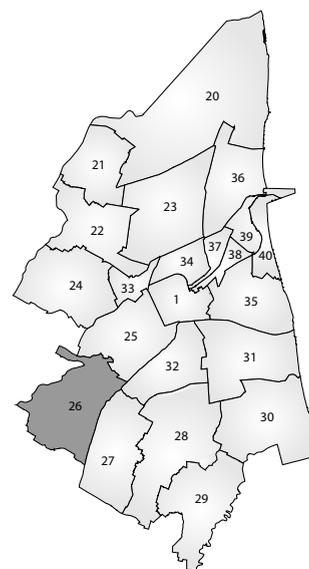
UE 25, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 26	Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia					
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R	4,30E+18	6,29%	4,30E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N	2,61E+19	0,54%	1,12E+22
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R	3,04E+19	0,62%	1,12E+22
Riserve di energia importate	sej/anno	F1	3,95E+19	0,69%	3,95E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2	1,87E+20	1,07%	1,87E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2	2,26E+20	0,98%	2,26E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F	2,57E+20	0,92%	1,14E+22
Frazione di energia da fonti locali		L / U	12%		98%
Energia Esportata	sej/anno	E	1,75E+20	1,44%	1,75E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F	0,77		0,77
Indici					
Area	m		4,16E+07		4,16E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area	6,17E+12		2,74E+14
Popolazione			3,12E+03		3,12E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.	8,23E+16		3,66E+18
Densità di popolazione	ab/km ²		7,50E+01		7,50E+01
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R	58,67		2652,02
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)	7,43		0,02
Rendimento Energetico		U / F	1,13		50,44

UE 26, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



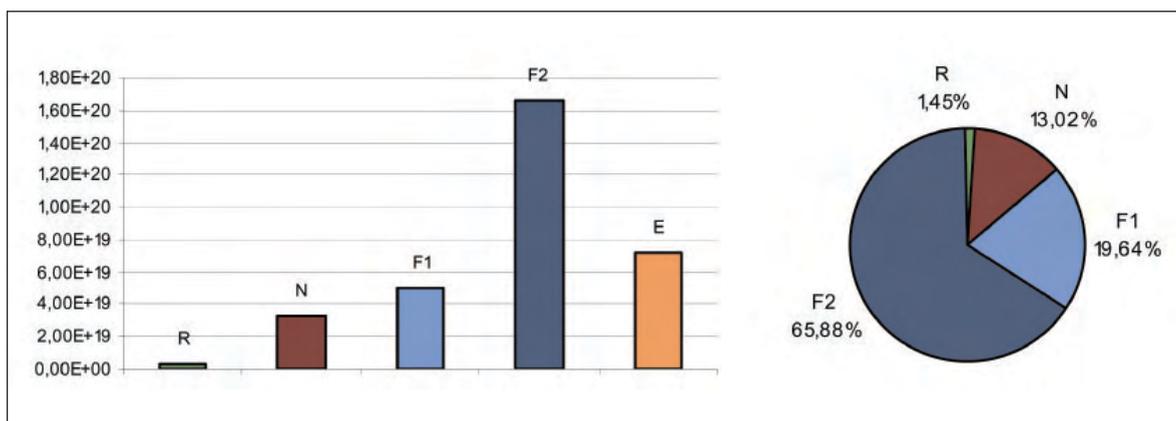
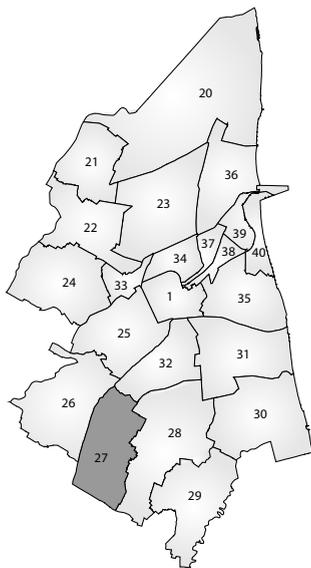
UE 26, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 27		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		3,66E+18	5,35%	3,66E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		3,28E+19	0,68%	7,75E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		3,65E+19	0,75%	7,75E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		4,95E+19	0,87%	4,95E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,66E+20	0,95%	1,66E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		2,15E+20	0,93%	2,15E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		2,52E+20	0,90%	7,97E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		14%		97%
Energia Esportata	sej/anno	E		7,20E+19	0,60%	7,20E+19
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,33		0,33
Indici						
Area	m			3,48E+07		3,48E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		7,24E+12		2,29E+14
Popolazione				3,85E+03		3,85E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		6,55E+16		2,07E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,11E+02		1,11E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		67,77		2173,60
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		5,91		0,03
Rendimento Energetico		U / F		1,17		36,98

UE 27, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



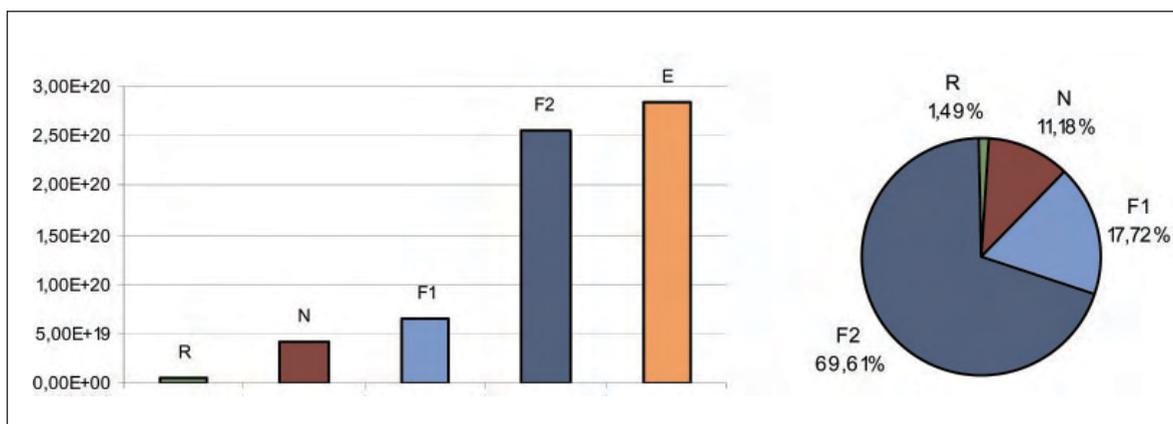
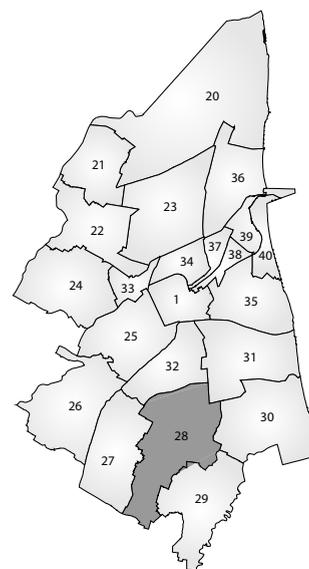
UE 27, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 28		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		5,46E+18	7,97%	5,46E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		4,11E+19	0,85%	7,95E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		4,65E+19	0,95%	7,96E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		6,51E+19	1,14%	6,51E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		2,56E+20	1,47%	2,56E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		3,21E+20	1,39%	3,21E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		3,67E+20	1,31%	8,28E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		13%		96%
Energia Esportata	sej/anno	E		2,83E+20	2,34%	2,83E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,88		0,88
Indici						
Area	m			5,00E+07		5,00E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		7,34E+12		1,65E+14
Popolazione				5,24E+03		5,24E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		7,01E+16		1,58E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,05E+02		1,05E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		66,28		1515,64
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		6,89		0,04
Rendimento Energetico		U / F		1,15		25,81

UE 28, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



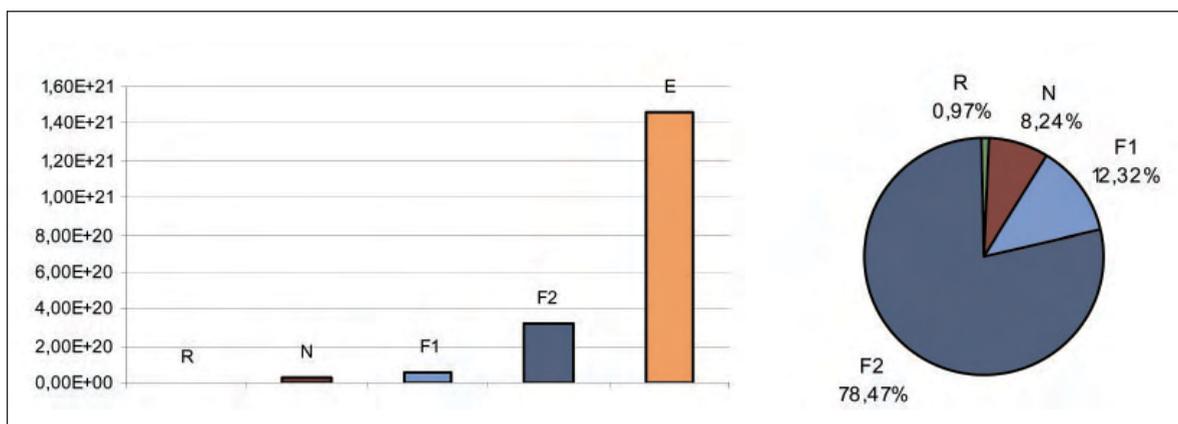
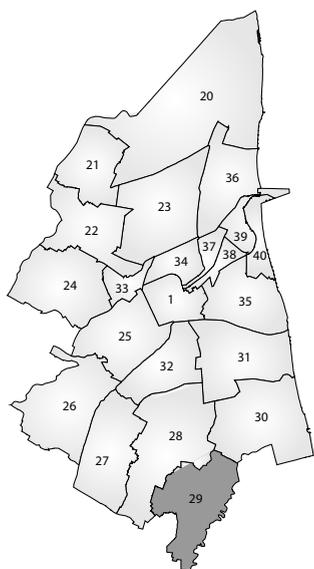
UE 28, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 29	Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia					
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R	4,02E+18	5,88%	4,02E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N	3,41E+19	0,71%	7,58E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R	3,81E+19	0,78%	7,58E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1	5,09E+19	0,89%	5,09E+19
Energia Importata (commercia)	sej/anno	F2	3,24E+20	1,86%	3,24E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2	3,75E+20	1,62%	3,75E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F	4,13E+20	1,47%	7,96E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U	9%		95%
Energia Esportata	sej/anno	E	1,46E+21	12,07%	1,46E+21
Energia Esportata / Energia Importata		E / F	3,89		3,89
Indici					
Area	m		3,62E+07		3,62E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area	1,14E+13		2,20E+14
Popolazione			3,99E+03		3,99E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.	1,04E+17		2,00E+18
Densità di popolazione	ab/km ²		1,10E+02		1,10E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R	101,79		1977,44
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)	9,86		0,05
Rendimento Energetico		U / F	1,10		21,20

UE 29, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



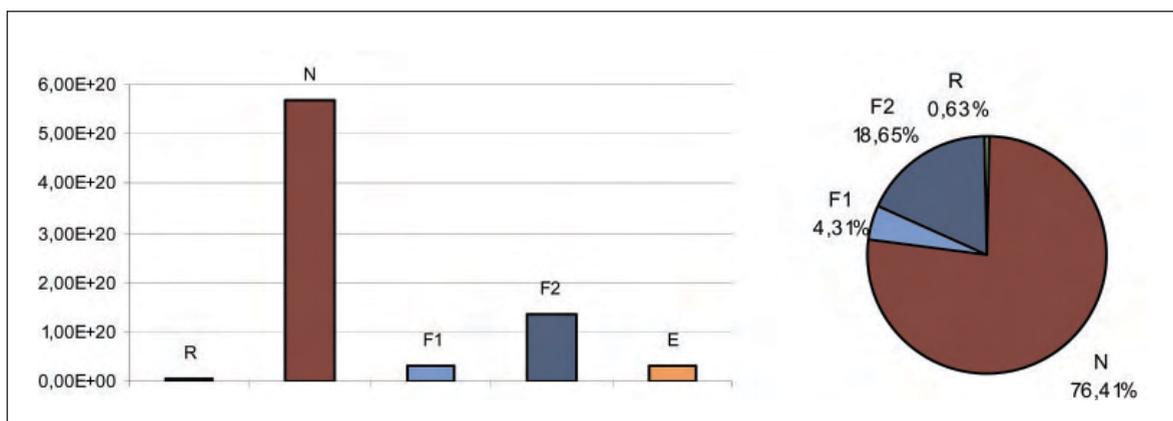
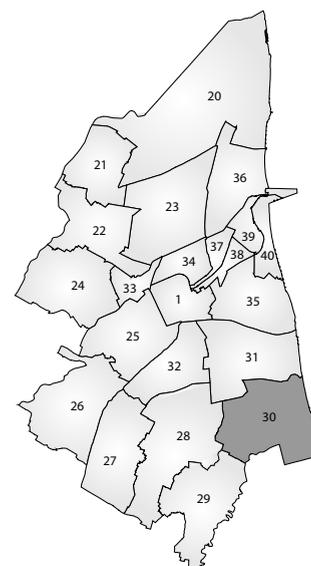
UE 29, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 30		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		4,66E+18	6,80%	2,99E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		5,66E+20	11,73%	2,20E+20
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		5,71E+20	11,66%	2,23E+20
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		3,19E+19	0,56%	1,04E+20
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,38E+20	0,79%	3,71E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		1,70E+20	0,74%	4,75E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		7,41E+20	2,64%	6,98E+20
Frazione di energia da fonti locali		L / U		77%		32%
Energia Esportata	sej/anno	E		3,31E+19	0,27%	5,26E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,19		1,11
Indici						
Area	m			4,42E+07		2,89E+07
Densità energetica	sej/m²/anno	U / area		1,68E+13		2,41E+13
Popolazione				2,62E+03		9,06E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		2,83E+17		7,70E+16
Densità di popolazione	ab/km ²			5,92E+01		3,13E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		158,08		232,37
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		0,30		2,13
Rendimento Energetico		U / F		4,36		1,47

UE 30, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



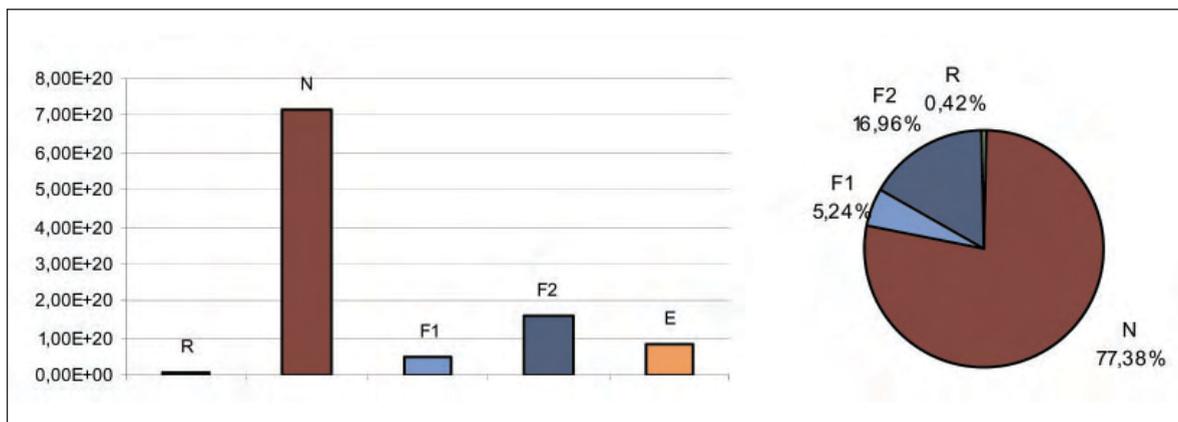
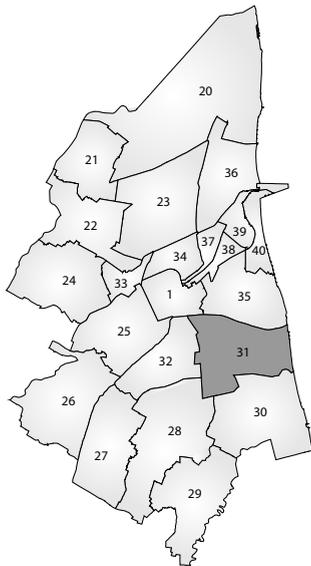
UE 30, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 31		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		3,94E+18	5,76%	3,94E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		7,18E+20	14,88%	9,51E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		7,22E+20	14,76%	9,52E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		4,86E+19	0,85%	4,86E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,57E+20	0,90%	1,57E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		2,06E+20	0,89%	2,06E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		9,28E+20	3,31%	9,72E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		78%		98%
Energia Esportata	sej/anno	E		8,38E+19	0,69%	8,38E+19
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,41		0,41
Indici						
Area	m			3,80E+07		3,80E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		2,44E+13		2,56E+14
Popolazione				4,19E+03		4,19E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		2,22E+17		2,32E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,10E+02		1,10E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		234,45		2464,77
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		0,29		0,02
Rendimento Energetico		U / F		4,51		47,19

UE 31, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



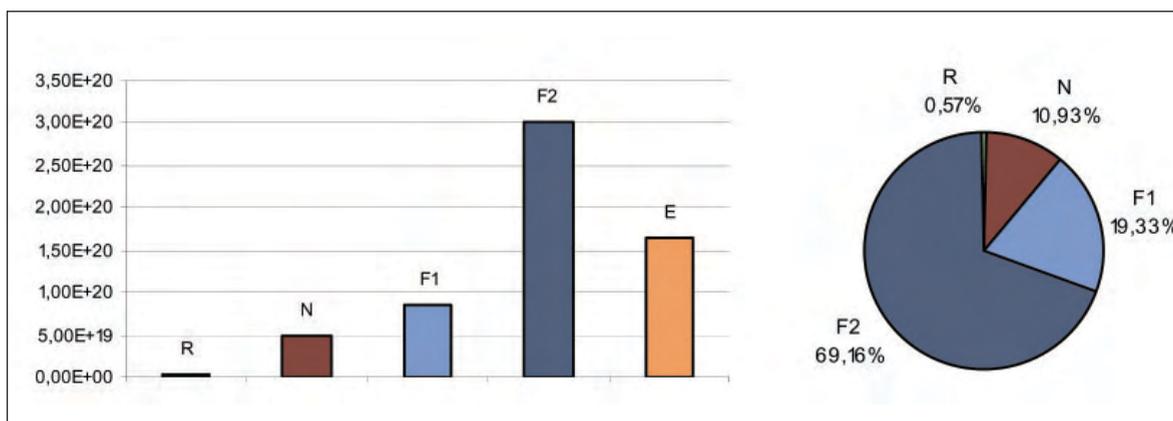
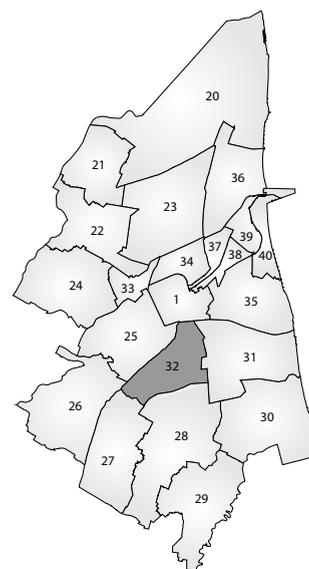
UE 31, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 32		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		2,50E+18	3,65%	2,50E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		4,78E+19	0,99%	5,15E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		5,03E+19	1,03%	5,15E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		8,44E+19	1,48%	8,44E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		3,02E+20	1,73%	3,02E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		3,87E+20	1,67%	3,87E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		4,37E+20	1,56%	5,53E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		12%		93%
Energia Esportata	sej/anno	E		1,63E+20	1,35%	1,63E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,42		0,42
Indici						
Area	m			2,42E+07		2,42E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		1,81E+13		2,29E+14
Popolazione				7,17E+03		7,17E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		6,09E+16		7,72E+17
Densità di popolazione	ab/km ²			2,97E+02		2,97E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		173,78		2213,34
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		7,69		0,08
Rendimento Energetico		U / F		1,13		14,32

UE 32, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



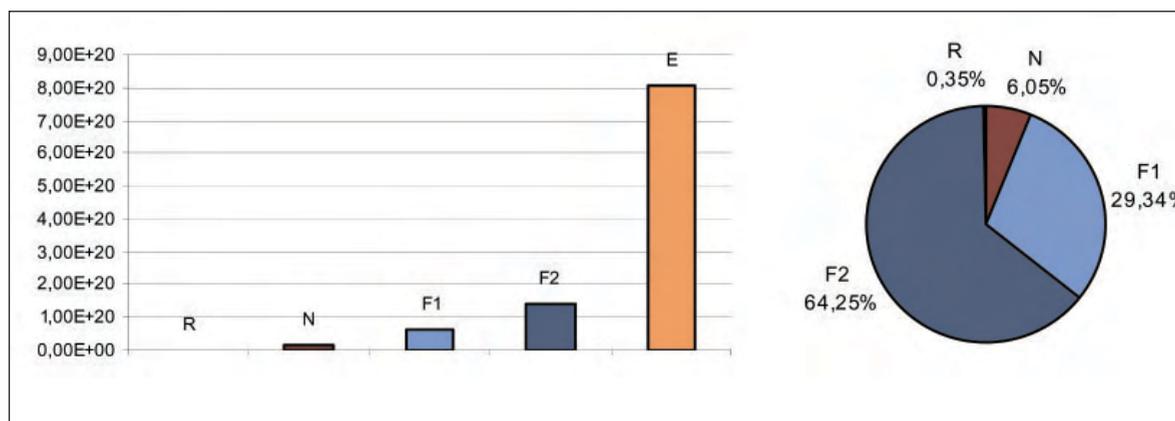
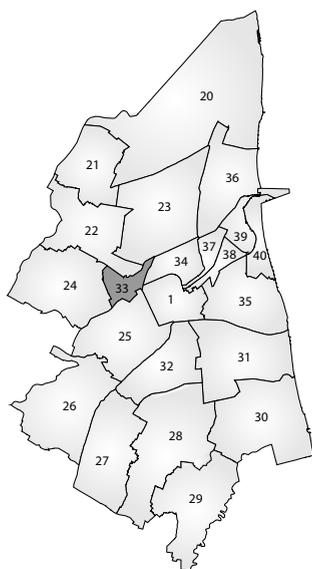
UE 32, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 33		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		7,60E+17	1,11%	7,60E+17
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		1,31E+19	0,27%	1,84E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		1,38E+19	0,28%	1,84E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		6,34E+19	1,11%	6,34E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,39E+20	0,80%	1,39E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		2,02E+20	0,87%	2,02E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		2,16E+20	0,77%	2,04E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		6%		90%
Energia Esportata	sej/anno	E		8,09E+20	6,69%	8,09E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		4,00		4,00
Indici						
Area	m			7,34E+06		7,34E+06
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		2,94E+13		2,78E+14
Popolazione				1,23E+03		1,23E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		1,76E+17		1,66E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,67E+02		1,67E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		283,53		2684,94
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		14,61		0,11
Rendimento Energetico		U / F		1,07		10,09

