

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN

Scienze Ambientali – Gestione e tutela delle risorse naturali

Ciclo XXI

Settore/i scientifico-disciplinare/i di afferenza: FIS/07

Applicazione di strumenti e metodi per la gestione
ambientale di un territorio vasto

-

Sviluppo di un sistema di gestione ambientale in un ente
pubblico secondo lo schema europeo “EMAS” e analisi di un
sistema energetico territoriale

Presentata da: Vittoria Bandini

Coordinatore Dottorato
Prof. Elena Fabbri

Relatore
Prof. Andrea Contin

Esame finale anno 2010

SOMMARIO

1	Introduzione.....	4
1.1	Obiettivi.....	9
1.2	Struttura della tesi.....	12
1.3	Casi Studio	13
1.3.1	Comune di Faenza e Comuni della “Comunità Montana Appennino Faentino”..	13
1.3.2	Provincia di Ravenna.....	13
2	Sviluppo di un sistema di gestione ambientale in Enti Pubblici secondo lo schema europeo “EMAS”	15
2.1	Introduzione e metodi	15
2.1.1	SGA in Enti pubblici.....	18
2.1.2	Esempi di applicazione di EMAS in Enti Pubblici.....	19
2.1.3	Misura della significatività degli aspetti ambientali	22
2.2	Risultati.....	25
2.2.1	Identificazione degli aspetti ambientali.....	25
2.2.2	Aspetti ambientali e significatività nei 4 Comuni oggetto di studio.....	39
2.3	Discussione	42
3	Analisi di sistemi energetici territoriali.....	45
3.1	Introduzione	45
3.2	Contesto di Studio.....	46
3.2.1	Sistema oggetto di studio	46
3.2.1.1	Uso del suolo	53
3.3	Strumenti e Metodi.....	61
3.3.1	Scenari.....	62
3.3.1.1	Scenari Qualitativi e Scenari Quantitativi.....	63
3.3.1.2	Scenari Esplorativi e Scenari Anticipativi.....	65
3.3.1.3	Scenari di riferimento e Scenari Politici	66
3.3.1.4	Fasi della costruzione di scenari.....	67
3.3.1.5	Caratteristiche di un buono scenario	68
3.3.2	LEAP – Long-range Energy Alternatives Planning system.....	68
3.3.2.1	Struttura dei dati	70
3.3.2.2	Tipologie di analisi	74
3.4	Risultati.....	82
3.4.1	Situazione attuale.....	82
3.4.1.1	Domanda – “Current accounts”	82
3.4.1.2	Trasformazione – “Current Accounts”	89
3.4.2	Bilancio Energetico Provinciale.....	91

3.4.3	I tre scenari costruiti.....	104
3.4.3.1	Scenario BAU.....	105
3.4.3.2	Scenario di Applicazione del Piano energetico.....	109
3.4.3.3	Scenario di “autosufficienza energetica”.....	122
3.5	Discussione.....	125
4	Analisi di sostenibilità del sistema energetico.....	128
4.1	Introduzione.....	128
4.2	Sintesi eMergetica.....	134
4.2.1	Introduzione.....	134
4.2.1.1	Principio del “Maximum Empower”.....	141
4.2.1.2	EMergy to Money ratio.....	143
4.2.1.3	Sistemi pulsanti.....	144
4.2.1.4	Energia.....	146
4.2.1.5	Analisi eMergetica territoriale.....	152
4.2.2	Strumenti e metodi.....	153
4.2.2.1	“Transformities”.....	154
4.2.3	“System Diagrams”.....	156
4.2.4	“EMergy Evaluation Table”.....	159
4.2.5	Indici eMergetici.....	167
4.2.5.1	Situazione 2006, caso A.....	169
4.2.5.2	Situazione 2006, caso B.....	169
4.2.5.3	Situazione 2006, caso C.....	169
4.2.5.4	Anno 2020, scenario BAU.....	170
4.2.5.5	Anno 2020, scenario di applicazione del piano.....	170
4.2.5.6	Anno 2020, scenario di autosufficienza.....	171
4.2.5.7	Usi finali di energia.....	171
4.2.6	“Emergy signature”.....	176
4.3	Discussione.....	180
5	Bilancio delle emissioni di gas serra.....	182
5.1	Introduzione.....	182
5.2	Metodologia e fonti.....	185
5.3	Risultati.....	187
5.3.1	Emissioni di gas climalteranti (GHGs) al 2006.....	187
5.3.2	Emissioni di inquinanti locali e sintesi complessiva.....	200
5.3.3	Quote di emissione di gas serra assegnate nella Provincia di Ravenna.....	202
5.4	Discussione.....	205
6	Conclusioni.....	207