UE 33, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



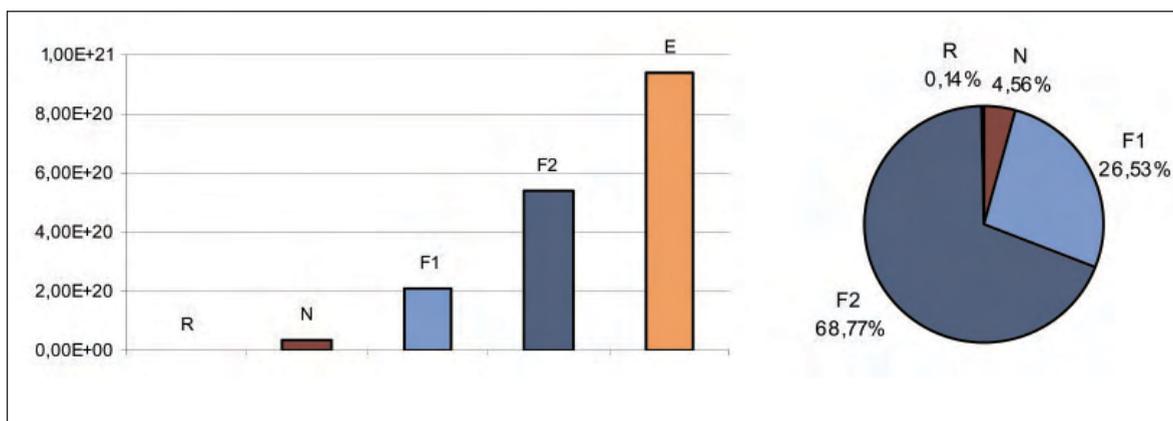
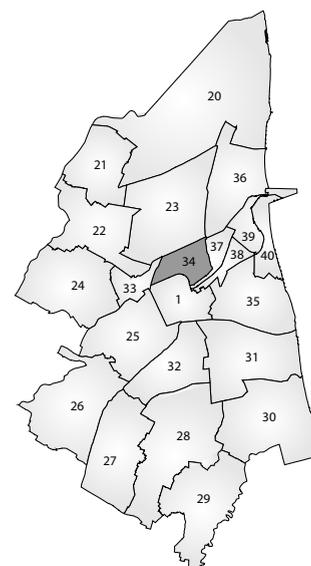
UE 33, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 34		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		1,12E+18	1,64%	1,12E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		3,60E+19	0,75%	2,23E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		3,71E+19	0,76%	2,23E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		2,10E+20	3,67%	2,10E+20
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		5,43E+20	3,12%	5,43E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		7,53E+20	3,25%	7,53E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		7,90E+20	2,82%	2,98E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		5%		75%
Energia Esportata	sej/anno	E		9,42E+20	7,78%	9,42E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		1,25		1,25
Indici						
Area	m			1,09E+07		1,09E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		7,27E+13		2,74E+14
Popolazione				3,42E+03		3,42E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		2,31E+17		8,74E+17
Densità di popolazione	ab/km ²			3,14E+02		3,14E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		701,65		2652,55
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		20,27		0,34
Rendimento Energetico		U / F		1,05		3,96

UE 34, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



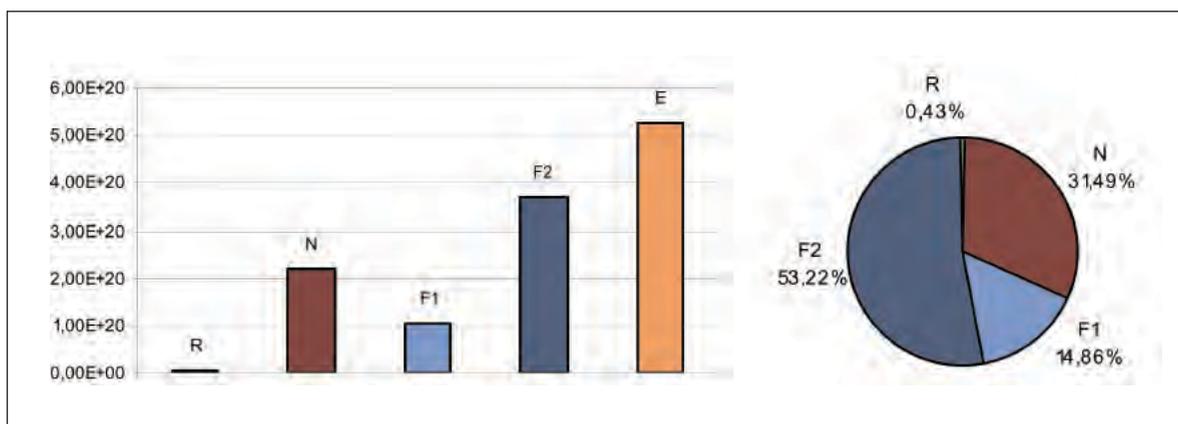
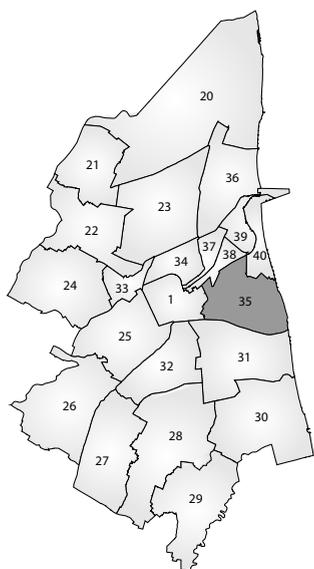
UE 34, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 35		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		2,99E+18	4,37%	2,99E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		2,20E+20	4,55%	8,38E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		2,23E+20	4,55%	8,38E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		1,04E+20	1,82%	1,04E+20
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		3,71E+20	2,13%	3,71E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		4,75E+20	2,05%	4,75E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		6,98E+20	2,49%	8,86E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		32%		95%
Energia Esportata	sej/anno	E		5,26E+20	4,35%	5,26E+20
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		1,11		1,11
Indici						
Area	m			2,89E+07		2,89E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		2,41E+13		3,06E+14
Popolazione				9,06E+03		9,06E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		7,70E+16		9,78E+17
Densità di popolazione	ab/km ²			3,13E+02		3,13E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		232,37		2961,57
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		2,13		0,06
Rendimento Energetico		U / F		1,47		18,65

UE 35, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



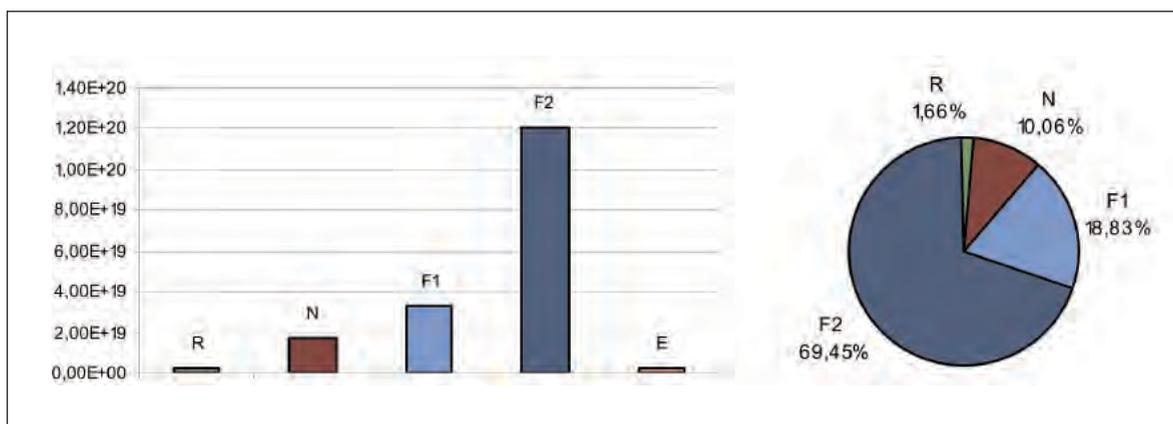
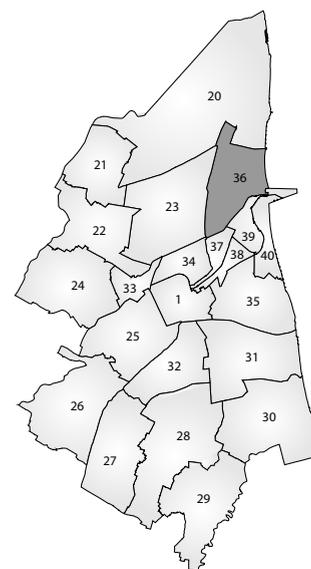
UE 35, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 36		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		2,87E+18	4,19%	2,87E+18
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		1,74E+19	0,36%	8,63E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		2,03E+19	0,41%	8,63E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		3,26E+19	0,57%	3,26E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,20E+20	0,69%	1,20E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		1,53E+20	0,66%	1,53E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		1,73E+20	0,62%	8,79E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		12%		98%
Energia Esportata	sej/anno	E		2,06E+18	0,02%	2,06E+18
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,01		0,01
Indici						
Area	m			2,77E+07		2,77E+07
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		6,25E+12		3,17E+14
Popolazione				2,84E+03		2,84E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		6,10E+16		3,09E+18
Densità di popolazione	ab/km ²			1,02E+02		1,02E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		59,39		3063,10
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		7,53		0,02
Rendimento Energetico		U / F		1,13		57,47

UE 36, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



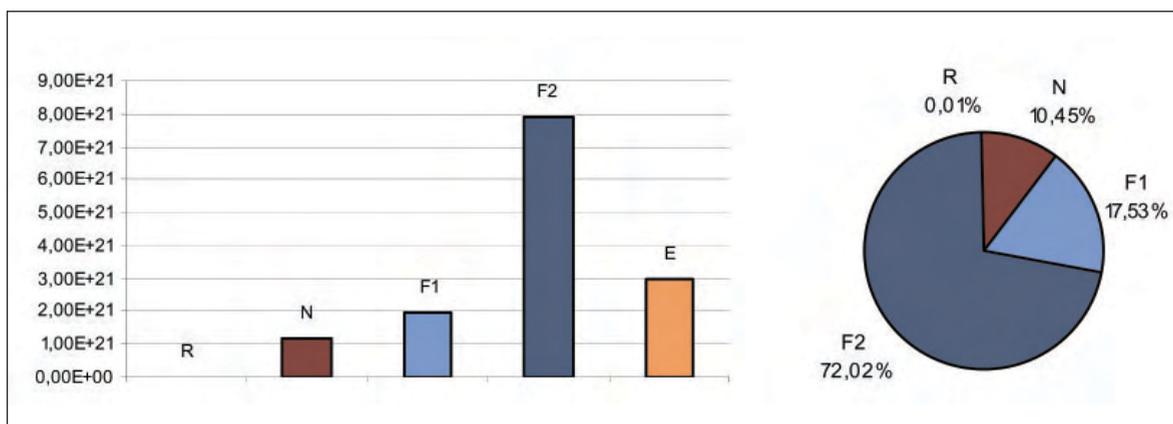
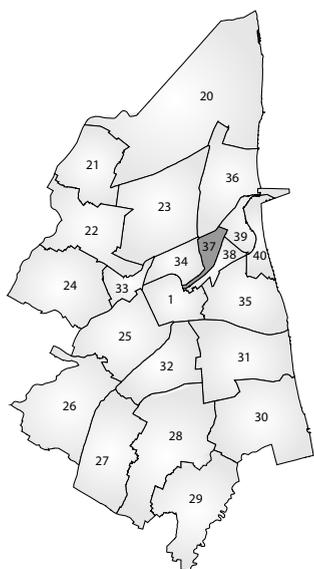
UE 36, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 37		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		5,79E+17	0,85%	5,79E+17
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		1,15E+21	23,79%	2,51E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		1,15E+21	23,47%	2,51E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		1,93E+21	33,73%	1,93E+21
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		7,92E+21	45,44%	7,92E+21
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		9,84E+21	42,55%	9,84E+21
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		1,10E+22	39,21%	1,24E+22
Frazione di energia da fonti locali		L / U		10%		20%
Energia Esportata	sej/anno	E		3,00E+21	24,75%	3,00E+21
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,30		0,30
Indici						
Area	m			5,60E+06		5,60E+06
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		1,96E+15		2,21E+15
Popolazione				4,66E+02		4,66E+02
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		2,36E+19		2,65E+19
Densità di popolazione	ab/km ²			8,33E+01		8,33E+01
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		18991,07		21342,49
Rapporto di Investimento Energetico			F / (N + R)	8,57		3,92
Rendimento Energetico			U / F	1,12		1,25

UE 37, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



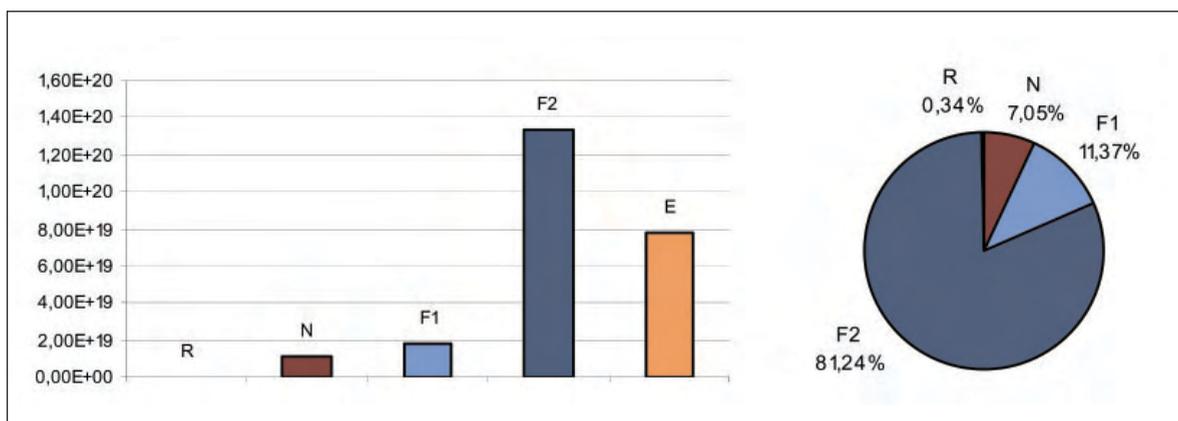
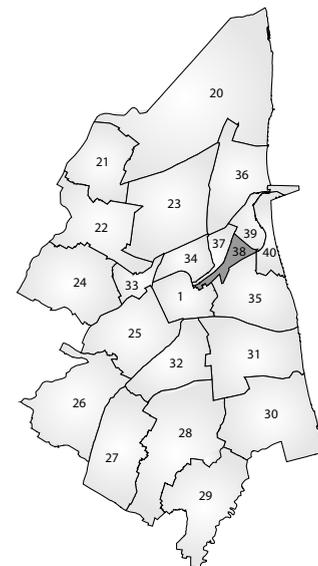
UE 37, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 38		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		5,63E+17	0,82%	5,63E+17
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		1,16E+19	0,24%	1,54E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		1,22E+19	0,25%	1,54E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		1,87E+19	0,33%	1,87E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,34E+20	0,77%	1,34E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		1,52E+20	0,66%	1,52E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		1,64E+20	0,59%	1,69E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		7%		91%
Energia Esportata	sej/anno	E		7,78E+19	0,64%	7,78E+19
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,51		0,51
Indici						
Area	m			5,45E+06		5,45E+06
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		3,02E+13		3,10E+14
Popolazione				1,46E+02		1,46E+02
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		1,13E+18		1,16E+19
Densità di popolazione	ab/km ²			2,68E+01		2,68E+01
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		290,87		2998,65
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		12,53		0,10
Rendimento Energetico		U / F		1,08		11,10

UE 38, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



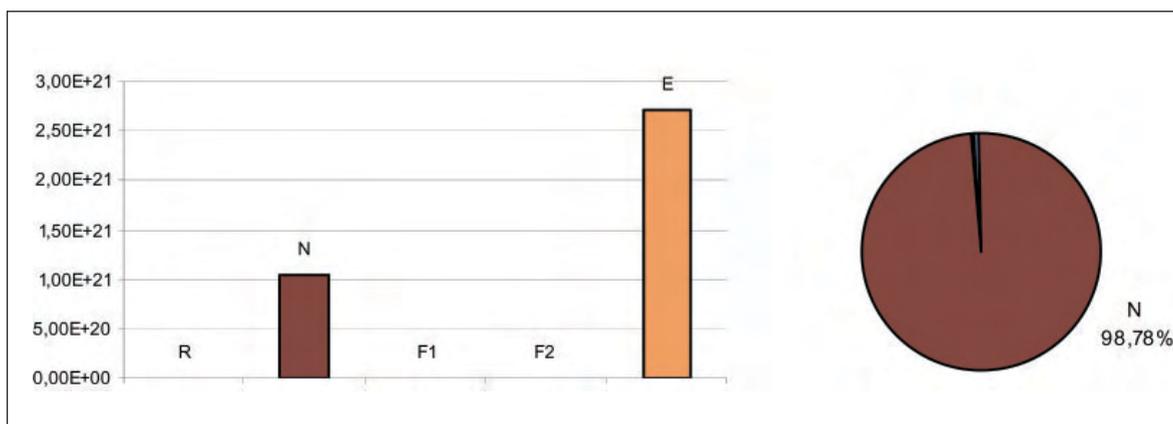
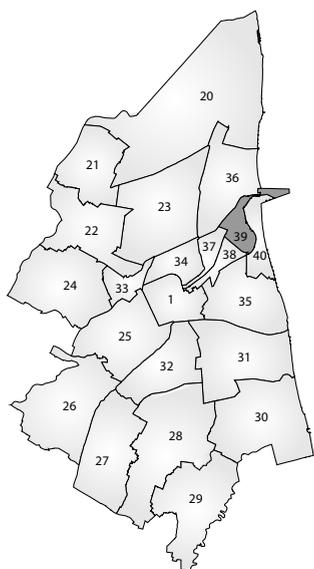
UE 37, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 39		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		9,24E+17	1,35%	9,24E+17
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		1,06E+21	21,88%	3,56E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		1,06E+21	21,59%	3,56E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		2,10E+18	0,04%	2,10E+18
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		1,00E+19	0,06%	1,00E+19
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		1,21E+19	0,05%	1,21E+19
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		1,07E+21	3,81%	3,58E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		99%		100%
Energia Esportata	sej/anno	E		2,72E+21	22,47%	2,72E+21
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		224,69		224,69
Indici						
Area	m			8,93E+06		8,93E+06
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		1,20E+14		4,00E+14
Popolazione				2,20E+01		2,20E+01
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		4,86E+19		1,63E+20
Densità di popolazione	ab/km ²			2,46E+00		2,46E+00
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		1156,32		3870,25
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		0,01		0,00
Rendimento Energetico		U / F		88,35		295,52

UE 39, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



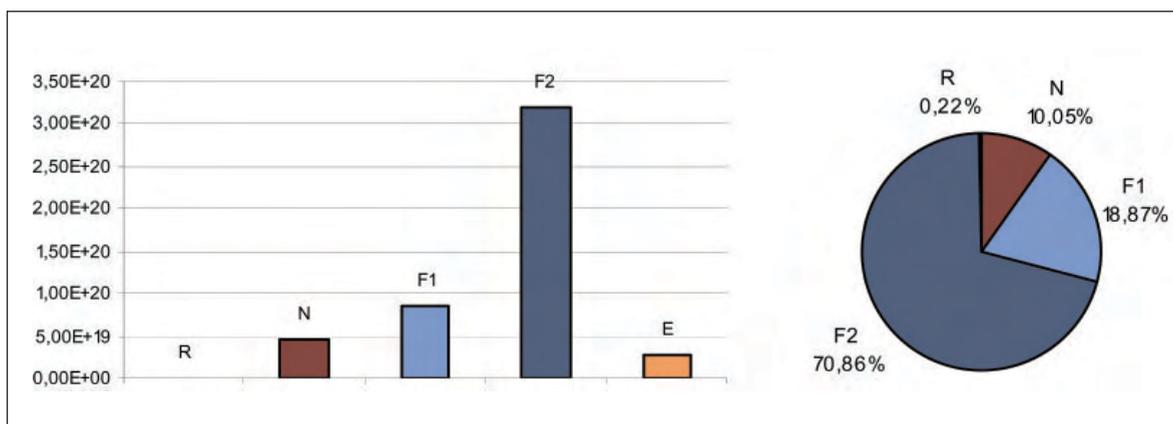
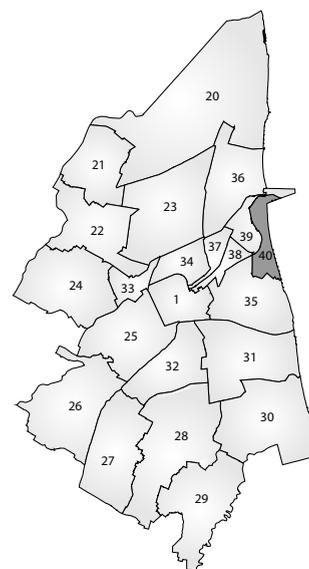
UE 39, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





UE 40		Unità misura	Espressione	SCENARIO 1	SCENARIO 1 % comune	Scenario 2 SUBSIDENZA
Flussi di Energia						
Energia da fonti locali rinnovabili	sej/anno	R		9,84E+17	1,44%	9,84E+17
Energia da fonti locali non rinnovabili	sej/anno	N		4,53E+19	0,94%	2,74E+21
Energia da fonti locali	sej/anno	L = N + R		4,62E+19	0,94%	2,74E+21
Riserve di energia importate	sej/anno	F1		8,50E+19	1,49%	8,50E+19
Energia Importata (commercio)	sej/anno	F2		3,19E+20	1,83%	3,19E+20
Energia Importata totale	sej/anno	F = F1 + F2		4,04E+20	1,75%	4,04E+20
Energia tot usata all'interno del sistema	sej/anno	U = L + F		4,50E+20	1,61%	3,14E+21
Frazione di energia da fonti locali		L / U		10%		87%
Energia Esportata	sej/anno	E		2,86E+19	0,24%	2,86E+19
Energia Esportata / Energia Importata		E / F		0,07		0,07
Indici						
Area	m			9,52E+06		9,52E+06
Densità energetica	sej/m ² /anno	U / area		4,73E+13		3,30E+14
Popolazione				7,41E+03		7,41E+03
Energia usata per persona	sej/uomo/anno	U / popolaz.		6,08E+16		4,24E+17
Densità di popolazione	ab/km ²			7,79E+02		7,79E+02
Rapporto di Impatto Ambientale		(N + F) / R		456,53		3191,35
Rapporto di Investimento Energetico		F / (N + R)		8,74		0,15
Rendimento Energetico		U / F		1,11		7,78

UE 40, tabella 1: flussi di energia e indici per i due scenari proposti



UE 40, grafico 1: distribuzione delle risorse nella unità elementare. Percentuale rispetto al flusso totale.





Mappe di sintesi e indicatori energetici

Il primo dato, apparentemente clamoroso, che merita di essere commentato è quello della radicale sproporzione tra consumo di risorse rinnovabili e non rinnovabili. Si tratta, in realtà, di un dato assolutamente conforme alle aspettative, che va tuttavia commentato alla luce delle peculiari caratteristiche della contabilità energetica. Le risorse rinnovabili sono, per definizione, legate a cicli piuttosto rapidi. Poiché l'energia tiene conto dell'accumulo di energia attraverso il tempo, possiamo dire che le risorse ad alto valore energetico sono, quasi per definizione, non rinnovabili: succede così che le risorse non rinnovabili pesino molto di più dei flussi rinnovabili.

Per gli addetti ai lavori è scontato il fatto che, per esempio, le attività estrattive comportino degli incrementi molto alti dei fattori di impatto. Come si è accennato più volte è proprio allontanandosi dal dominio biologico che l'energia si fa più fragile, nell'espressione delle transformity. Così, mentre i valori per gli idrocarburi paiono addirittura troppo bassi (e recenti studi, non ancora pubblicati, fatti nel Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi dell'Università di Siena, sembrano dimostrarlo) le transformity dei materiali inerti, pietra, ghiaia ecc. sembrano solo parzialmente giustificati, anche in ragione del fatto che la risorsa non viene degradata interamente, ma solo una parte del suo potenziale originario viene distrutto.

Questo potenziale è tuttavia il medesimo che ritroviamo negli stock urbani, negli energy storages analizzati più avanti, e non è quindi necessario stravolgere i metodi di computo, solo essere correttamente avvertiti delle particolari ricadute di alcuni aspetti del metodo.

In realtà la capacità di Ravenna di produrre e utilizzare risorse rinnovabili è decisamente alta, in ragione della sua grande estensione e delle importanti dotazioni di capitale naturale. Tuttavia il sommarsi di attività estrattive, produzione industriale e commercio è tale da sbilanciare in modo davvero notevole il sistema.

Per quanto riguarda i risultati delle singole aree, sempre in merito al contributo delle risorse rinnovabili, si deve tener presente che in generale – a parità di funzioni svolte – tanto più piccolo è un sistema, tanto più questo sarà dipendente dall'esterno.

Allo stesso modo è normale che proprio l'estroflessione di un sistema, il suo essere luogo di servizi di ordine superiore, lo portino a registrare localmente dei valori di performance ambientali molto basse, in termini assoluti. La dinamicità del sistema Ravenna, con le sue attività manifatturiere e di trasformazione, porta a rilevare inevitabilmente flussi molto elevati di energia e materia in entrata. L'elevato valore calcolato per le esportazioni conferma, come abbiamo visto, la chiave di lettura per cui molte attività e servizi concentrati nel territorio hanno bacini d'utenza ben più ampi del territorio stesso. Queste attività, che movimentano grandi flussi di massa ed energia, incidono certamente in termini di benessere economico e di occupazione. L'analisi energetica, tuttavia, permette di quantifi-



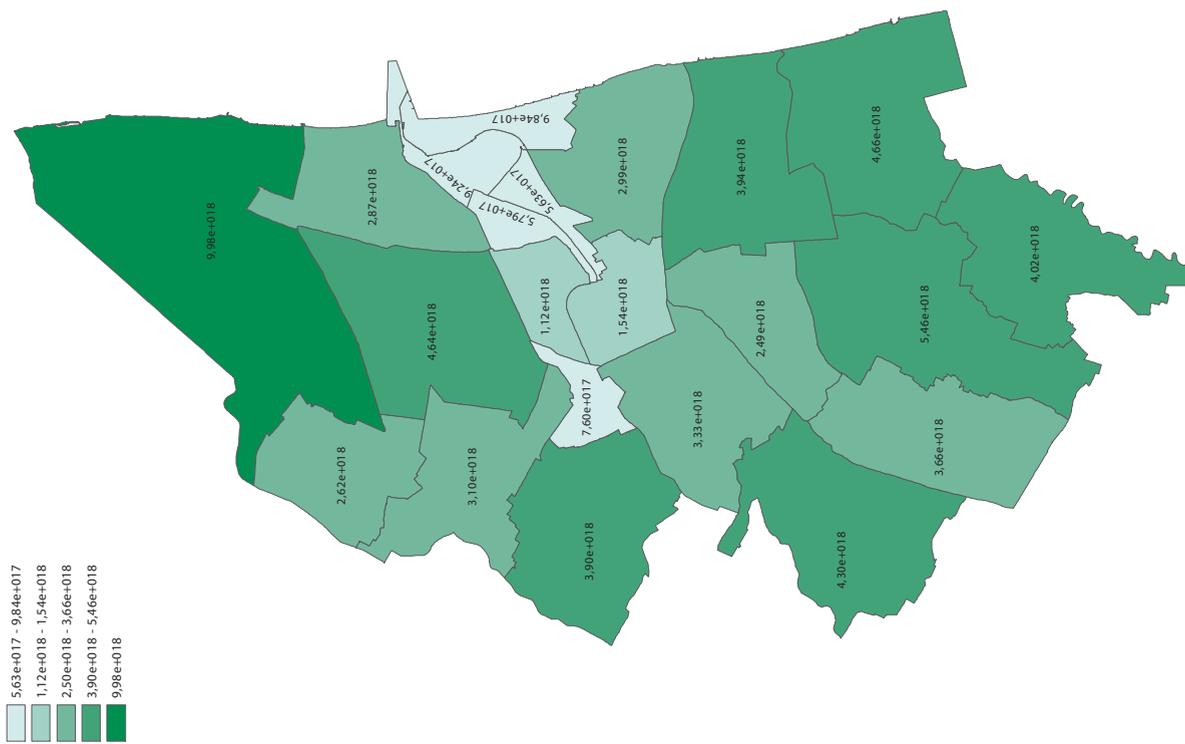
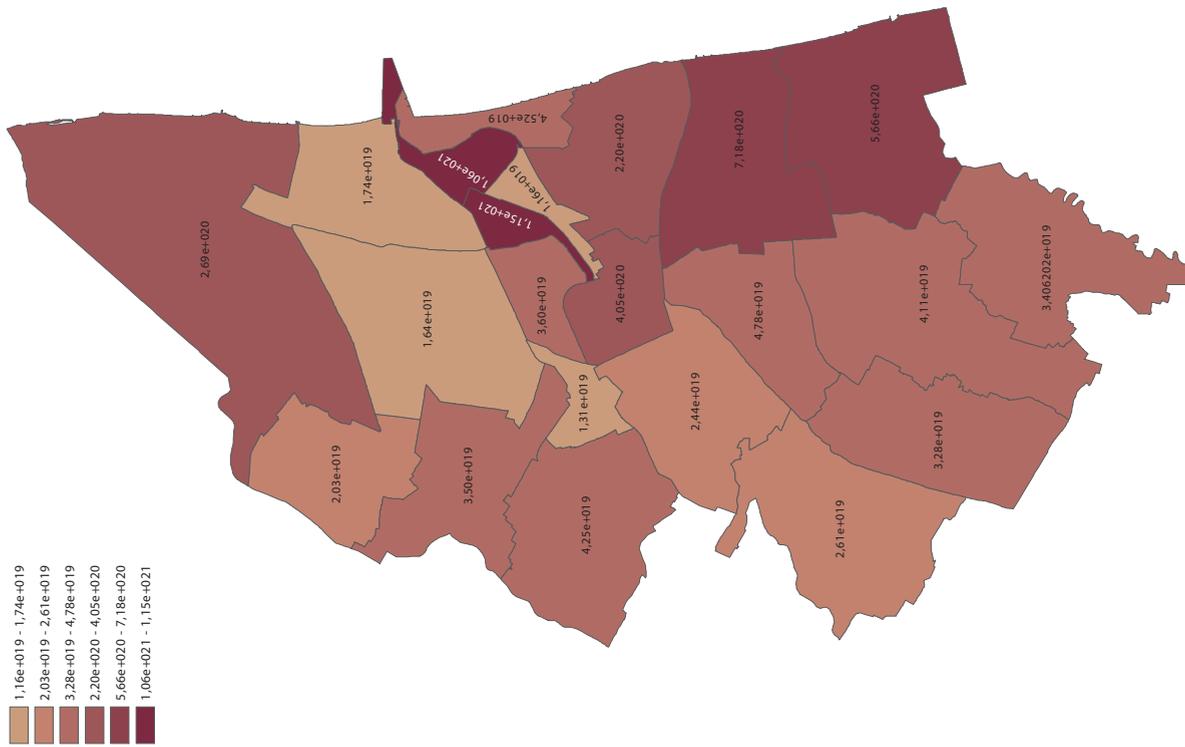


Figura 1: confronto dei valori dei flussi di risorse rinnovabili (in verde), e non rinnovabili (marrone).

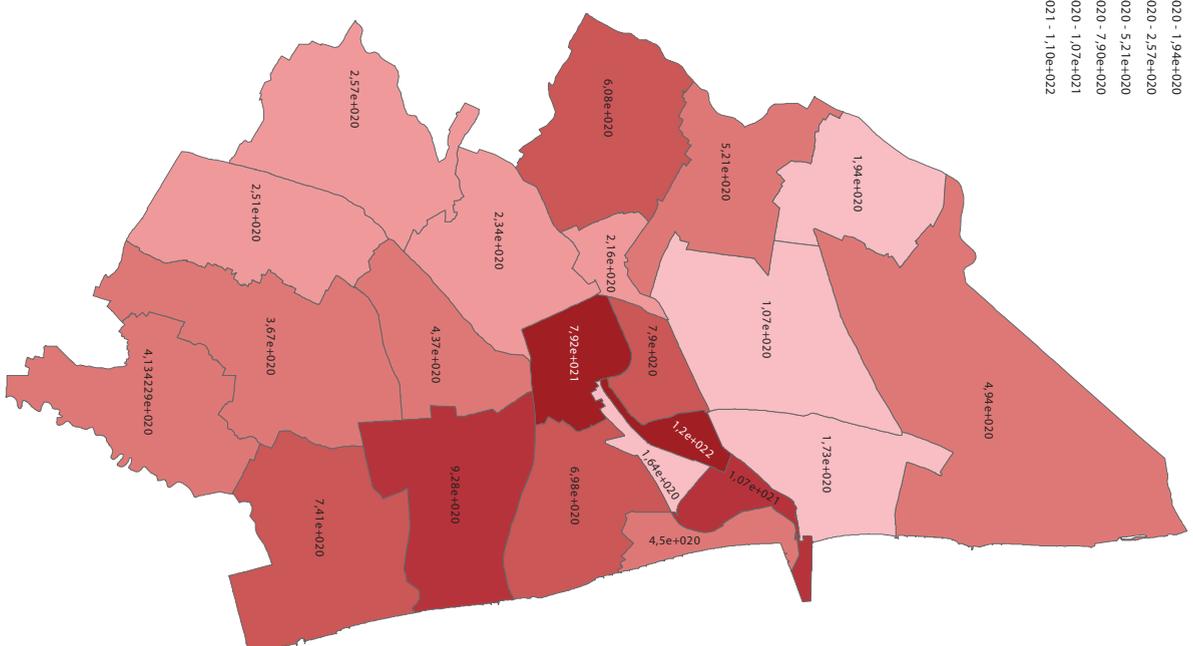
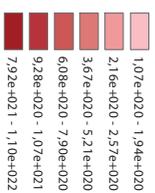
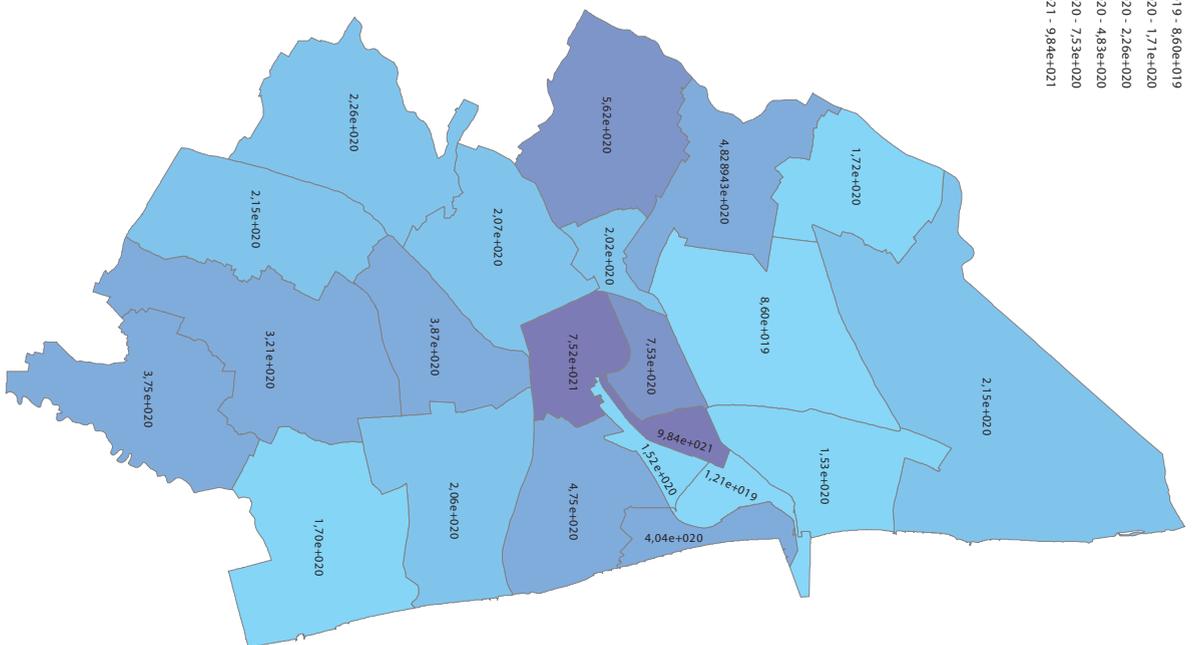
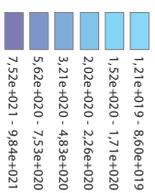


Figura 2: valori dei flussi di risorse importate (F1+F2, in azzurro) e dell'emergia totale U (rosso).



care al di là dei valori di mercato, l'apporto delle risorse naturali che normalmente vengono trascurate, in quanto non si è soliti considerare ciò che è "donato" gratuitamente dall'ambiente che non preveda costi per il suo sfruttamento.

Gli indicatori energetici

Il *Rapporto di Impatto Ambientale*, o *Environmental Loading Ratio* (ELR), è un indicatore della pressione esercitata dall'attività umana (misurata in base all'utilizzo delle risorse) sull'ambiente (sia locale, sia globale). L'ELR è un rapporto tra le risorse non rinnovabili che alimentano il sistema e il ciclo interno delle risorse rinnovabili. Entrambe le classi di risorse non rinnovabili: quelle locali (N) e quelle importate (F), rappresentano una pressione sull'ambiente, dal momento che sollecitano i cicli naturali con una velocità di prelievo superiore alla capacità di rigenerazione dell'ambiente.

Il valore medio di ELR riscontrato per il Comune di Ravenna, 408, è decisamente elevato. Il sistema è in grado di mantenersi agli attuali livelli di reddito, consumo e occupazione in virtù dell'impiego di risorse non rinnovabili e importate. Nelle UE1, UE37 e UE39 (con valori rispettivamente: 5147; 18991; 1156) l'alta densità di attività produttive e l'elevato livello di urbanizzazione rendono irrilevante il contributo delle risorse rinnovabili.

L'alta densità di popolazione (nella UE1 è pari a 4490 ab/kmq rispetto ai 218 ab/kmq rilevati complessivamente per il Comune) e la concentrazione di attività fortemente energivore (le UE37 e UE39 ospitano attività industriali, il petrolchimico e le centrali termoelettriche) rendono necessario importare grandi quantitativi di energia.

Questo fatto, abbastanza inevitabile, a fronte delle funzioni svolte, può essere letto quale fattore di fragilità (ovvero di dipendenza), oltre che come indice di pressioni altissime sull'ambiente interno. Anche la UE34 (701) e la UE40 (456), tra le altre, hanno valori al di sopra del risultato complessivo comunale.

Anche il settore delle attività estrattive incide significativamente sull'indicatore, soprattutto nelle UE30 e UE31. Poiché le aree di cava sono spesso contigue a importanti dotazioni di capitale naturale (si cfr. il capitolo successivo) si rende qui necessaria la massima cautela gestionale, affinché il settore non provochi un impoverimento del capitale naturale, ovvero una perdita di servizi erogati dall'ecosistema, di valore superiore al reddito generato.

La UE23 (con un valore di 22,05) e le UE20, UE26, UE28, UE36 sono le aree con i valori più bassi del rapporto di impatto ambientale ed è facilmente riscontrabile, anche attraverso altri indicatori, la loro condizione di maggiore equilibrio rispetto alle componenti naturali. Queste aree, apparentemente meno dinamiche, sono in realtà fondamentali per la loro funzione di regolazione, di buffering ecologico: sulla tutela e sullo sviluppo di queste zone si gioca, molto più di quanto possa sembrare, l'equilibrio – presente e futuro – del territorio ravennate.



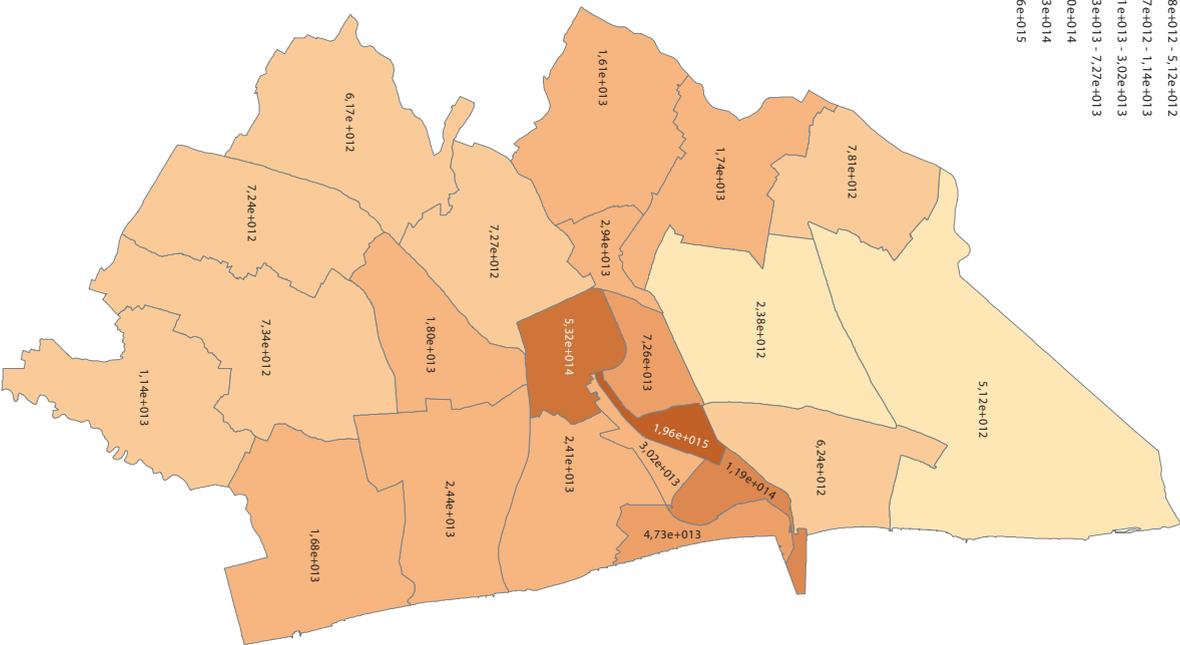
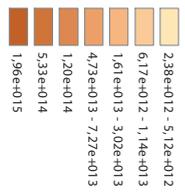
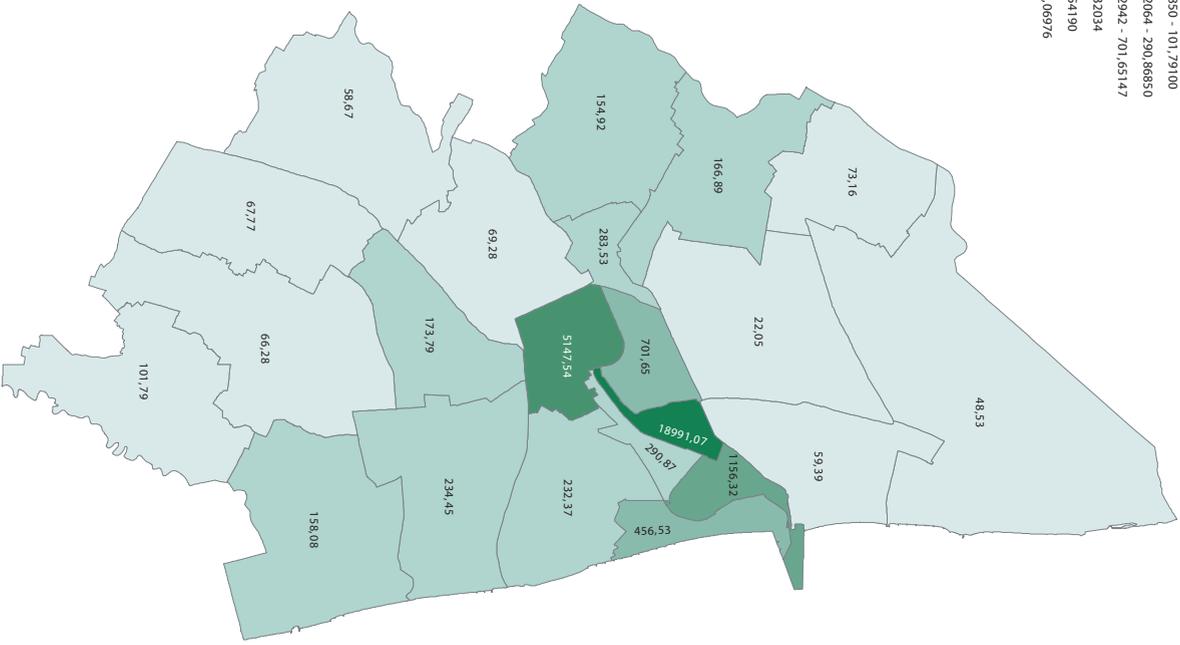
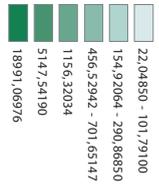


Figura 3: valori del Rapporto di Impatto Ambientale (ELR, in verde) e della Densità Energetica (ED).