7	Bibliografia	211
8	Appendice A– Proposta preliminare di Integrazione al metodo per la misura della significatività.....	219
8.1	Clima e ozono stratosferico.....	220
8.2	Qualità dell'aria	221
8.3	Qualità dei suoli.....	222
8.4	Pool rifiuti.....	222
8.5	Salute	223
8.6	Ecosistemi – biodiversità	223
8.7	Pool di risorse non rinnovabili	224
8.8	Pool di risorse rinnovabili	224
8.9	Acque superficiali	225
8.10	Acque sotterranee.....	225
8.11	Assetto idro-geologico	225
8.12	Paesaggio e usi del territorio.....	225
8.13	Qualità dell’abitare/fruibilità della città	226
8.14	Patrimonio storico e culturale	226
8.15	Riepilogo.....	227
9	Appendice B – Applicazione del metodo Eco-mapping© in Istituti scolastici.....	230

1 INTRODUZIONE

Non esiste una vera e propria definizione di gestione ambientale, o meglio ci sono varie definizioni a seconda dei settori disciplinari che se ne occupano.

La rivista “Environmental Management” (ISSN: 1432-1009 (electronic version), Journal no. 267 Springer New York), come descritto nella sezione “Aims and scope” del sito dedicato, ha come campo di interesse l’ecologia applicata intesa nel senso più vasto e multi-disciplinare possibile, andando ad includere la biologia, la botanica, la climatologia, l’ecologia, l’“ecological economics”, l’ingegneria ambientale, la pesca, la normativa ambientale, le scienze gestionali, le scienze forestali, la geografia, la geologia, le scienze dell’informazione, le scienze politiche, la zoologia, le attività di “public affair”.

In termini generali, si può affermare che la Gestione Ambientale è la risposta della società al fatto di avere a che fare con un ambiente che non ha capacità infinita di fornire risorse ed assorbire scarti.

Si può a questo proposito richiamare la teoria di Herman Daly sul limite del capitale naturale (Daly, 2005), per cui le attività economiche non possono più considerare l’ambiente circostante come illimitato, in termini di capacità di fornire risorse e di assorbire poi i sottoprodotti (questo è il caso che viene definito “empty world”); la crescita della popolazione mondiale e la crescita delle attività economiche hanno portato ad un “avvicinamento” ai confini del sistema ambientale che supporta la società e quindi alla percezione che ci si trova in un “mondo pieno” (“full world”), dove è necessario confrontarsi con la finitezza del sistema (Figura 1).

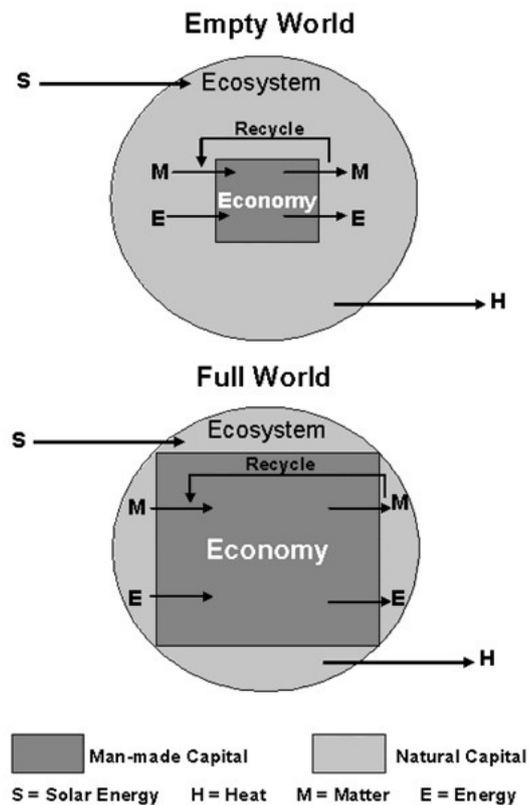


Figura 1. Rappresentazione dei concetti di mondo “pieno” e “vuoto” proposti da Daly. Da <http://www.csc.noaa.gov/coastal/economics/irreversibility.htm>

Nell’esperienza di questi anni di scuola di dottorato dedicati alla “gestione ambientale”, tante sono state le teorie e le applicazioni che è stato necessario approfondire, o che sono state toccate più o meno direttamente. Una proposta di categorizzazione delle attività è presentata in Figura 2, dove si identificano come componenti della gestione ambientale:

- ERA – “Environmental Reporting and Analysis”. Obiettivo delle attività di questa classe è conoscere gli elementi più significativi delle interazioni di un’organizzazione/gruppo sociale/umanità con l’ambiente;
- EMS – “Environmental Management Systems”; le attività di questa classe hanno l’obiettivo di sviluppare sistemi di gestione, attraverso la definizione e la misura degli obiettivi di carattere ambientale, tesi al miglioramento continuo;
- EIS – “Environmental Information Systems”; l’obiettivo di questa classe è quello di fornire sistemi di organizzazione dei dati ambientali che permettano un controllo semplice ed accurato dei risultati della gestione;
- EC – “Environmental Communication”. Attività finalizzate ad organizzare una comunicazione dei risultati della gestione;