L'Indice di Densità Energetica o *Empower Density* (ED) libera il dato energetico dalla correlazione con le dimensioni dei comparti. La mappa dell'ED consente finalmente di vedere in modo trasparente e diretto l'intensità dei flussi. Come si può notare dalle figure a fronte la densità energetica e il rapporto di impatto ambientale disegnano sul territorio delle distribuzioni di valori qualitativamente molto simili tra loro. Questa distribuzione di valori equivale a una sorta di termografia, o di risonanza magnetica del territorio: una rappresentazione della pressione globalmente esercitata sull'ambiente. La mappa di densità energetica consente una percezione immediata della condizione del territorio e del rapporto tra le aree urbane e il loro intorno, ovvero la loro area d'incidenza più prossima. Una città è una struttura dissipativa interessata da continui flussi di energia e materia che ne attraversano i confini; si nutre di neghentropia, cioè di energia di qualità, che riceve dal suo ambiente per organizzarsi e produrre servizi, mentre libera nell'ambiente entropia, energia degradata, sotto forma di scarti, rifiuti e inquinamento.

Quando i fattori di ED divengono troppo elevati è segno che la disponibilità di superficie è divenuta un fattore limitante per l'ulteriore crescita del sistema.

L'indice di densità energetica medio del territorio comunale di Ravenna è molto elevato, pari a $4,28 \times 10^{13}$ sej/m². I valori dell'indice riscontrati per le UE1, UE37 e UE39 (rispettivamente $2,38 \times 10^{14}$; $1,96 \times 10^{15}$; $1,20 \times 10^{14}$ sej/m²) sono decisamente notevoli.

Questi dati indicano che, a meno di imprevedibili mutazioni tecnologiche radicali, la prossimità di soglie di *crescita diseconomica*, ovvero del rischio che a un'ulteriore crescita quantitativa del sistema produttivo e degli scambi commerciali possa corrispondere un impoverimento – anche economico – all'interno dell'ambiente ravennate, deve essere attentamente valutata.

L'emergia *pro-capite* si calcola rapportando il totale dell'emergia che supporta un sistema alla sua popolazione. In letteratura si trova sovente la tendenza a definire tale valore come un indicatore del "tenore di vita": nei sistemi naturali l'emergia pro-capite rappresenta la misura, in senso lato, della disponibilità di risorse della quale può godere ogni individuo che abita un certo sistema. Questa affermazione è, tutto sommato, lecita anche in sistemi antropizzati, se si considerano territori estesi come nazioni, regioni o province, ma va interpretata alla luce delle categorie di risorse che vengono consumate.

L'emergia pro capite nel Comune di Ravenna è pari a $1,96 \times 10^{17}$ sej/ab, un valore indicativo, di per sé, degli elevati livelli di consumo.

Nelle UE37 e UE39, e in parte nella UE38, si riscontrano valori fuori scala: in questo caso la ragione è tutta nei valori di densità abitativa bassi o praticamente nulli. L'indice, in questo caso, non è da ritenersi significativo, se non per sottolineare la destinazione completamente produttiva delle due aree.

Il valore di $1,19 \times 10^{17}$ sej/ab è invece estremamente significativo per il distretto UE1, non facilmente classificabile in virtù degli altri indicatori esaminati. In questo caso, l'alta den-





sità abitativa restituisce un valore addirittura inferiore rispetto alla media comunale, segno dell'esistenza di alcune economie di scala riscontrabili nella città densa, in termini di uso e consumo delle risorse. L'interpretazione di questo indice è comunque abbastanza univoca per tutte le UE non avendo riscontrato, in nessun caso, situazioni di prevalenza di risorse rinnovabili. L'indicazione è pertanto esclusivamente rivolta a valutare l'entità dei consumi attribuibili agli insediamenti individuati in ogni UE.

Gli ultimi due indicatori proposti nelle tabelle, il *Rendimento Energetico* e il *Rapporto di Investimento Energetico*, rappresentano una misura dell'equilibrio con il quale differenti categorie di risorse sono utilizzate nelle varie UE.

L'Indice di Rendimento Energetico (*Energy Yield Ratio* – EYR) è dato dal rapporto tra il totale dell'emergia utilizzata e le risorse provenienti dall'esterno del sistema. Quanto maggiore è il suo valore, tanto maggiore la capacità del sistema di sfruttare le risorse locali per ogni unità di input proveniente dall'esterno.

Il valore calcolato sul Comune di Ravenna complessivamente (1,21) non lontano dal valore medio nazionale (1,30). Il valore calcolato per il Comune di Ravenna è comunque prossimo all'unità, a significare la quasi totale dipendenza del sistema da input esterni in termini di energia e materia.

I valori più alti di questo indice (tra questi il fuori scala della UE39) indicano situazioni di maggiore consumo di risorse locali (nella fattispecie consumo di gas per la produzione di energia) o una maggiore disponibilità e sfruttamento delle stesse (materiali da estrazione nelle UE30 e UE31).

Il livello di dipendenza da altri sistemi viene evidenziato anche dall'ultimo degli indicatori analizzati: l'Indice di Investimento Energetico (*Energy Investment Ratio* – EIR) esprime il rapporto tra le risorse acquisite dall'esterno del sistema e quelle, rinnovabili e non rinnovabili, provenienti dall'ambientelocale.

In questo caso si parla di "investimento" perché l'indice quantifica l'emergia che si cede al mercato per sfruttare l'emergia locale; in altre parole, l'indice valuta se il sistema è un buon utilizzatore delle risorse importate. Tuttavia, quando il valore dell'indicatore è troppo alto, il sistema sta spendendo molto per procurare emergia dall'esterno e sfrutta poche risorse interne, ovvero è fortemente dipendente da sorgenti esterne.

Il valore del Comune di Ravenna è 4,73: a Ravenna i flussi di emergia in entrata sono quasi cinque volte superiori a quelli d'origine locale. In generale, e questo è il tema forte della sostenibilità globale, acquistare risorse non rinnovabili dall'esterno significa trasferire altrove i problemi determinati dalle attività locali. D'altro canto la dipendenza dall'esterno è anche un indice di fragilità, dell'esposizione del sistema economico alle fluttuazioni dei mercati globali, rispetto alle quali un territorio più indipendente è in grado di esprimere una maggiore resilienza.





L'analisi degli storages energetici di Ravenna: fondi e accumuli

Gli em-storages biotici: il capitale naturale

In questi ultimi anni, su alcune riviste scientifiche internazionali, sono comparse alcune pubblicazioni, nelle quali si tenta di attribuire un valore economico agli ecosistemi (Pimental, Harvey et al. 1995; Costanza, d'Arge et al. 1997; Pimental, Wilson et al. 1997).

Ricercatori provenienti dalle più svariate discipline (dall'economia all'ecologia, dalle scienze sociali alla filosofia) e da differenti gruppi di ricerca nel mondo, hanno operato insieme con l'obiettivo di proporre dei criteri per attribuire *un valore economico al capitale naturale presente sul pianeta*. L'operazione non rientra negli obiettivi di questo lavoro, ma gli strumenti e le classificazioni proposte in quel tipo di ricerche possono essere utili per comprendere meglio il ruolo e il valore degli ecosistemi del territorio ravennate: gli stessi che verranno descritti attraverso il calcolo degli energy storages.

Nelle procedure di valutazione del capitale naturale di un territorio sono individuati, in chiave economica, i beni e i servizi che un ecosistema fornisce. I *servizi dell'ecosistema* sono il risultato degli attributi o dei processi fisici, chimici e biologici che contribuiscono all'auto-mantenimento di un ecosistema e che comportano un beneficio per l'ambiente e per le persone. Va notato che, mentre alcuni servizi degli ecosistemi generano dei prodotti – come il pesce o il legname – che transitano effettivamente sul mercato, molti altri, come la regolazione del clima o la possibilità di consentire attività ricreative all'aria aperta, rischiano di non ricevere una adeguata attenzione.

Seguendo l'impostazione di De Groot (1992) e di Ekins (2003), le funzioni ambientali che generano i servizi degli ecosistemi possono essere divise in 4 categorie principali:

i) Funzioni di regolazione: sono collegate alla capacità degli ecosistemi di regolare i processi ecologici di base che contribuiscono a mantenere l'ambiente adatto allo sviluppo della vita (cicli bio-geochimici, regolazione del clima, purificazione dell'acqua ecc.);

ii) Funzioni di produzione: gli ecosistemi forniscono molte risorse, dal cibo alle materie prime, dalle risorse energetiche al materiale genetico;

iii) Funzioni habitat: creazione di ecosistemi naturali, rifugi, nicchie ecologiche per la ri-



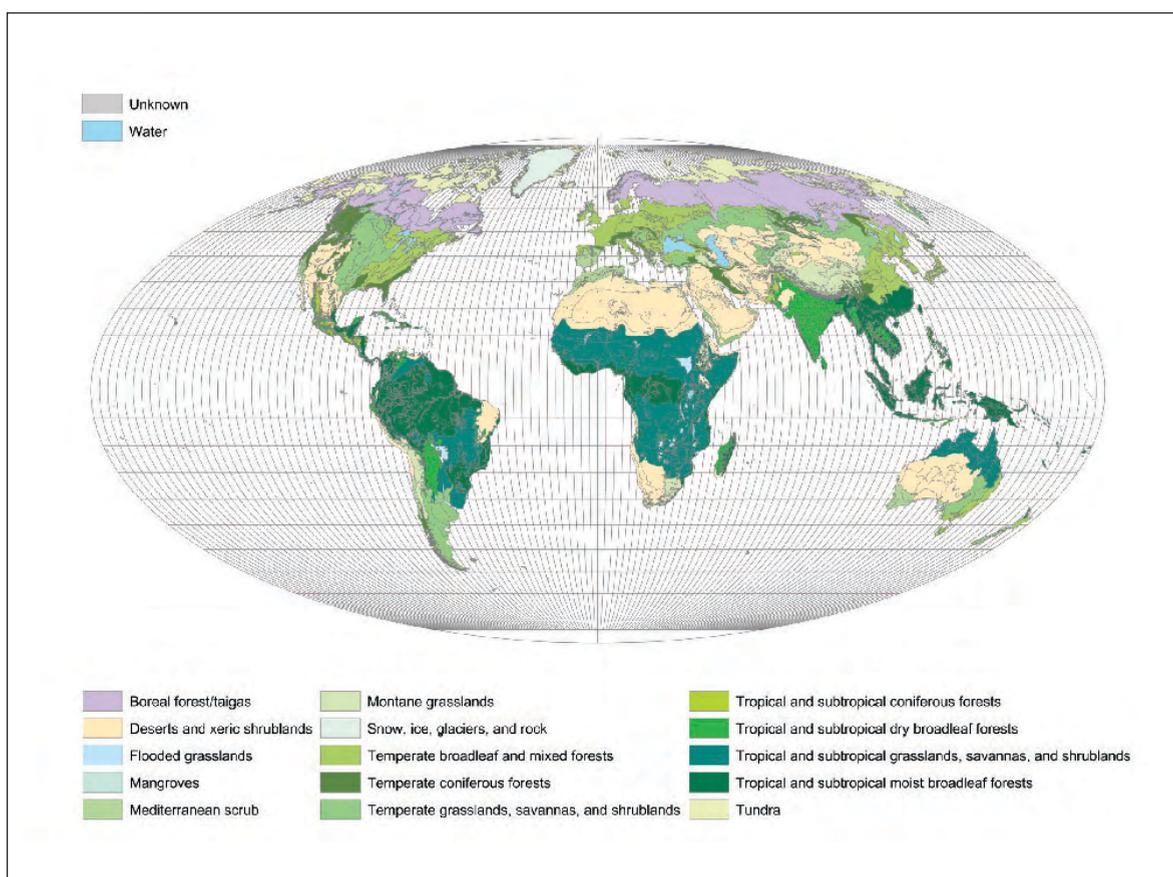


Figura 1: Le principali categorie degli ecosistemi terrestri, nella classificazione CORINE Land Cover (proiezione Mollweide equal-area, GeoServer ESRI ArcWorld, 2002).

produzione, lo sviluppo di specie animali e vegetali, contribuendo al mantenimento della biodiversità e dei processi evolutivi;

iv) *Funzioni di informazione:* i sistemi naturali forniscono supporto per attività ricreative e culturali, contribuiscono al mantenimento del benessere mentale degli individui, fornendo opportunità di riflessione, arricchimento spirituale e sviluppo cognitivo. Forniscono materiali per la ricerca scientifica.

L'approccio dei lavori sopra citati consisteva, sostanzialmente, nell'affiancare ai prezzi dei prodotti degli ecosistemi (pesce, legna ecc.) una stima dei costi di *sostituzione dei servizi* offerti gratuitamente dal capitale naturale, verificando, per esempio, quanto costerebbe purificare industrialmente tutte le acque dolci, ove il ciclo naturale: ghiacciai, fiumi, falde, fosse interamente compromesso.

Ciò che si tenta di fare attraverso il calcolo degli *emergy storages* è di aggredire questo stesso tema da un punto di vista differente: quello della misurazione – attraverso l'emergia – delle risorse attive, le stesse che abbiamo visto offrire servizi, riconosciuti o meno dal mercato, essenziali per la sopravvivenza e il benessere dell'uomo.

Nel lavoro sopra citato, coordinato da Robert Costanza e pubblicato su *Nature* nel 1997, si proponeva una stima del valore del capitale naturale mondiale compresa tra i 16 e i 58 trilioni (10^{12}) di dollari, per un valore medio di 33 trilioni, contro i 18 del GNP (*Global gross na-*





tional product, il PIL mondiale).

Potremmo allora istituire una equivalenza di senso fra quelle cifre e l'ammontare dell'emergy storage biotico mondiale, per renderci conto del valore – anche economico – delle quantità che ci proponiamo di calcolare per il territorio di Ravenna.

Gli emergy storages non sono infatti che la misura, alla fonte, di quegli ecosistemi, di quella "macchina" biologica (*absit iniuria verbo*) che fornisce tanto preziosi, quanto spesso sottovalutati servizi. Purtroppo non è possibile, in questa sede, proporre delle stime globali del capitale naturale mondiale, prodotte attraverso la contabilità degli emergy storages: in realtà esistono ancora delle grandi lacune a livello delle basi di conoscenza necessarie. Non esiste una classificazione sufficientemente accurata della distribuzione della biodiversità mondiale, non esistono descrizioni sufficientemente solide (soprattutto) del comportamento dei grandi ecosistemi oceanici. In ogni caso un tentativo in questa direzione ci avrebbe portato troppo lontano dallo specifico di questa ricerca; basti, per ora, il confronto con la più recente classificazione degli ecosistemi mondiali su base geografica (in figura 1), condotta sulla base della legenda CORINE Land Cover: la stessa, *mutatis mutandis*, utilizzata come base per il lavoro qui proposto sul territorio ravennate.

Il tema del capitale naturale e degli emergy storages biotici (ovvero di quelli che abbiamo chiamato "fondi") interessa immediatamente la sfera del Piano: la tutela del capitale naturale non va considerata come pura opera di protezione, ma come autentica alternativa di investimento. Gli studi di *urban forestry* (iniziati a Chicago verso la metà degli anni '80) mostrano per esempio come – anche su scale estremamente ridotte – perfino le semplici alberature stradali e il verde urbano siano in grado di consentire grandi risparmi nella gestione delle città: soprattutto in termini di abbattimento degli inquinanti, di regolazione del microclima (quindi di risparmio energetico, nella stagione calda), di comfort acustico ecc. Alla luce di queste informazioni è tra l'altro possibile, nel caso di Ravenna, fornire nuovi argomenti a sostegno di alcune operazioni già intraprese, o nell'animo dell'Amministrazione comunale, quali il progetto della rete ecologica o la costruzione della cosiddetta "cintura verde". Il capitale naturale, che può essere descritto per il tramite degli emergy storages, è un parametro primario da considerare nella valutazione dei Piani, tanto più validi e "sostenibili" quanto più orientati nella direzione della sua tutela e sostentamento.

La procedura di calcolo

La base operativa principale adottata per il calcolo degli emergy storages biotici è stata una classificazione dell'uso del suolo, derivata dalla tassonomia CORINE Land Cover (ormai uno standard consolidato, che non merita commenti particolari), opportunamente modificata per dare risalto ad alcune specifiche differenze, all'interno delle categorie principali, particolarmente significative nel contesto ravennate.





In un territorio, come quello ravennate, che comprende spazi di natura assai eterogenea, il peso delle trasformazioni indotte dalle attività umane costringe a operare alcune distinzioni strutturali: anche una volta escluse dall'ambito di studio le aree urbanizzate, dove la presenza di storages biotici è senz'altro irrilevante, rimane infatti da definire il peso dell'influenza dell'uomo anche nelle aree biologicamente produttive.

La categoria dei sistemi con *forte incidenza antropica* comprende: lo sterile e i lotti di cava, il seminativo, i vigneti, e i frutteti, i rimboschimenti e il verde urbano. In tutti questi sistemi è stato calcolato il contributo di risorse derivate da fonti non rinnovabili, legato all'attività dell'uomo, nella generazione degli storages. Le percentuali di incidenza vanno dal 100% degli ambiti urbani (che divergono infatti dalla ricerca, quale ambito specifico dello studio sugli storages antropici, o accumuli), al 35% delle zone adibite ad arboricoltura.

Rimangono in questo modo i sistemi a moderata incidenza antropica, nei quali è lecito trascurare l'apporto dell'uomo nella generazione dei fondi energetici.

Nella classificazione proposta questi ambienti (con vari livelli di maturità ecologica) vi sono: le aree boscate, le acque interne, le pinete costiere, i prati umidi, le dune e le zone umide. In questi ecosistemi lo storage energetico, sia epigeo che ipogeo, è considerato totalmente di origine rinnovabile.

Di seguito è riportata l'analisi svolta per ognuna delle classi individuate, mantenendo distinte le frazioni, epigea – biomassa legnosa superficiale nel caso di ecosistemi a terrestri, specie animali e vegetali che caratterizzano la catena trofica nel caso di ecosistemi acquatici – e ipogea (apparati radicali). Nel paragrafo che discute la componente ipogea è poi riportata anche la valutazione dello storage energetico attribuibile alla sostanza organica nel suolo.

La frazione epigea

Nella tabella 1 è riportato il calcolo degli storages biotici di energia, rinnovabili e non, presenti nell'area ravennate, riconducibili alla *biomassa*, vegetale e animale.

Per ogni tipologia di copertura del suolo, ovvero per ogni genere di ecosistema, vengono definite: la superficie totale relativa, la transformity di riferimento utilizzata, la quantità di biomassa secca stimata e, infine, i calcoli energetici.

Gli elementi "sterile, lotto di cava, altro" e "urbanizzato" non presentano elementi biotici quantificabili e non sono considerati in questa analisi. Nemmeno la classe "seminativo" presenta valori relativi a fondi di biomassa (storage) epigei, poichè esiste – per definizione – un asporto annuale delle biomasse sotto forma di flusso. In queste aree è stata computata, in quanto relativamente stabile, la sola frazione ipogea di storage, legata alla frazione organica del suolo.





-  zona umida, climax
-  zona umida
-  bosco, climax
-  pineta costiera
-  boscato, alberato
-  rimboschimenti
-  prato umido
-  verde urbano
-  vigneto
-  frutteto
-  acque, alta qualità naturalistica
-  acque interne
-  seminativo
-  urbanizzato
-  sterile, lotto di cava, altro
-  dune

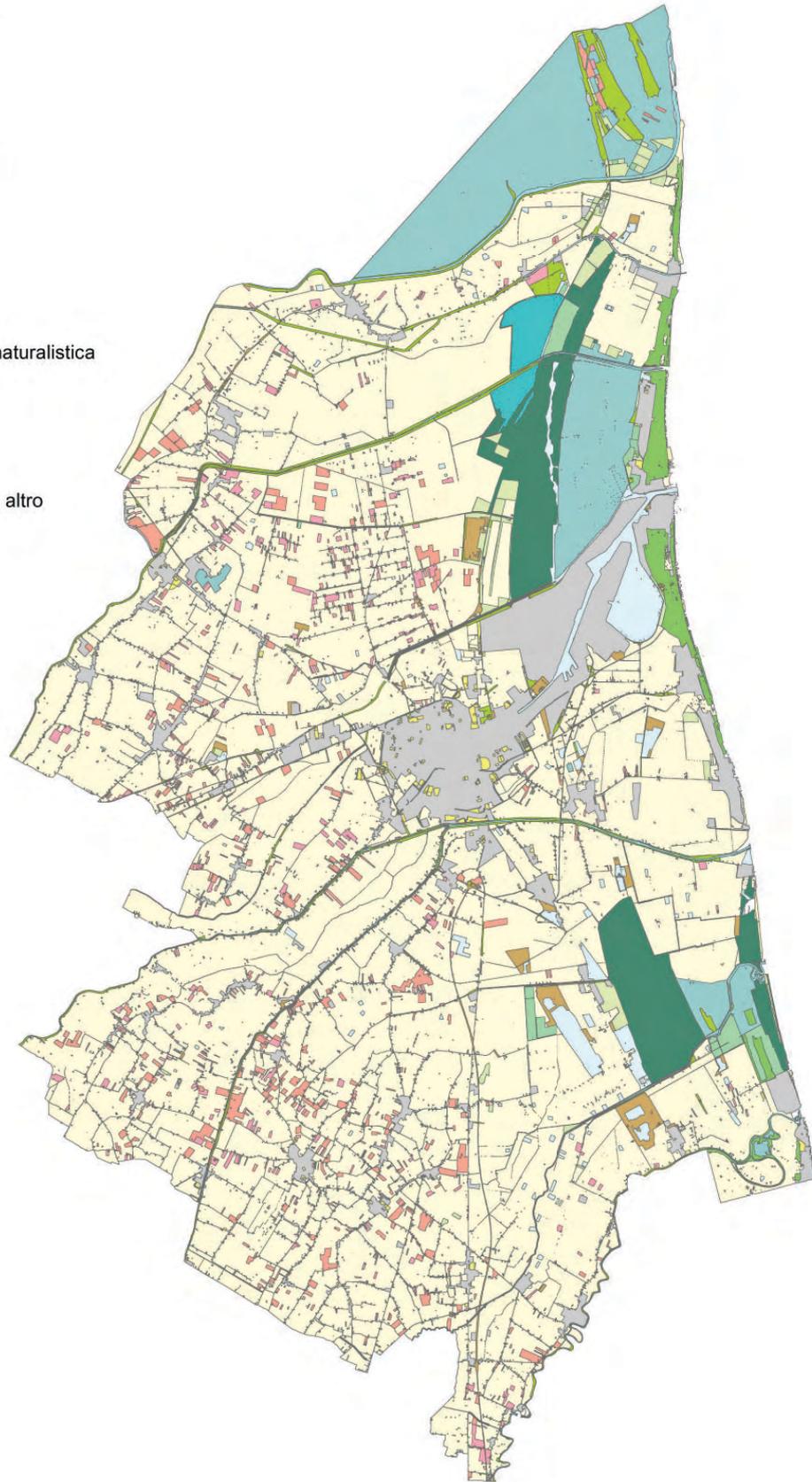


Figura 2: la classificazione di land-cover, in coverage di ArcInfo, utilizzata come base per il calcolo della frazione epigea, e di parte dell'ipogea, dell'em-storage biotico.





Descrizione	Area (KM ²)	Transformity (SEJ/J)	Biomassa epigea			
			Biomassa (10 ¹² J dm/km ²)	Densità emergetica (10 ¹² sej/km ²)	Storage rinnovabile (10 ¹⁸ sej)	Storage non-rinnovabile (10 ¹⁸ sej)
0 sterile, lotto di cava, altro	10,7	-	-	-	-	-
1 seminativo	441,4	-	-	-	-	-
2 vigneto	8,2	5.830	72,8	424.636	2,2	1,2
3 frutteto	13,1	5.830	75,3	439.279	3,7	2,0
4 urbanizzato	52,7	-	-	-	-	-
5 boscato, alberato	13,2	5.504	84,4	464.481	6,1	-
6 acque interne	14,1	65.288	12,4	808.517	11,4	-
7 zone umide (climax)	4,0	73.162	84,4	6.174.124	24,8	-
8 zone umide	44,0	69.100	84,4	5.831.332	256,6	-
9 bosco (climax)	23,9	5.504	124,3	684.280	16,3	-
10 pinete costiere	7,1	7.511	92,7	696.105	5,0	-
11 prato umido	3,6	69.100	10,0	694.206	2,5	-
12 acque interne (alta q. naturalistica)	4,0	85.561	12,4	1.059.677	4,3	-
13 rimboschimenti	6,3	27.339	159,4	4.357.760	11,3	27,6
14 dune	0,5	10.500	14,2	149.440	0,1	-
15 verde urbano	2,5	27.339	37,7	1.029.969	2,6	2,6

Tabella 1: valutazione degli storage biotici (rinnovabili e non) della frazione epigea, in base alla tassonomia derivata dai legenda Corine Land Cover..

I parametri utilizzati per ciascun elemento sono:

- Il contenuto in acqua del legno, pari a un valore medio del 40% (Cost and McClure, 1982);
- Il potere calorifico del legno secco, anch'esso un valore medio, pari a 4 kcal/g;
- La densità media del legno secco, pari a 0,75 g/cm³.

Vigneto e frutteto

Queste due categorie sono assai simili, l'unica distinzione fatta riguarda la biomassa complessiva, che è maggiore nel caso dei frutteti. Entrambi i valori utilizzati derivano da un lavoro svolto dal nostro gruppo di ricerca sulle pratiche agricole maggiormente diffuse sul territorio italiano e rappresentano quindi dei valori medi. Il valore di transformity, riportato in letteratura, è riferito ad una coltivazione arborea caratterizzata da un tempo massimo di ri-impianto di circa 25 anni (Doherty 1995). La percentuale di energia concentrata di tipo rinnovabile è considerata pari al 65%. Questa rappresenta la frazione dello storage emergentico ascrivibile a componenti naturali come il sole, la pioggia, i nutrienti ecc. Nel caso delle pratiche agricole, l'interferenza dell'uomo, che si manifesta attraverso il controllo e la gestione dell'elemento naturale con fertilizzanti, macchinari, potature, ecc. fa sì che l'energia memorizzata nella biomassa sia in parte di origine non rinnovabile.

In generale, le coltivazioni arboree, da una parte a causa della contenuta quantità di biomassa e dall'altro per la limitata organizzazione dell'ecosistema, presentano valori di





transformity e quindi di densità energetica tra i minori riportati in tabella. Questo non significa che, proprio per le funzioni di produzione discusse in precedenza, questi tipi di ecosistemi non rappresentino una funzione chiave per il territorio, producendo cibo, contribuendo all'occupazione e al benessere economico e sociale.

Boscato e bosco (climax)

Questi due elementi di tassonomia non sono altro che fasi di maturazione differenti dello stesso tipo di ecosistema. La distinzione è basata su una presenza di biomassa inferiore nel caso dell'ecosistema non ancora maturo (boscato). I valori di riferimento derivano da una pubblicazione sulle aree forestali italiane (Bassi e Baratozzi, 2000). La transformity deriva dalla letteratura e ed è relativa all'accumulo di biomassa di un area forestata (Orrell 1998). Il valore di densità energetica è ovviamente superiore per l'ecosistema che ha raggiunto un grado di maturazione più avanzato, poiché è maggiore la quantità di flussi di energia che ha ricevuto e immagazzinato nel tempo (684.280 contro $464.481 \cdot 10^{12}$ sej/km²). A differenza delle aree coltivate che abbiamo appena visto, e delle operazioni di rimboschimento che vedremo in seguito, questi ecosistemi condensano solo energia di tipo rinnovabile.

Le funzioni che questi ecosistemi svolgono sono svariate: tra le più importanti, per riprendere le categorie di De Groot (1992) quelle di regolazione, ma anche le cosiddette funzioni habitat e quelle di informazione: davvero notevole è il valore culturale, ricreativo e di memoria storica, riconosciuto alle pinete storiche da parte della comunità ravennate.

Acque interne e acque interne ad alta qualità naturalistica

Le componenti che definiscono la ricchezza in biomassa degli specchi d'acqua, o più in generale di ecosistemi acquatici, sono stratificate nella rete trofica: detrito, fitoplancton, alghe, zooplancton, risalendo gli scalini successivi della catena alimentare, fino ai pesci superiori (che a loro volta costituiscono la base alimentare per gli uccelli ecc.).

La base dati utilizzata per l'analisi è uno studio estremamente dettagliato (Carrer and Opitz, 1999) che quantifica, grazie all'utilizzo di uno specifico software, la rete trofica di una zona bassa della Laguna di Venezia. I dati riportati nel lavoro, espressi in *Joule* di materia vivente, sono stati trasformati in accumuli di energia applicando le transformity calcolate da Odum (2000) per ogni elemento della rete trofica di un ecosistema analogo.

La differenza tra i due ecosistemi: acque interne e acque interne ad alta qualità naturalistica, è data dalla complessità dell'ecosistema più maturo e dalla presenza, in quest'ultimo, di un equilibrio maggiore tra i predatori (con valori di transformity più elevata) e le componenti alla base della rete trofica (transformity più bassa). Il valore di transformity riportato in tabella 2, per entrambi i casi, è una media pesata delle componenti calcolate, e può essere considerato come un valore di transformity dell'ecosistema. È interessante notare che la transformity riportata è tra le più elevate, trattandosi della quantificazione di una rete





trofica complessa. Il valore di densità emergetica è un indice del costo ambientale necessario a supportare un ecosistema, e quello dei sistemi acquatici è tra i più alti riportati. Anche in questo caso lo storage è di tipo interamente rinnovabile.

Agli ecosistemi acquatici sono attribuibili sia funzioni di regolazione, sia di produzione, sia di informazione. Questi sistemi, insieme alle zone umide che vengono trattate di seguito, rappresentano ecosistemi di transizione che svolgono funzioni primarie, tra le quali le azioni di regolazione e di tampone sugli equilibri idrogeologici del territorio. Non ultima la funzione di habitat: queste zone accolgono e sostengono numerose specie di elevato interesse naturalistico.

Prato umido, zone umide e zone umide (climax)

Gli elementi di questo raggruppamento sono le componenti tipiche delle zone umide, considerate importantissimi ecosistemi di transizione. I parametri utilizzati nell'analisi provengono da studi riportati in letteratura su ecosistemi di questo genere. Soprattutto negli ultimi anni è cresciuto il riconoscimento da parte della comunità scientifica internazionale delle importanti funzioni che le zone umide svolgono ed è cresciuta quindi la letteratura ecologica che si occupa di approfondimenti su questo genere di ecosistemi. In conseguenza a questo si sta diffondendo anche una maggior attenzione dell'opinione pubblica e dei pianificatori per la tutela, il ripristino e la valorizzazione di queste aree. La enorme capacità di questi ecosistemi di far ciclare i nutrienti, per esempio, ha fatto nascere proposte, nella comunità scientifica, per la costruzione di intere zone umide per il trattamento delle acque reflue. Inoltre, la grande biodiversità di flora e di fauna racchiusa in queste aree rappresenta un elemento di ricchezza scientifica, educativa e storico-culturale.

In Italia sono infatti poche le zone umide ancora esistenti: il parco del Delta del Po, di cui il ravennate è una continuazione, è una delle più importanti, con la zona di Orbetello, la laguna di Venezia e poche altre. La presenza di zone umide è senz'altro una grande ricchezza per il territorio ravennate che non può che essere sempre più tutelata. Nel più volte citato lavoro di Costanza *et. al.* (1997), pubblicato sulla prestigiosa rivista *Nature*, le zone umide vengono descritte come l'ecosistema terrestre con il maggior valore economico, in termini di servizi, diretti e indiretti, che sono in grado di fornire. La complessità di questi delicati ecosistemi è facilmente leggibile nell'alto valore di densità emergetica calcolato. La differenza principale tra prato umido e zona umida è data dalla quantità di biomassa presente, che è ovviamente inferiore nel primo caso. In entrambi i casi, le quantificazioni derivano da valori medi riportati in letteratura (Zolteck, Bayley et al. 1979). Le transformity applicate derivano entrambe da uno studio in letteratura (Bardi and Brown, 2001) e sono tra loro differenti, poiché l'ecosistema zona umida (climax) ha un maggior grado di maturità, quindi transformity più elevata. È quindi prevedibile che il valore più elevato di densità emergetica in tabella 2 sia rappresentativo dell'elemento zona umida (climax), e sia al 100% una concentrazione di emergenza di tipo rinnovabile.





Pinete costiere

Le pinete costiere rappresentano un'altra peculiarità e ricchezza del territorio ravennate, una ricchezza sia biologica che culturale, un patrimonio storico da mantenere e tutelare.

I dati utilizzati nell'analisi provengono, per le quantità di biomassa, dall'Inventario Forestale Nazionale (ISAF 1985). Nel complesso la cubatura delle piante è inferiore a quella delle aree forestali miste. Il valore di transformity applicato proviene da uno studio eseguito su un ecosistema analogo (Odum 1996). Il valore di densità emergetica che si ottiene è leggermente superiore a quanto calcolato in precedenza per i boschi, poiché la transformity è maggiore, indicando un'ottimizzazione inferiore dei flussi energetici che interessano le pinete rispetto alle aree boschive, dove sono presenti molte più nicchie ecologiche. Anche in questo caso lo storage emergetico calcolato è considerato rinnovabile al 100%.

Per quanto riguarda le funzioni ascrivibili a questo tipo di ecosistema rimangono le considerazioni fatte per gli altri elementi, sottolineando, ancora una volta, il ruolo ricreativo e quello di regolazione del clima. È interessante aggiungere che alcuni studi (Stolt 1982) dimostrano che le conifere hanno maggiori capacità di filtraggio dell'aria, grazie alla superficie degli aghi, maggiore di quella del fogliame comune, e grazie al fatto che le foglie vengono mantenute durante i mesi invernali.

Rimboschimenti e verde urbano

I parametri utilizzati per la valutazione dei rimboschimenti derivano da uno studio sperimentale del nostro gruppo di ricerca. Il valore di densità di biomassa, complessivamente superiore rispetto agli altri elementi fino ad ora analizzati, dipende dalla scelta del tipo di piante che vengono utilizzate con l'obiettivo fine di massimizzare le rese e in modo da raggiungere velocemente uno stato di equilibrio nell'ecosistema che si intende impiantare. La transformity applicata proviene dal medesimo studio ed è composta, oltre che dai flussi di energia che alimentano naturalmente il sistema, anche dal contributo dato dall'azione dell'uomo per accelerare i processi di crescita. Il valore di transformity risulta quindi essere il maggiore, tra quelli visti fino ad ora negli altri ecosistemi; se a questo si aggiunge l'elevato contenuto di biomassa presente, si ottiene un valore di densità emergetica tra i più elevati in assoluto. Pur essendo solo il 41% del valore calcolato, quello ascrivibile a energia di tipo rinnovabile, riteniamo che questo valore possa addirittura essere sovrastimato.

Il verde urbano è stato calcolato nella medesima maniera, attribuendo però una densità di biomassa per area notevolmente inferiore. Abbiamo assunto che sia i flussi naturali, sia l'azione di gestione e controllo dell'uomo sul verde urbano siano del tutto simili a quanto viene fatto nelle pratiche di rimboschimento.

Sulle funzioni e sui servizi, diretti o indiretti, che questi elementi svolgono valgono le considerazioni fatte nei paragrafi precedenti. Ovviamente nel caso del verde urbano queste funzioni possono assumere connotazioni differenti.





Dune

Questi ecosistemi sono gli unici a rappresentare, in questa analisi, l'ambiente marino. Sono ecosistemi estremamente delicati, la cui presenza sull'intero territorio nazionale è ormai pressoché nulla. Sono dunque una ricchezza, soprattutto in termini di biodiversità, da tutelare e valorizzare. Il calcolo svolto si è basato su ecosistemi simili, sia per quantificare la biomassa (Zolteck, Bayley et al. 1979) sia per il valore di transformity (Prado-Jartar and Brown 1996) da applicare. Purtroppo il risultato porta in sé un margine consistente di approssimazione in quanto non esistono studi energetici in letteratura su questi particolari ecosistemi. La transformity utilizzata deriva infatti da uno studio effettuato su ecosistema erboso-arbustivo in una zona arida, e non è quindi specifica. Il risultato di densità emergetica che si ottiene è il più basso, soprattutto a causa della ridotta quantità di biomassa presente in queste aree.

La frazione ipogea

Apparato radicale

La valutazione dell'apparato radicale delle piante, che va a costituire una parte della frazione ipogea dello storage biotico, è riportata in tabella 2. Le considerazioni fatte in precedenza sulle caratteristiche dei vari ecosistemi e sulle assunzioni fatte per il calcolo dello storage energetico in essi concentrato rimangono valide per questa valutazione. È stato considerato uno sviluppo dell'apparato radicale pari al 15% della biomassa superficiale calcolata in precedenza. La stima è piuttosto ampia in quanto non è stata fatta nessuna distinzione tra le varie tipologie di piante. Questo calcolo non pretende di essere esaustivo, poiché gli errori indotti rimangono sotto la soglia delle considerazioni fatte nel paragrafo precedente, in merito al peso energetico dei vari ecosistemi, alla loro complessità e alle funzioni che svolgono. È bene, in ogni caso, sottolineare l'importantissimo ruolo che gli apparati radicali svolgono nel mantenere compatto il terreno e trattenere le acque piovane, che altrimenti fluirebbero immediatamente verso i corpi idrici recettori senza arricchire il terreno.

Sostanza organica nel suolo

Un contributo rilevante alla frazione ipogea dello storage biotico è legato alla sostanza organica presente nel suolo. Si è già accennato nei capitoli introduttivi a come non sia possibile, nè opportuno, contabilizzare le parti inorganiche dei suoli attraverso l'emergia, pur sapendo che proprio i parametri inorganici, tessitura, acidità ecc. sono assolutamente determinanti nella definizione delle effettive proprietà e qualità pedologiche.

Una volta deciso di concentrare l'indagine sulla sola componente organica, si è reso necessario procedere ad una definizione spaziale della componente nel territorio raven-





	Descrizione	Area (KM ²)	Transformity (SEJ/J)	Biomassa ipogea			
				Biomassa (10 ¹² J dm/km ²)	Densità emergetica (10 ¹² sej/km ²)	Storage rinnovabile (10 ¹⁸ sej)	Storage non-rinnovabile (10 ¹⁸ sej)
0	sterile, lotto di cava, altro	10,7	-	-	-	-	-
1	seminativo	441,4	-	-	-	-	-
2	vigneto	8,2	5.830	10,9	63.695	0,3	0,2
3	frutteto	13,1	5.830	11,3	65.892	0,6	0,3
4	urbanizzato	52,7	-	-	-	-	-
5	boscato, alberato	13,2	5.504	12,7	69.672	0,9	-
6	acque interne	14,1	-	-	-	-	-
7	zone umide (climax)	4,0	73.162	12,7	926.119	3,7	-
8	zone umide	44,0	69.100	12,7	874.700	38,5	-
9	bosco (climax)	23,9	5.504	18,6	102.642	2,5	-
10	pinete costiere	7,1	7.511	13,9	104.416	0,7	-
11	prato umido	3,6	69.100	1,5	104.131	0,4	-
12	acque interne (alta q. naturalistica)	4,0	-	-	-	-	-
13	rimboschimenti	6,3	27.339	23,9	653.664	1,7	4,1
14	dune	0,5	10.500	2,1	22.416	0,0	-
15	verde urbano	2,5	27.339	5,7	154.495	0,4	0,4

Tabella 2: valutazione degli storage biotici (rinnovabili e non) della frazione ipogea, in base alla tassonomia derivata dai legenda Corine Land Cover.

nate. Operativamente, i dati di partenza sono stati tratti dal *Catalogo Dei Tipi Di Suolo Della Pianura Emiliano-Romagnola*, della Regione Emilia Romagna, nell'aggiornamento 2003. Dai dati forniti dalla Regione sono state estratte le schede dei tipi di suolo (117 tipologie analizzate, con altrettanti profili di riferimento), disponibili per le delineazioni individuate dalla *Carta delle delineazioni*, che descrive circa 900 unità omogenee sul territorio regionale.

Successivamente sono stati estratti i profili della frazione organica del suolo per le tipologie prevalenti in ciascuna delineazione presente nel comune di Ravenna. Il profilo della frazione organica rappresenta la presenza di materia organica in percentuale. È stato poi adottato un valore medio rispetto all'orizzonte massimo individuato dai campionamenti.

La tabella 3 riporta, a titolo di esempio, i valori relativi a uno dei profili di suolo che sono stati utilizzati per ottenere i valori di distribuzione della frazione organica.

Nell'esempio riportato, relativo alla Delineazione n. 995, ad ovest della riserva naturale delle Mandriole-Punte Alberete, valore applicato alla zona omogenea n° 10, sono state considerate le seguenti caratteristiche: suolo Galisano (generalmente argilloso-limoso), profondità 150 cm, frazione organica 2.2% (media pesata). Per una bulk density media della frazione organica di 1,2 g/cm³ si ottengono dunque 39,6 kg di sostanza organica presente per ogni metro quadrato di superficie di quel tipo di suolo. I dati così ottenuti sono stati poi applicati, per attribuzione delle densità di sostanza organica, alle zone omogenee della Carta pedologica provinciale, disponibili nel Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale di Ravenna e, quindi, nelle basi del SIT comunale.





PROF. MIN. CM	PROF. MAX. CM	SABBIA %	LIMO %	ARGILLA %	MATERIA ORG. %	PH IN H ₂ O	CALCARE TOTALE %	CALCARE ATTIVO %
0	50	5,0	55,0	40,0	3,8	8,0	14,0	12,0
50	90	7,0	34,0	59,0	1,9	8,5	15,0	12,0
90	120	5,0	37,0	58,0	1,1	8,5	17,0	12,0
120	150	3,0	39,0	58,0	1,1	8,4	13,0	13,0

Tabella 3: uno dei profili di suolo (Galvano), utilizzati nella preparazione della carta della distribuzione della frazione organica dei suoli nel territorio del Comune di Ravenna.

Le carte pedologiche provinciali sono state quindi utilizzate per eseguire i calcoli relativi alle superfici e, di conseguenza, per ottenere i bilanci di massa. Il passo successivo alla quantificazione fisica della quantità di sostanza organica presente nei diversi suoli è stata la sua elaborazione in chiave energetica: dal bilancio di massa, applicando il valore di transformity della sostanza organica nel suolo riportato in letteratura, pari a $1,67 \cdot 10^9$ sej/g (Odum 1996), si ottiene il valore di densità energetica dello storage. I risultati, suddivisi per ogni tipologia di suolo presente nel territorio ravennate, sono descritti spazialmente nella GRID riportata in figura 4. In merito al calcolo della frazione organica conviene tenere conto che si tratta, nonostante le cautele adottate, di valori con un margine di errore probabile piuttosto elevato, data l'estrema diversificazione dei suoli nel comune di Ravenna che, oltre alla variabilità naturale, hanno risentito di una quantità notevolissima di modifiche da parte dell'uomo, in epoca storica.

La distribuzione dei fondi: il capitale naturale di Ravenna

Il valore complessivo che deriva dalla sovrapposizione delle frazioni ipogea e epigea così calcolate è di $4,73E+20$ sej, circa sette volte il flusso totale delle risorse rinnovabili che passano in un anno nel territorio ravennate. In realtà non è possibile trarre delle conclusioni quantitative stringenti a partire dal dato assoluto, poichè (come era giocoforza succedesse, a causa dell'innovatività del calcolo) manca una casistica di riferimento, nei sistemi antropizzati, per poter valutare adeguatamente il rapporto fra valori di storage e valori di flusso. Ciò che invece è immediatamente percepibile e rilevante è la distribuzione interna del capitale naturale, identificata quantitativamente nella GRID in figura 5.

Per comprendere più chiaramente la struttura energetica dei fondi si è costruito un modello tridimensionale, ovvero una superficie (figura 6) i cui valori sull'asse z (le altezze) corrispondono ai valori di densità del capitale naturale.

Si possono notare chiaramente le tre grandi masse principali, i rami più esili della rete idrica primaria, le pinete costiere e gli spazi del verde urbano: dalle grandi cesure che separano gli elementi primari, la presenza di elementi isolati e l'esilità di certi collegamenti emergono immediatamente suggestioni importanti, rispetto alla possibilità di ricomporre



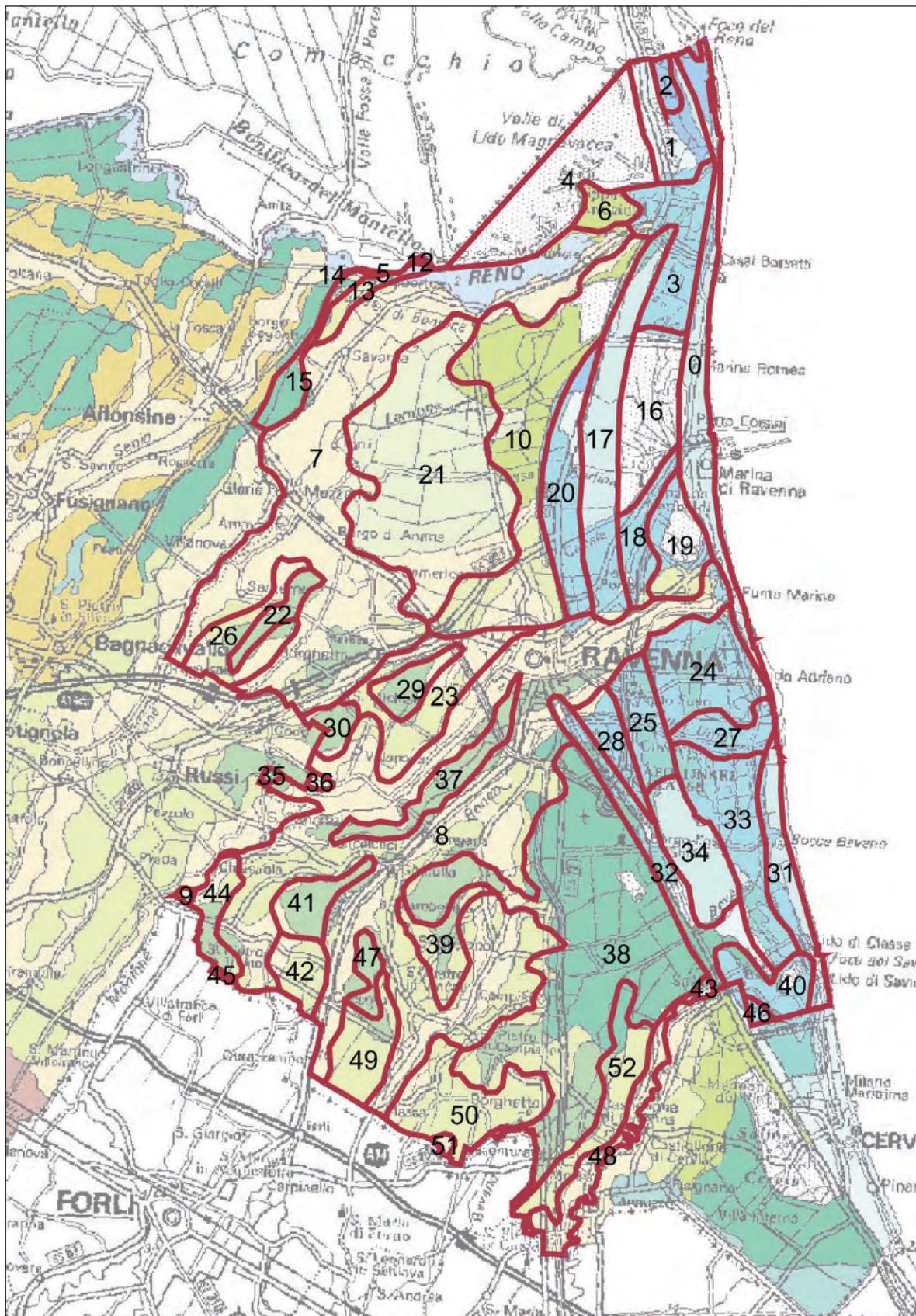


Figura 3: Studio della corrispondenza tra delineazioni della carta pedologica della Regione Emilia Romagna e le zone omogenee della carta pedologica del quadro conoscitivo del PSC, per la attribuzione dei valori medi della frazione organica.



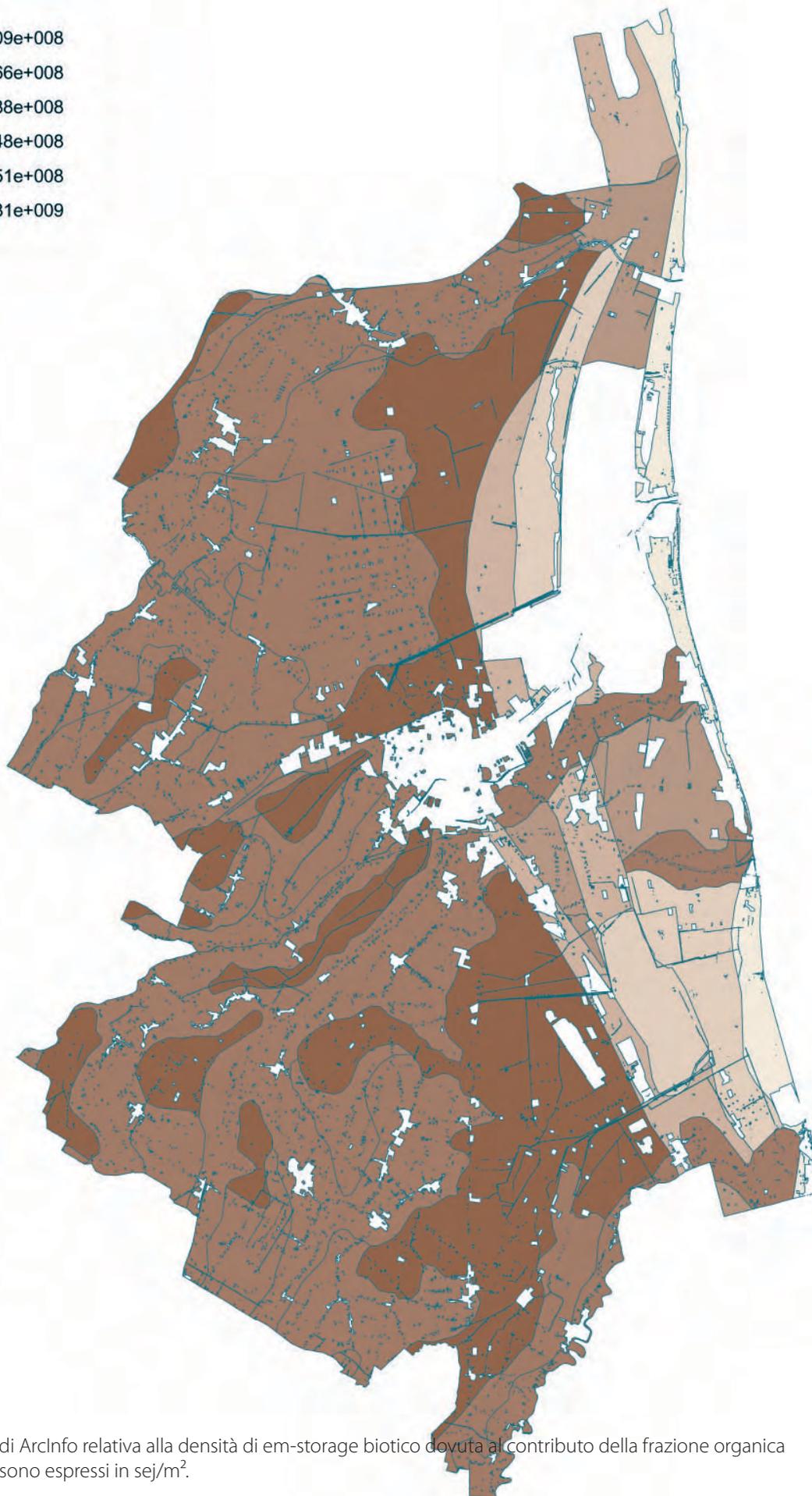


Figura 4: GRID di ArcInfo relativa alla densità di em-storage biotico dovuta al contributo della frazione organica dei suoli. I valori sono espressi in sej/m^2 .



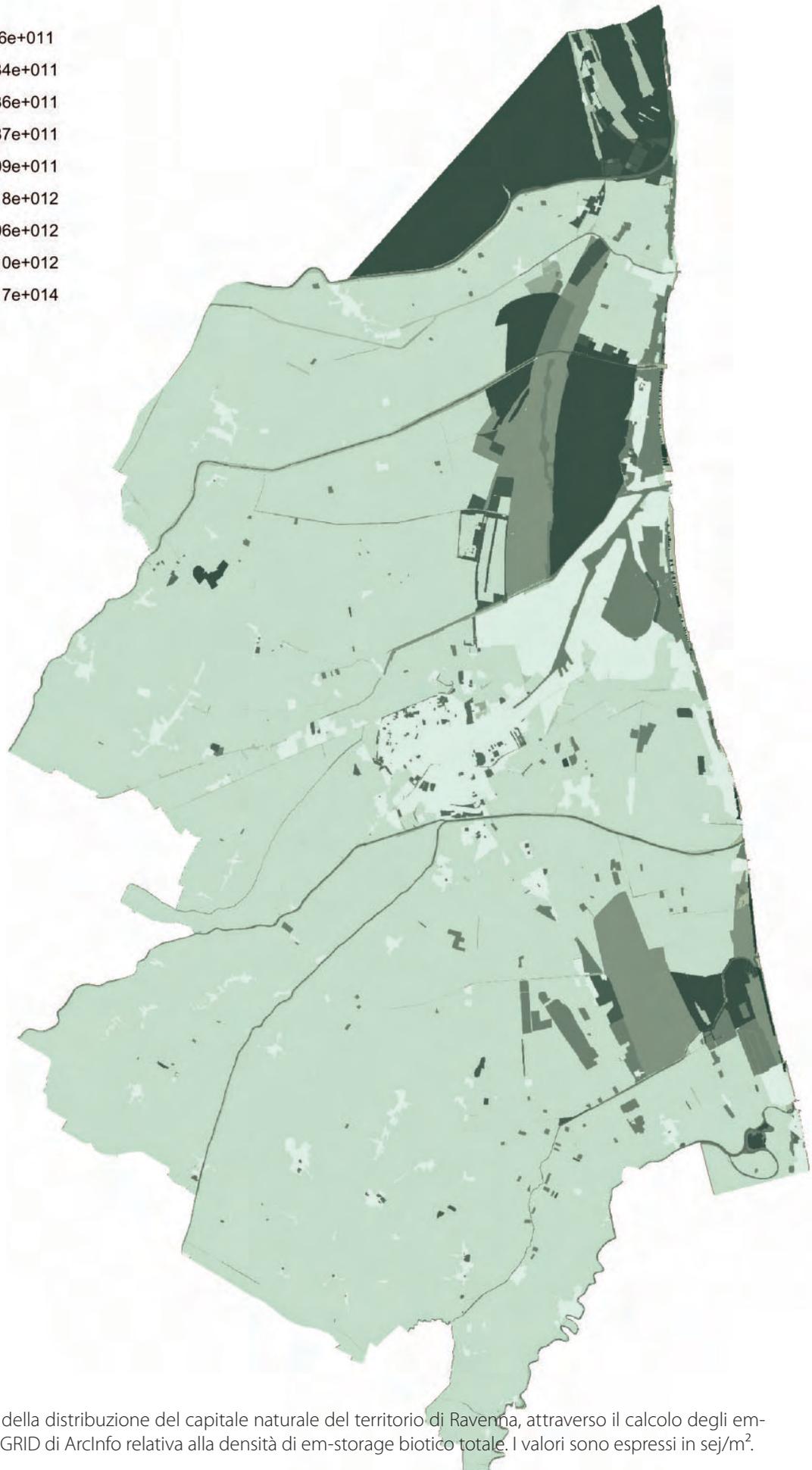
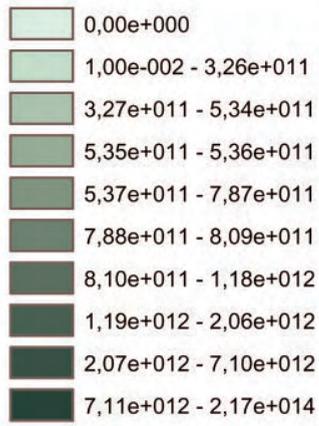


Figura 5: carta della distribuzione del capitale naturale del territorio di Ravenna, attraverso il calcolo degli em-storage biotici: GRID di ArInfo relativa alla densità di em-storage biotico totale. I valori sono espressi in sej/m².





Figura 6: proiezione tridimensionale della matrice di densità di em-storage biotico: le masse rappresentate corrispondono ai fondi di capitale naturale.

le grandi fratture, consolidare le masse più importanti e mettere in rete, appunto, di tutti i fondi energetici disponibili. Ulteriori considerazioni sono tuttavia possibili se si procede a una lettura sinottica, a un confronto con i valori di storage antropico.

Si può tuttavia considerare da subito come una base conoscitiva di questo tipo permetta di esprimere delle considerazioni forti rispetto alle previsioni localizzative previste da un Piano: una volta definita una superficie e una tipologia di intervento è infatti immediatamente noto il costo causato all'ecosistema in termini di perdita di capitale naturale, in valore assoluto e in termini percentuali sul totale disponibile.

Anche da una lettura della struttura, della conformazione spaziale della distribuzione dei fondi emergono indicazioni rilevanti: non è infatti equivalente sottrarre capitale naturale da una massa isolata, a una matrice primaria o andare a interrompere un corridoio fondamentale di connessione.

Il network rappresentato attraverso la densità dei fondi rappresenta poi la base di partenza ideale per la progettazione di una rete ecologica locale: una fotografia dello stato di fatto dalla quale è agevole individuare matrici, gangli e corridoi, primari e secondari, e eventuali condizioni di isolamento.





Gli em-storages antropici: il capitale urbano

Dopo avere individuato i fondi energetici, il capitale naturale biologicamente produttivo del territorio ravennate, rimangono da considerare gli accumuli di energia.

Abbiamo già mostrato, nella sezione teorica dedicata agli storages, come la materia organizzata che viene fatta convergere all'interno del sistema urbano non sia completamente degradata, ma conservi anzi un'importante potenziale, termodinamico e di valore d'uso. Gli accumuli urbani possono allora essere considerati come *capitale urbano*, ovvero una forma differente di patrimonio, per raccogliere il quale è stato necessario un grandioso dispendio di risorse, e che va quindi tutelato e fatto fruttare quanto più possibile.

Anche in questo caso, come per gli energy storages biotici, ci si propone di tracciare una mappa della distribuzione spaziale di questo tipo di capitale, di ottenere una matrice geografica della densità di em-storage antropico.

Questa matrice consentirà di esprimere delle considerazioni in merito all'entità degli accumuli in termini di valori assoluti, alla gerarchia energetica sottesa al paesaggio costruito, alle relazioni fra storages biotici e antropici, fra fondi e accumuli e tra questi e i flussi annuali.

La procedura di calcolo

Per giungere alla mappa della densità energetica degli accumuli verranno considerati:

- i volumi e quindi le masse di tutti gli edifici che insistono sul territorio di Ravenna
- le strade
- le ferrovie
- le reti tecnologiche di terra (acqua, gas, fognature)
- gli elettrodotti di alta tensione
- gli oleodotti

I dati metrici utilizzati comprendono da un lato l'attacco a terra (ovvero la superficie di appoggio) e l'altezza di gronda di ciascun edificio, dall'altro gli sviluppi lineari (ovvero le lunghezze) di tutti gli elementi a rete.

I valori di volume ottenuti per ciascun edificio verranno in realtà fatti coincidere con il baricentro del poligono di appoggio, ovvero verranno attribuiti al centroide di ciascun poligono della coverage ArcInfo utilizzata per il calcolo. Questo passaggio è reso necessario dal fatto che gli algoritmi disponibili per il calcolo spaziale delle densità lavorano preferibilmente su basi di punti o di linee. Dal punto di vista del risultato, che verrà prodotto su una matrice (GRID) con celle quadrate di 5 metri di lato, si può considerare tale operazione del tutto equivalente ad un calcolo impostato a partire dai poligoni.





Il dato operativamente più comodo per procedere al calcolo delle densità è rappresentato da una massa lorda per volume degli edifici, e per metro lineare degli elementi a rete. Con il consueto passaggio di attribuzione delle transformity sarà allora possibile determinare il contributo di ogni metro cubo di volume edificato, e di ciascun lineare di ferrovia, piuttosto che di elettrodotto, in termini di em-storage.

Gli edifici

Non è ovviamente possibile conoscere accuratamente la composizione di ciascun fabbricato, e si rendono quindi necessarie alcune approssimazioni. Conviene innanzitutto sottolineare che non è stato mai considerato, in questo studio, il contenuto degli edifici – anche se gli studi di materials accounting mostrano quanto possa essere rilevante – limitando lo sguardo alle sole infrastrutture, agli elementi permanenti della città.

Il modello di riferimento utilizzato come base è il *METALAND building*, proposto da Baccini e Brunner (1991), adattato da precedenti lavori di Bilitewski (1986) e Herrmann (1982). Il METALAND building è un'astrazione, un elemento di un modello molto complesso (METALAND, appunto) costruito per verificare il peso, in termini di flussi di materiali, da attribuire alle differenti attività (risiedere, lavorare, lavarsi, mangiare ecc.) svolte dagli individui all'interno dei sistemi urbani.

Il METALAND building è rappresentativo della composizione media di un edificio generico, costruito a cavallo tra gli anni 60 e 70. L'utilizzo univoco di questo modello porta verosimilmente a sottovalutare le quantità di em-storage nel comparto industriale, tuttavia una precisa indagine sulle componenti degli edifici delle aree produttive, e in particolare di quelle nei pressi del porto, che accolgono impianti estremamente diversificati e complessi, travalica gli obiettivi e il budget temporale a disposizione di questo lavoro. Si è quindi ritenuto più corretto mantenere il dato di partenza e dichiarare questo problema, piuttosto che tentare delle compensazioni non adeguatamente verificate.

Per il METALAND building sono state calcolate le porzioni di volume lordo occupate dai diversi materiali componenti, per un totale di 0,32 volte il volume totale. Questa frazione è stata poi moltiplicata per una densità media di 103 kg/m³. Si è giunti così alla porzione di massa di ciascun materiale per unità di volume lordo, sempre in kg/m³.

Il 46% della massa dell'edificio è data dal cemento, per un totale di 227,5 kg/m³. A questo valore è stata quindi applicata la transformity standard in letteratura, giungendo così ad un contributo per metro cubo di 1,7e+14 sej. La transformity specifica del METALAND building, sommando i contributi delle varie componenti ottenuti attraverso lo stesso metodo, diviene così di 5,02e+14 sej.

Considerato che il valore per unità di volume corrisponde ad una massa di 491,2 kg, significa che stiamo parlando di una transformity media di 1,02e+09 sej/g. Questo valore concorda sostanzialmente con gli 1,55e+09 sej/g calcolati per i materiali da costruzione, attraverso un percorso differente, da Brown e Buranakarn (2002), in linea con Haukoos (1996).





METALANDbuilding		<i>kg per m3</i>	<i>Transformity sej/kg</i>	<i>sej/m3</i>
	cemento (cls)	227	7,48E+11	1,70E+14
	mattoni	100	2,52E+12	2,52E+14
	pietre da opera	65	5,00E+11	3,25E+13
	legno da opera	48	3,49E+07	1,68E+09
	intonaci	20	7,00E+11	1,40E+13
	materiali compositi	20	1,00E+12	2,00E+13
	ferri per C.A.	7,6	8,55E+11	6,50E+12
	plastica	2,2	3,80E+11	8,36E+11
	vetro	1,3	8,40E+08	1,09E+09
	cavi elettrici	0,1	6,80E+13	6,80E+12
	<i>totale</i>			5,02E+14
Strade		<i>kg per metro lineare</i>		<i>sej/m</i>
	bitume per manto di usura	2,5	3,80E+08	9,50E+08
	binder (asfalto)	30	4,65E+12	1,40E+14
	massicciata	614	5,00E+11	3,07E+14
	cemento (opere)	30	7,48E+11	2,24E+13
	ferro (guard-rail)	20	8,55E+11	1,71E+13
	<i>totale</i>			4,86E+14
Ferrovie				
	ballast/sub ballast	1800	5,00E+11	9,00E+14
	cemento (traversine e opere)	622	7,48E+11	4,65E+14
	ferro (binario e C.A.)	149	8,55E+11	1,27E+14
	<i>totale</i>			1,49E+15
rete acqua				
	ferro tubature	5	8,55E+11	4,28E+12
	cls opere	1	7,48E+11	7,48E+11
	<i>totale</i>			5,02E+12
rete gas				
	ferro tubature	2,5	8,55E+11	2,14E+12
	cls opere	1	7,48E+11	7,48E+11
	<i>totale</i>			2,89E+12
fognature				
	parti in ferro	5	8,55E+11	4,28E+12
	calcestruzzo	60	7,48E+11	4,49E+13
	<i>totale</i>			4,92E+13
alta tensione				
	cavi e tralicci	45	8,55E+11	3,85E+13
	<i>totale</i>			3,85E+13
oleodotti				
	ferro tubature	95	8,55E+11	8,12E+13
	cls opere	20	7,48E+11	1,50E+13
	<i>totale</i>			9,62E+13





Le reti tecnologiche

Per la rete stradale si è dovuto impostare un calcolo che tenesse conto delle caratteristiche medie dei tracciati urbani ed extraurbani, con notevoli variazioni nei sostrati e nelle opere di supporto. Come riferimento si è tenuta una sezione composta da 2-5 cm di manto di usura, 8-12 cm di binder (asfalto), 15 cm di stabilizzato e 50 cm di massicciata. A questi valori sono poi stati sommati i contributi di calcestruzzo delle opere nonché i ferri delle armature e dei guard-rail delle tratte extraurbane.

Per la rete ferroviaria il contributo più rilevante è quello determinato del ballast e del sub-ballast, mentre si è trascurato il geotessuto che viene posto fra i due strati nelle tratte di impianto più recente. Per tutti i casi nei quali si sia dovuto calcolare le masse di conglomerati a partire da descrizioni di volume, come per le massicciate, sono state utilizzate per la conversione delle tabelle di *bulk-density*, con riferimento alle pezzature dei materiali presenti e ai loro pesi specifici. Le quantità di ferro per la sede ferroviaria tengono conto del binario e dei ferri di armatura delle traversine. Non è stato invece computato il contributo delle infrastrutture di elettrificazione della linea.

Anche per le reti tecnologiche si è proposta una stima relativa ai soli contributi dei materiali ferrosi delle tubature (considerando sezioni e spessori) e al calcestruzzo delle opere di supporto, trascurando lo scarto delle tratte residue in fibrocemento, così come i contributi di altri materiali, plastiche, gomme, componenti delle valvole ecc.

Per le linee dell'alta tensione sono state considerate delle strutture di traliccio da 3,5 tonnellate, con passi di campata di 100 metri, più i conduttori. Per gli impianti fognari sono stati imposti dei valori medi che tengono conto delle fogne bianche e nere del centro storico e dei collettori del forese. Negli oleodotti sono state considerate le condutture Snam, Enel e Agip, sia attive, sia in disuso. Come spesso capita, lo sviluppo dei sistemi a rete è superiore a quanto il senso comune suggerisce: nel loro insieme gli assi stradali e le reti tecnologiche considerate costituiscono un network di poco meno di 5.500 km di lunghezza.

Il calcolo della densità

Sul calcolo raster delle densità spaziali desunte dai valori di elementi puntuali o reticolari influiscono tre parametri fondamentali: la dimensione di cella, il raggio di ricerca e il metodo di riferimento. Per il calcolo delle nostre mappe del capitale urbano è stata utilizzata una matrice di celle quadrate di 10 metri di lato, con un raggio di ricerca di 100 metri in modalità *kernel*.

I contributi energetici degli edifici sono stati attribuiti direttamente ai centroidi, e il calcolo delle densità è stato fatto direttamente in sej/m^2 . Per gli elementi lineari è stato invece necessario posporre il calcolo energetico a valle, dopo avere estratto le matrici in densità di elemento (come dire: dopo avere verificato la densità per metro quadro di tubature del gas, piuttosto che di strade), e imponendo alle matrici i valori di transformity. La necessità di questo artificio contabile è di facile comprensione: poichè le transformity degli elementi



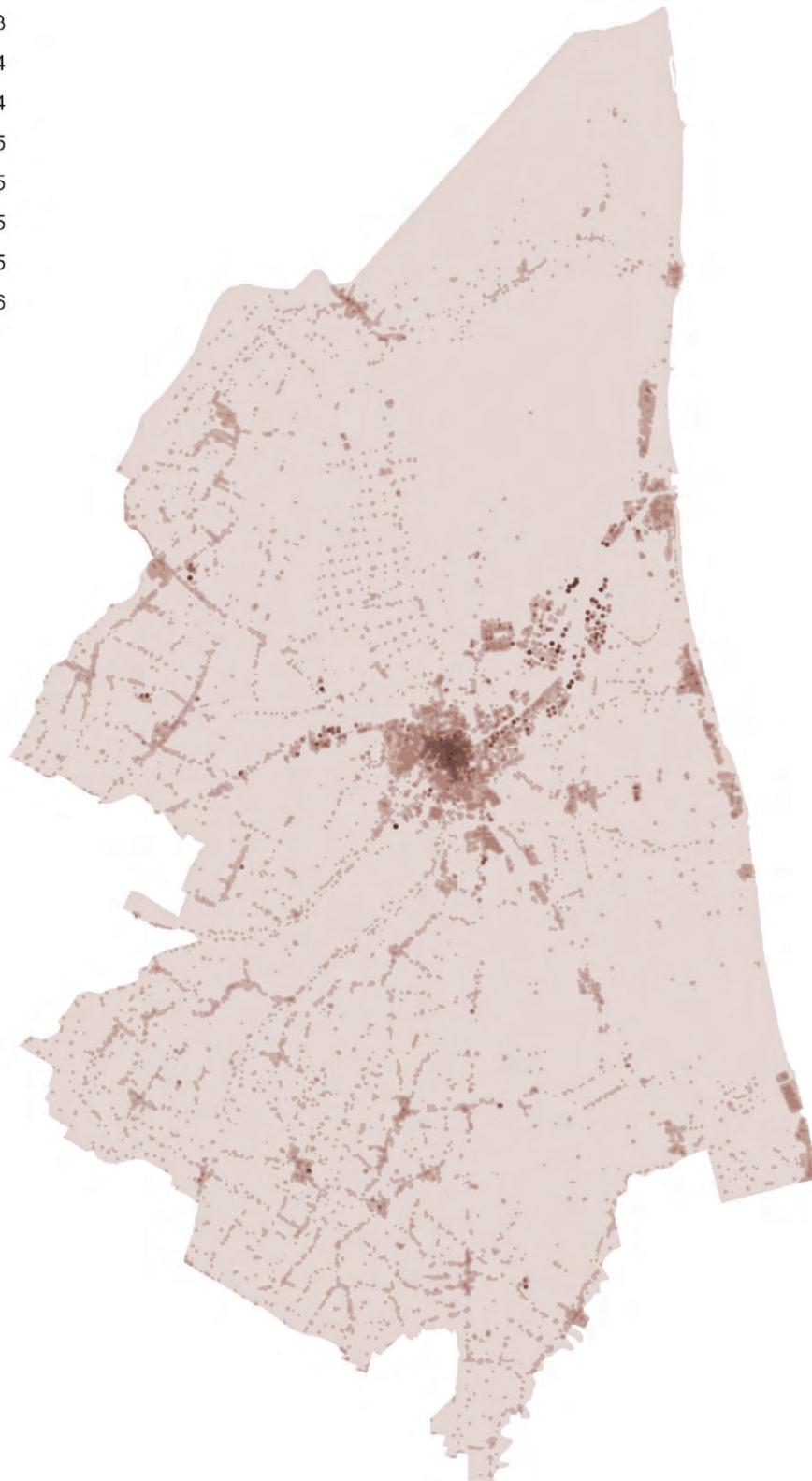
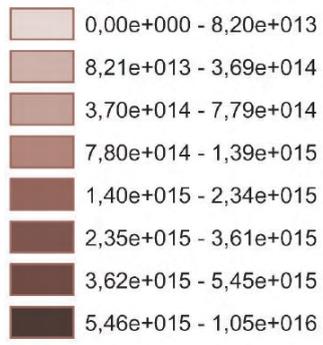


Figura 7: calcolo del contributo degli edifici in termini di emergy storage: i valori sono espressi in sej/m².



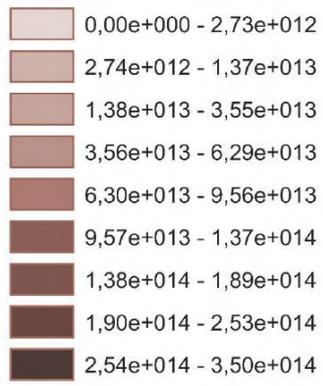


Figura 8: calcolo del contributo delle infrastrutture a rete: i valori sono espressi in sej/m².



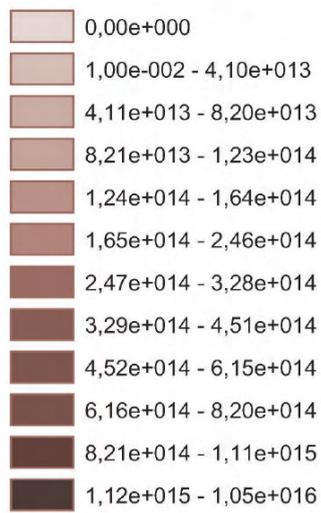


Figura 9: la mappa degli accumuli energetici, ovvero del capitale urbano, sempre in sej/m².





a rete vengono moltiplicate per le lunghezze di ciascun arco, la lunghezza degli stessi sarebbe stata calcolata due volte dall'algoritmo di estrazione delle densità di cella. In questo modo una tubazione unica di 100 metri avrebbe finito con il determinare un valore superiore a quello della stessa tratta, disegnata con 10 archi da 10 metri.

Le matrici delle singole componenti, espresse in unità omogenee, sono poi state unificate per somma dei valori delle celle sovrapposte.

Il capitale urbano di Ravenna, così calcolato, equivale a $3,62 \times 10^{22}$ sej. Anche in questo caso fa difetto l'esistenza di una casistica di riferimento, con la quale poter confrontare il dato assoluto. Si può tuttavia considerare, per esempio, che il capitale urbano è di due ordini di grandezza superiore al capitale naturale, una forbice meno estrema rispetto a quella che divide i valori dei consumi di risorse rinnovabili e non rinnovabili, segno di una situazione tutto sommato meno squilibrata di quanto potesse apparire dall'indagine dei soli valori di flusso.

Lo studio comparato del capitale naturale e del capitale urbano mostra chiaramente l'esistenza di due reti energetiche, gerarchicamente strutturate e in contatto reciproco.

Partendo dall'assunto generale per il quale un sistema è tanto più efficiente quanto più è in grado di esprimere una gerarchia interna ben definita, si apre lo spazio per valutare, sulla base dei valori attuali, il contributo delle proposte di Piano nel ridisegnare, modificare o specificare le strutture energetiche esistenti.

La mappa del capitale urbano mostra in realtà una notevole dispersione dei valori, dovuta sia a fenomeni di *sprawling*, sia alla ragnatela – spesso sconclusionata – delle reti tecnologiche, con infrastrutture della viabilità, oleodotti ed elettrodotti che vanno ognuno per proprio conto, rendendo così molto più elevato il rumore di fondo e il disturbo sul capitale naturale.

Ogni nuovo insediamento proposto dal Piano porta un contributo alla gerarchia energetica esistente: si potranno allora verificare sia l'incidenza quantitativa di questi contributi, sia la loro coerenza con l'assetto gerarchico esistente.

Aree nelle quali si verifica una contiguità di alti valori di storage dei due tipi (il caso più eclatante, a Ravenna è nella zona a nord dell'area portuale) sono aree di grande criticità, rispetto alle quali si impone un'attenzione specifica. Il tema del confronto fra capitale naturale e capitale urbano assume poi un ruolo chiave nel già citato tema della progettazione delle reti ecologiche. Attraverso una rappresentazione come quella proposta a fronte, dove i valori di storage sono espressi tridimensionalmente (e opportunamente pesati per consentire un confronto), e inserendo delle simulazioni di progetto della rete ecologica, è possibile cogliere chiaramente i due aspetti chiave della progettazione di corridoi, tessuti connettivi ecc.: da un lato la necessità di collegare tra loro le aree con alte dotazioni di capitale naturale, dall'altro quella di definire dei confini, di mediare progettualmente i rapporti tra aree biologicamente produttive e spazi urbani, ottenendo in questo modo grandi vantaggi su entrambe i fronti.



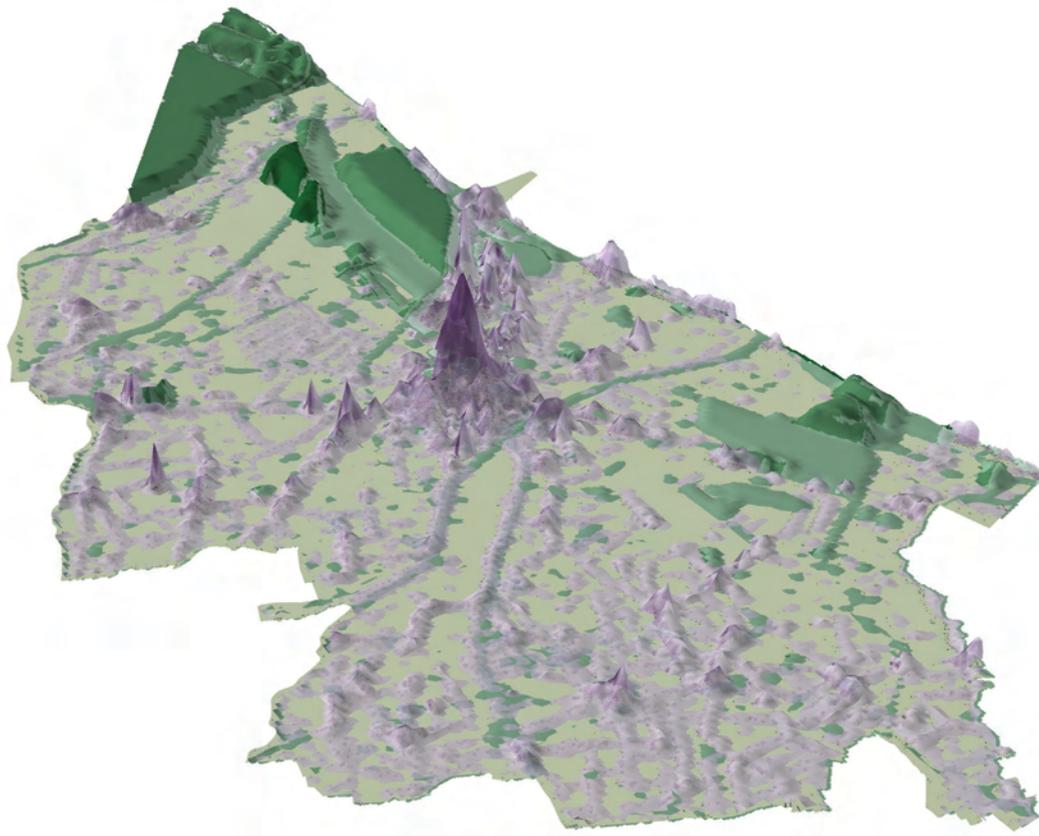


Figura 10: proiezione tridimensionale comparata del capitale naturale (x100) e del capitale urbano: le masse rappresentate corrispondono ai fondi, in verde, e agli accumuli, in viola. Nell'immagine in basso viene simulato l'inserimento del progetto di rete ecologica proposto nell'ambito dei lavori del Piano Strutturale di Ravenna.





■ *pagina 236*





Conclusioni e prospettive per la VALSAT

L'obiettivo di questo lavoro era quello di istruire un solido quadro teorico e una base di conoscenza significativa, sui quali poter fondare dei giudizi in merito alla sostenibilità delle azioni di Piano, sia in termini generali, sia e soprattutto nello specifico del Piano Strutturale (PSC) di Ravenna.

Questa relazione è stata costruita seguendo, passo per passo, i lavori del gruppo di progettazione del PSC: dalla redazione del Documento Preliminare, alla meticolosa costruzione del Quadro Conoscitivo, al processo di perfezionamento e di verifica operativa delle scelte di Piano. A unire tra loro i lavori del Piano e la ricerca sulla sostenibilità c'è stato, oltre ovviamente all'oggetto specifico d'indagine, l'orizzonte comune della redigenda verifica delle scelte proposte dal PSC, la VALSAT, prevista dalla Lr. 20/2000.

La VALSAT è l'incarnazione, nella normativa della Regione Emilia-Romagna, della Valutazione Ambientale Strategica (VAS), ovvero della procedura di verifica degli impatti e della sostenibilità dei Piani e dei Programmi.

La disciplina urbanistica ha accolto con grande interesse l'introduzione di questo nuovo strumento e, d'altro canto, gli esperti della Valutazione d'Impatto Ambientale hanno cercato di trasferire in questo nuovo campo la loro *expertise*, costruita però nel merito di opere e di interventi specifici.

Il teatro della pianificazione territoriale è tuttavia così complesso e molteplice, che il quadro disciplinare della VAS è – a oggi – tutt'altro che stabile. Molto spesso, proprio i più generosi e articolati tentativi di imbrigliare l'espressione del giudizio di sostenibilità in apparati razional-comprensivi, appaiono naufragare nello smarrimento generato dalla pretesa di raggiungere una esaustività sistematica.

Convinti che – più semplicemente – la valutazione della sostenibilità del Piano non possa che essere un esercizio interpretativo, rigorosamente documentato, che faccia sintesi delle criticità e dei vantaggi indotti dalle più rilevanti proposte del PSC, abbiamo avuto però l'ambizione di alzare lo sguardo, di pretendere, a fondamento dell'ormai prossimo momento della valutazione, che la "sostenibilità" fosse intesa *innanzitutto* nel suo senso





più denso, quello determinato dall'appartenenza di ciascun territorio a una biosfera indebolita e minacciata dai comportamenti dell'*homo technologicus* e dal mito della crescita.

Abbiamo visto come solo a partire da uno sfondo di conoscenza di tipo termodinamico sia possibile avanzare interpretazioni coerenti in merito alla *sostenibilità generale* di un territorio e, quindi, di un'azione di Piano che, introducendo degli elementi normativi, si propone di correggerne la traiettoria evolutiva. Abbiamo chiarito al tempo stesso i limiti intrinseci di uno sguardo di questo tipo – necessario e non sufficiente, si diceva – per istruire un'interpretazione e un progetto di sostenibilità. Avvertiti dunque del fatto che considerazioni puntuali possano condurre ad assumere posizioni localmente divergenti dal quadro proposto è possibile riassumere, in estrema sintesi, i caratteri essenziali della conoscenza prodotta: un quadro stabile e con poche ambiguità fecondo (a nostro parere) di indicazioni per il Piano e per la sua valutazione.

Abbiamo visto come non sia possibile attribuire *tout-court*, a un sistema urbano contemporaneo e particolarmente nell'occidente industrializzato, l'etichetta della sostenibilità: le nostre città sono sistemi aperti, parti interconnesse di un network urbano complessivamente non-sostenibile.

Abbiamo visto, poi, come questo dato vada letto considerando adeguatamente il compito ordinatore dei sistemi urbani all'interno della struttura energetica del pianeta e delle economie dell'uomo, e come, quindi, sia del tutto inopportuno perseguire obiettivi di sostenibilità autoconsistente senza tener conto del ruolo degli organismi urbani.

Il comune di Ravenna, così come lo si intende dalle analisi proposte, è un territorio dotato di grandi quantità di risorse e di spazi, che sono tuttavia messi al servizio di un bacino regionale molto ampio che continua a richiedere nuove prestazioni – che vanno dal buffering ecologico, alle attività estrattive, e alla gestione dei traffici – che possono determinare importanti ritorni economici, ma anche pesanti impatti sull'ambiente locale. Le autorità amministrative si trovano allora nella condizione di dover temperare, rispetto alle esigenze esterne e all'impeto autofertilizzante dell'economia, le spinte verso una ulteriore crescita quantitativa del sistema.

Le densità di emergia registrate, l'utilizzo di risorse non rinnovabili (con riferimento anche alla subsidenza) e l'entità della dipendenza del sistema dall'esterno devono indurre alla cautela, a considerare cioè i rischi di una crescita diseconomica del sistema.

Su un altro fronte lo studio degli *accumuli* e dei *fondi* emergentici ha consentito di descrivere la distribuzione del capitale urbano e del capitale naturale: i grandi "serbatoi" di risorse che il Piano è chiamato a gestire, e che saranno quindi un riferimento fondamentale per la sua valutazione.

All'interno del lavoro sono stati prodotti elementi di conoscenza di base e prime considerazioni specifiche rispetto ai temi più importanti nell'agenda del PSC. L'assetto insediativo proposto, la presenza di nuove infrastrutture di traffico sovralocale, la crescita del porto, l'attività estrattiva, la gerarchia degli abitati, la gestione delle risorse naturali e la





progettazione delle reti ecologiche sono tutti temi che trovano, nel quadro offerto dalle analisi emergetiche presentate, riferimenti generali per essere adeguatamente interpretati nel senso più proprio della loro sostenibilità generale.

Non rimane dunque che calare questo sguardo ampio e fondante nella trama più minuta e specifica delle criticità legate al contesto locale. Poichè lo scopo ultimo della VAL-SAT è quello di giungere a esprimere un giudizio di sostenibilità che coinvolga l'intero apparato del Piano, potrà essere proprio il riferimento alle conoscenze prodotte in merito alla sostenibilità generale a fornire la coerenza di fondo, l'unitarietà dello sguardo, altrimenti disperso in molti rivoli relativamente autonomi e potenzialmente divergenti.





■ *pagina 240*





Bibliografia

- American Association for the Advancement of Science (1981). Energy, economics, and the environment : conflicting views of, Boulder, Colo, Westview Press.
- Aymonino, A. (1994). Due progetti per la Ravenna del duemila. Pescara, U. Sala.
- Bardi, E. and M. T. Brown (2001). Emergy evaluation of ecosystems: a basis for environmental decision making. First Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville, FL,, Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville.
- Bassi, S. and L. Baratozzi, (2000). "Il ruolo delle foreste nel bacino dell'anidride carbonica." Monti e Boschi **3/4**: 13-18.
- Bastianoni, S. and N. Marchettini (1997). "Emergy/exergy ratio as a measure of the level of organization of systems." Ecological Modelling **99**: 3-40.
- Bastianoni, S., N. Marchettini, et al. (1998). "Environmental sustainability indicators: thermodynamic aspects." Annali di Chimica **88**: 755-760.
- Bateson, G. (1972). Steps to an ecology of mind. New York, Ballantine Books.
- Bateson, G. (1979). Mind and nature : a necessary unity. New York, Dutton.
- Berardi, D. and G. C. Susini (1990). Storia di Ravenna. Venezia, Marsilio.
- Bocchi, G. and M. Ceruti (1993). Origini di storie. Milano, Feltrinelli.





- Bocchi, G. and M. Ceruti (2002). The narrative universe. Cresskill, N.J., Hampton Press.
- Bocchi, G., M. Ceruti, et al. (1991). L'Europa nell'era planetaria. Milano, Sperling & Kupfer.
- Brebbia, C. A., J. F. Martin-Duque, eds. (2002). The sustainable city II : urban regeneration and sustainability. Southampton, UK; Boston, WIT Press.
- Brebbia, C. A., L. J. Sucharov, eds. (2002). Design and nature: comparing design in nature with science and engineering. Southampton, WIT.
- Carrer, S. and S. Opitz (1999). "Trophic network model of a shallow water area in the northern part of the Lagoon of Venice." Ecological Modelling **124**: 193-219.
- Ceruti, M. (1986). Il vincolo e la possibilità. Milano, Feltrinelli.
- Ceruti, M. (1989). La danza che crea: evoluzione e cognizione nell'epistemologia genetica. Milano, Feltrinelli.
- Ceruti, M. and H. Atlan (1994). Il caso e la libertà. Roma, Laterza.
- Ceruti, M. and T. Pievani (1998). "La Terra vista dalla Luna. Evoluzione, conservazione, coevoluzione." OIKOS. Quadrimestrale per una ecologia delle idee. **4**.
- Ceruti, M. and L. Preta (1990). Che cos'è la conoscenza. Roma-Bari, Editori Laterza.
- Clarke, G. and J. C. H. Stillwell (2003). Applied GIS and spatial analysis. Hoboken, NJ, Wiley.
- Classense, B. C. (1987). Costruire un territorio: cartografia e fotografia delle bonifiche ravennati. Ravenna, Longo.
- Cleveland, C. J., D. I. Stern, et al. (2001). The economics of nature and the nature of economics. Cheltenham, UK ; Northampton, MA, USA, Edward Elgar.
- Commoner, B. (1973). The human meaning of the environmental crisis. [n.p.], Big Sur Recordings.
- Commoner, B. (1976). The poverty of power : energy and the economic crisis. New York, Knopf: distributed by Random House.
- Commoner, B. and D. Reeves (1979). The politics of energy. [New York], Encyclopedia Americana/CBS News Audio Resource Library.
- Commoner, B., H. Rudd, et al. (1973). The environment & the energy crisis. [New York], Encyclopedia Americana/CBS News Audio Resource Library.
- Connelly, C. and C. P. Koshland (2001). "Exergy and industrial ecology."





- Exergy Int. J. **1**(3).
- Connelly, L. G. I. (1998). Reconciling consumption and conservation: Using an exergy-based measure of consumption to strengthen the conceptual framework of industrial ecology. University of California. Berkeley.
- Conti, L. (1983). Questo pianeta. Roma, Editori riuniti.
- Cost, N. D. and J. P. McClure (1982). Multiresource inventories - Forest Biomass in Florida. Forest service research paper S.E. - 235. South east forest experiment station, US department of agriculture.
- Costanza, R. (2000). Institutions, ecosystems, and sustainability. Boca Raton, Lewis Publishers.
- Costanza, R., R. D'Arge, et al. (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital." Nature **387**(6630): 253-260.
- Costanza, R. and International Society for Ecological Economics. (1997). An Introduction to ecological economics. Boca Raton, Fla., St. Lucie Press; International Society for Ecological Economics.
- Costanza, R. and S. E. Jørgensen (2002). Understanding and solving environmental problems in the 21st century : toward a new, integrated hard problem science. Amsterdam; Boston, Elsevier.
- Costanza, R., B. G. Norton, et al. (1992). Ecosystem health: new goals for environmental management. Washington, D.C., Island Press.
- Costanza, R., C. Perrings, et al. (1997). The development of ecological economics. Cheltenham, UK ; Brookfield, VT, E. Elgar Pub. Co.
- Costanza, R., O. Segura Bonilla, et al. (1996). Getting down to earth: practical applications of ecological economics. Washington, D.C., Island Press.
- Costanza, R. and A. Voinov (2003). Landscape simulation modeling. New York, Springer.
- Costanza, R. and L. Wainger (1991). Ecological economics: the science and management of sustainability. New York, Columbia University Press.
- Daly Herman, E. (1971). Essays toward a steady-state economy. (Herman E. Daly, editor.). Cuarnavaca, Centro Intercultural de Documentación.
- Daly Herman, E. (1973). Toward a steady-state economy. [By various authors.] Edited by Herman E. W. H. Freeman & Co., San Francisco.





- Daly Herman, E. (1977). Steady-state economics : the economics of biophysical equilibrium and. San Francisco, W.H. Freeman.
- Daly Herman, E. (1980). Economics ecology ethics : Essays toward a steady-state economy. San Francisco, W H Freeman.
- Daly Herman, E. (1991). Steady-state economics. Washington, D.C., Island Press.
- Daly Herman, E. (1996). Beyond growth: the economics of sustainable development. Boston, Beacon Press.
- Daly Herman, E. (1999). Ecological economics and the ecology of economics: essays in criticism. Northampton, MA, E. Elgar.
- Daly Herman, E., B. Cobb John, et al. (1989). For the common good: redirecting the economy toward the community. Boston, Beacon Press.
- Daly Herman, E., R. Costanza, et al. (2000). The local politics of global sustainability. Washington, D.C., Island Press.
- Daly Herman, E., S. El Serafy, et al. (1992). Population, technology, and lifestyle: the transition to sustainability. Washington, D.C., Island Press.
- Daly Herman, E. and N. Townsend Kenneth (1993). Valuing the Earth: economics, ecology, ethics, M I T Press.
- De Groot, R. (1992). Functions of Nature. Groningen, Netherlands, Wolters-Noordhoff.
- Devine, J., I. Institution of Mechanical Engineers, et al. (1992). Bibliography on exergy, 1973-1992. London, Institution of Mechanical Engineers, Information and Library.
- Doherty, S. J. (1995). Emergy Evaluations of and Limits to Forest Production. Department of Environmental Engineering Sciences. Gainesville, University of Florida.
- El Serafy, S., H. Daly, et al. (1991). Environmentally sustainable economic development : building on, World Bank.
- Environmental Systems Research Institute (Redlands Calif.) (1995). Arc/Info Gis. Redlands, Calif., Environmental Systems Research Institute.
- Ekins, P., S. Simon, et al. (2003). "A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability." Ecological Economics **44**(2-3): 165-185.
- Fabbri, P. (1974). Ravenna. Bologna, Patron.
- Fabbri, P. and A. Missiroli (1998). Le pinete ravennati : storia di un bosco e di una città. Ravenna, Longo.





- Fischer, M. M., H. J. Scholten, et al. (1996). Spatial analytical perspectives on GIS. London; Bristol, PA, Taylor & Francis.
- Fotheringham, A. S., P. Rogerson, et al. (1994). Spatial analysis and GIS. London ; Bristol, PA, Taylor & Francis.
- Fotheringham, A. S. and M. Wegener (2000). Spatial models and GIS: new potential and new models. London ; Philadelphia, PA, Taylor & Francis.
- Gong, M. (1999). On Exergy as an ecological indicator. Chalmer University of Technology. Goteborg.
- Haines-Young, R. H., D. R. Green, et al. (1993). Landscape ecology and geographic information systems. London; New York, Taylor & Francis.
- Hall Charles, A. S. and T. Odum Howard (1995). Maximum power: the ideas and applications of H.T. Odum. Niwot, Colo., University Press of Colorado.
- ISAF (1985). Inventario Forestale Nazionale. Roma, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste Corpo Forestale dello Stato.
- Janssen, M. (1998). Modelling global change : the art of integrated assessment modelling. Cheltenham, UK ; Northampton, MA, Edward Elgar.
- Jansson, A. M. (1994). Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability. Washington, D.C., Island Press.
- Jørgensen, S. E. (1986). Fundamentals of ecological modelling. Amsterdam ; Oxford, Elsevier.
- Jørgensen, S. E. (1991). Modelling in environmental chemistry. Amsterdam, Elsevier.
- Jørgensen, S. E. (1994). Fundamentals of ecological modelling. Amsterdam, Elsevier.
- Jørgensen, S. E. (1997). Integration of ecosystem theories: a pattern. Dordrecht ; London, Kluwer Academic.
- Jørgensen, S. E. (2000). Thermodynamics and ecological modelling. Boca Raton, Lewis Publishers.
- Jørgensen, S. E. (2002). Integration of ecosystem theories: a pattern. Dordrecht ; London, Kluwer Academic Publishers.
- Jørgensen, S. E. and G. Bendoricchio (2001). Fundamentals of ecological modelling. Amsterdam; London, Elsevier.
- Jørgensen, S. E. and R. Costanza (2002). Understanding and solving environmental problems in the 21st century.





- Jørgensen, S. E., B. Halling-Sørensen, et al. (1996). Handbook of environmental and ecological modeling. Boca Raton; London, Lewis.
- Jørgensen, S. E. and P. E. Hansen (1991). Introduction to environmental management. Amsterdam, Elsevier.
- Jørgensen, S. E. and I. Johnsen (1989). Principles of environmental science and technology. Amsterdam, Elsevier.
- Jørgensen, S. E. and W. J. Mitsch (1983). Application of ecological modelling in environmental management. Developments in environmental modelling; 4. Amsterdam; Oxford, Elsevier Scientific.
- Jørgensen, S. E. and W. J. Mitsch (1989). Ecological engineering: an introduction to ecotechnology. New York, Wiley.
- Keenan, J. H. (1970). Thermodynamics. Cambridge, Mass., M.I.T. Press.
- Kitching, R. L. (1983). Systems ecology: an introduction to ecological modelling. St. Lucia [Qld.]; New York, University of Queensland Press.
- Longley, P. and M. Batty (1996). Spatial analysis: modelling in a GIS environment. Cambridge; New York, Geoinformation International: Distributed in the Americas by J. Wiley.
- Lotka, A. J. (1925). Elements of physical biology. Baltimore.
- Mander, Ü. and R. H. Jongman (2000). Landscape perspectives of land use changes. Southampton; Boston, WIT Press.
- Manzelli, V. (2000). Ravenna. Roma, L'Erma di Bretschneider.
- Martinàs, K., L. W. Ayres, et al. (1995). Eco-thermodynamics: exergy and life cycle analysis. Fontainebleau, INSEAD.
- Martinàs, K. and U. Ayres Robert (1995). "Waste potential entropy: the ultimate exotoxic?" Economie appliquée XLVIII.
- Maturana, H. R. and F. J. Varela (1980). Autopoiesis and cognition: the realization of the living. Dordrecht, Holland; Boston, D. Reidel Pub. Co.
- Maturana, H. R. and F. J. Varela (1988). The tree of knowledge: the biological roots of human understanding. Boston, New Science Library : Distributed in the United State by Random House.
- Menegatti, B., P. Dagradi, et al. (1979). Ricerche geografiche sulle pianure orientali dell'Emilia-Romagna. Bologna, Patron.
- Molenaar, M. (1998). An introduction to the theory of spatial object modelling for GIS. London ; Bristol, PA, Taylor & Francis.
- Montanari, M. and G. R. Manzoni (1993). Ravenna: il porto cuore della





- città. Ravenna, Edizioni Rapho.
- Montevecchi, G., P. Novara, et al. (2000). In agro decimano: per un catalogo del patrimonio storico archeologico del territorio a sud di Ravenna. Ravenna, Montanari.
- Morowitz Harold, J. (1978). Foundations of bioenergetics. New York ; London, Academic Press.
- Morowitz Harold, J. (1981). The wine of life: and other essays on societies, energy & living things. London, Abacus, 1981.
- Morowitz Harold, J. (1992). Beginnings of cellular life: metabolism recapitulates biogenesis. New Haven, Yale University Press.
- Morowitz Harold, J. (1993). Entropy and the magic flute. New York ; Oxford, Oxford University Press.
- Morowitz Harold, J. and L. Singer Jerome (1995). The mind, the brain, and complex adaptive systems. Proceedings volume in the Santa Fe Institute studies in the sciences of, Reading, Mass. ; Wokingham, Addison-Wesley Pub. Co.
- Morowitz, H. J. (1970). Entropy for biologists; an introduction to thermodynamics. New York,, Academic Press.
- Morowitz, H. J. (2002). The emergence of everything: how the world became complex. New York, Oxford University Press.
- Mowrer, H. T. and R. G. Congalton (2000). Quantifying spatial uncertainty in natural resources: theory and applications for GIS and remote sensing. Chelsea, Mich., Ann Arbor Press.
- Odum Eugene, P. (1975). Ecology : the link between the natural and the social sciences. London, Holt, Rinehart and Winston.
- Odum Eugene, P. (1983). Basic ecology. Philadelphia, [Pa.]; London, Saunders College.
- Odum Eugene, P. (1989). Ecology and our endangered life-support systems. Sunderland, Mass., Sinauer Associates.
- Odum Eugene, P. (1997). Ecology: a bridge between science and society. Sunderland, Mass., Sinauer Associates.
- Odum Howard, T. (1971). Environment, power, and society. New York, etc., Wiley-Interscience.
- Odum Howard, T. (1983). Systems ecology: an introduction. New York, Wiley.
- Odum Howard, T. (1983). Systems ecology: an introduction. New York, Wiley.
- Odum Howard, T. (1994). Ecological and general systems: an introduction to systems ecology. Niwot, University Press of Colorado.





- Odum Howard, T. (1996). Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making. New York; Chichester, Wiley.
- Odum Howard, T. and C. Odum Elisabeth (1981). Energy basis for man and nature. New York; London, McGraw-Hill.
- Odum Howard, T. and C. Odum Elisabeth (2000). Modeling for all scales : an introduction to system simulation. San Diego; London, Academic Press.
- Odum Howard, T. and C. Odum Elisabeth (2001). A prosperous way down: principles and policies. Boulder, University Press of Colorado.
- Odum, H. T. (1988). "Self-organization, transformity and information." Science **242**: 1132-1139.
- Odum, H. T. and E. C. Odum (2000). Modeling for all scales: an introduction to system simulation. San Diego, Academic Press.
- Odum, H. T. (2000). Emergy-emdollar Evaluation and the Everglades. North American Lake Management Conference, Miami, Florida.
- Orrell, J. J. (1998). Cross Scale Comparison of Plant Production and Diversity. Department of Environmental Engineering Sciences. Gainesville, University of Florida.
- Owens Susan, E. (1986). Energy, planning and urban form. London, Pion.
- Owens Susan, E. (1991). Environment, resources and conservation. Cambridge, Cambridge University Press.
- Owens Susan, E., R. Cope David, et al. (1992). Land use planning policy and climatic change. London, HMSO.
- Owens Susan, E. and R. Cowell (2001). Land and limits: interpreting sustainability in the planning process. London, Routledge.
- Palazzo, D. (1997). "La Terra dalla Luna." OIKOS. Quadrimestrale per una ecologia delle idee. **2**.
- Palermo, P. C. (1992). Interpretazioni dell'analisi urbanistica. Milano, FrancoAngeli.
- Paolillo, P. L. and D. G. T. A. Regione Lombardia (2000). Terre Lombarde. Studi per un eco-programma in aree bergamasche e bresciane. Milano.
- Pimental, D., C. Harvey, et al. (1995). "Environmental and economics costs of soil erosion and conservation benefits." Science **267**: 1117-1123.
- Pimental, D., C. Wilson, et al. (1997). "Environmental and economic benefits of biodiversity." BioScience **47**(11): 747-757.





- Prado-Jartar, M. A. and M. T. Brown (1996). "Interface Ecosystems with an OilSpill in a Venezuelan Tropical Savannah." Ecological Engineering **8**: 49-78.
- Prugh, T. and R. Costanza (1995). Natural capital and human economic survival. Solomons, MD White River Junction, VT, International Society for Ecological Economics: ISEE Press; Distributed by Chelsea Green Pub. Co.
- Prugh, T. and R. Costanza (1999). Natural capital and human economic survival. Solomons, Md Boca Raton, FL, International Society for Ecological Economics; Lewis Publishers.
- Prugh, T., R. Costanza, et al. (2000). The local politics of global sustainability. Washington, D.C., Island Press.
- Regione Emilia-Romagna. Ufficio analisi e ricerche territoriali e cartografia., Ordis s.a.s., et al. (1981). Regione Emilia-Romagna, carta della capacità d'uso dei suoli. Bologna, Italy, L'Ufficio,.
- Rossi, C. and E. Tiezzi (1991). Ecological physical chemistry: proceedings of an international workshop held in Siena, Italy, 8-12 November 1990. Amsterdam ; New York, Elsevier.
- Singh, R. B., J. Fox, et al. (2001). Land use and cover change. Enfield, NH, Science Publishers.
- Stolt, E. (1982). The ability of vegetation in decreasing exposure to car fumes. Goteborg, Sweden, Goteborg University.
- Studio F.M.B. (1996). Ravenna, pianta della città: Classe, Casal Borsetti, Marina Romea, Porto Corsini, Marina di Ravenna, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Lido di Classe, Lido di Savio. Rastignano di Pianoro (Bo) [Italy], Studio F.M.B. Bologna.
- Szargut, J. (1993). Energy systems and ecology. ENSEC '93. Energy systems and ecology: proceedings of the international conference, July 5-9, Cracow, Poland.
- Szargut, J., Fundacja im. Stefana Batorego., et al. (1997). "Depletion of unrestorable natural exergy resources." Bull. Polish Acad. Sci. Technical Sci. **45**.
- Szargut, J., Fundacja im. Stefana Batorego., et al. (1998). "Minimization of the consumption of natural resources." Bull. Polish Acad. Sci. Technical Sci. **26**.
- Szargut, J., D. R. Morris, et al. (1988). Exergy Analysis of Thermal, Chemical and Metallurgical Processes.
- Tiezzi, E. (1986). Tempi storici, tempi biologici. [Milano], Garzanti.
- Tiezzi, E. (1996). Fermare il tempo. Milano, Raffaello Cortina.





- Tiezzi, E. (1998). La bellezza e la scienza. Milano, Raffaello Cortina.
- Tiezzi, E. (2001). Tempi storici, tempi biologici, vent'anni dopo. Roma, Donzelli.
- Tiezzi, E. (2003). The essence of time. Southampton, UK; Boston, WIT Press.
- Tiezzi, E. (2003). End of time. Southampton, UK; Boston, WIT Press.
- Tiezzi, E. and R. Cassigoli (2000). I venti e la rotta : dialogo sulla terra nel XXI secolo. Firenze, Polistampa.
- Tiezzi, E. and N. Marchettini (1996). Oltre l'illuminismo: l'ecologia come ricomposizione tra il romanticismo della natura e l'illuminismo della ragione. Napoli, CUEN.
- Tiezzi, E., L. Passi, et al. (1987). Antologia verde: letture scientifiche, filosofiche e letterarie per una coscienza ecologica. Firenze, Giunti Marzocco.
- Tribus, M. (1961). Thermostatics and thermodynamics; an introduction to energy, information and states of matter, with engineering applications. Princeton, N.J., Van Nostrand.
- Tribus, M. and Massachusetts Institute of Technology. Center for Advanced Engineering Study. (1973). Entropy in thermodynamics and communication. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.
- Tribus, M. and Massachusetts Institute of Technology. Center for Advanced Engineering Study. (1984). Action plans for implementing quality and productivity. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.
- Varela, F. J. (1999). Ethical know-how: action, wisdom, and cognition. Stanford, Calif., Stanford University Press.
- Varela, F. J. and J. P. Dupuy (1992). Understanding origins: contemporary views on the origin of life, mind, and society. Dordrecht [Netherlands]; Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Varela, F. J., E. Thompson, et al. (1991). The embodied mind: cognitive science and human experience. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Volterra, V. (1926). "Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi." Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei. Ser. VI 2.
- Wall, G. (1977). Exergy - a useful concept within resource accounting. Institute of Theoretical Physics. Goteborg. **Report No. 77-42**.
- Wall, G. (1993). Exergy, ecology and democracy - concepts of a vital so-





- ciety. ENSEC '93. Energy systems and ecology: proceedings of the international conference, July 5-9, Cracow, Poland.
- Wall, G. and M. Gong (2001). "On exergy and sustainable development - Part 1: Conditions and concepts." Exergy Int J. **1**(3).
- Wall, G., E. Sciubba, et al. (1994). "Exergy use in the Italian Society." Energy **19**: 1267-1274.
- Wright, A. (1996). Energy, exergy & entropy: a history of International Research & Whickham, Hickory Tree.
- Zolteck, J., S. E. Bayley, et al. (1979). Removal Of Nutrients From Treated Municipal Wastewater By Freshwater Marshes. Gainesville, Center for Wetlands, University of Florida.





■ *pagina 252*