Figura 2. Le componenti della “gestione ambientale” individuate dal gruppo di ricerca (Marazza, 2007)

Nel campo della gestione ambientale codificata da veri e propri sistemi di gestione, ci si è occupati di:

- La serie delle norme ISO14000, relative ai “Sistemi di Gestione Ambientali”, e di conseguenza il sistema di enti UNI – EN – ISO che le definiscono; Lo standard ISO 14001 (tradotto in italiano nella UNI EN ISO 14001:2004
- Il regolamento europeo EMAS e le sue successive versioni, e le raccomandazioni e comunicazioni della Commissione Europea relative;
- La teoria e gli esempi di sistemi volontari per il miglioramento delle prestazioni ambientali, in opposizione ai tradizionali sistemi di tipo “command and control”;
- Vari progetti europei indirizzati alla diffusione del regolamento EMAS presso Enti pubblici o presso le piccole imprese;
- Il “Green Public Procurement” (GPP) sistema di acquisti di prodotti e servizi ambientalmente preferibili, cioè prodotti e servizi che hanno un ridotto effetto sulla salute umana e sull'ambiente rispetto ad altri prodotti e servizi utilizzati allo stesso scopo, certificati da un “marchio”:
 - • Etichette ambientali (Iso Tipo I, disciplinate dalla Norma Iso 14024, es. Eu Eco-label)
 - • Autodichiarazioni ambientali (Iso Tipo II, disciplinate dalla Norma Iso 14021, es. Mobius loop, dichiarazione di biodegradabilità, “Energy Star”)

- • Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (Iso Tipo III, disciplinate dalla Norma Iso 14025)
- • Marchi ed etichettature obbligatori (es. etichettature di risparmio energetico (classe energetica degli elettrodomestici), etichettatura delle sostanze pericolose (direttiva 81/957/Cee e seguenti)
- • Certificazioni di sistemi di gestione ambientale di attività e servizi influenti sulle caratteristiche del prodotto acquistato (es. certificazioni di gestione ambientale delle foreste, come Fsc e Pefc)
- Contabilità ambientale (metodo CLEAR, D.D.L. 16/11/2007);
- Normativa ambientale nazionale (Italia) e regionale (Emilia Romagna);
- Le competenze di un Comune nella gestione ambientale del territorio; le competenze pianificatorie delle Province in materia di energia;
- Analisi SWOT (“Strenghts”, “Weaknesses”, “Opportunities”, “Threats”) relativa alla possibilità di un ente di inserire un SGA nella propria struttura.

Nell’ambito dell’analisi e reporting ambientale, ci si è occupati di:

- La rendicontazione: GRI (“Global reporting initiative”), SA8000 (“Social Accountability”), l’Analisi Ambientale (regolamento EMAS), i Rapporti sullo Stato dell’Ambiente redatti nell’ambito dei processi di Agenda21 Locale ed adeguati ad essere anche utilizzati come strumento per l’accesso ai dati ambientali (come da D.Lgs 195/05);
- DSS e sDSS: Sistemi di supporto alle decisioni. In particolare si è utilizzato il software Mulino-DSS per valutare alcune opzioni di gestione dell’irrigazione nella vallata del fiume Lamone (Benini *et al.*, 2010);
- Costruzione di Scenari;
- Importanti lavori internazionali: report dell’IPCC, il “Millennium Ecosystem Assessment”, le pubblicazioni della “European Environmental Agency” (EEA);
- “Multi-criteria decision making” e “Multi-scale integrated analysis of sustainability” (Giampietro e Ramos-Martin, 2005);
- Indicatori ed Indici: definizioni, concetti, caratteristiche ed utilizzo;
- Ecologia del paesaggio;
- “Ecological economics”;
- Obiettivi internazionali (Protocollo di Kyoto), europei e nazionali in materia di energia; tecnologie per la produzione di energia elettrica; metodi per l’efficientamento energetico degli edifici, certificazione energetica degli edifici;
- Sistemi di indicatori ambientali (“EEA Core set of indicators”, “OECD Key environmental indicators”);

- Indici di sostenibilità (Indice FEEM SI, “Environmental Performance Index” della Yale University, indice ISSI).

Nell’ambito delle attività di comunicazione ambientale:

- Processi di Agenda21;
- Attività e progetti di ICLEI (“local governments for sustainability”);
- Il “Dashboard of sustainability”, un software realizzato dal “Joint Research Centre” (JRC) della Commissione Europea. Il cruscotto, che permette di evidenziare e mostrare le relazioni complesse tra tematiche ambientali, economiche e sociali in un formato molto diretto e comunicativo, ha come target sia i decision maker che il pubblico più ampio interessato al tema della sostenibilità. Una versione semplificata e locale del “Dashboard” è stata realizzata presso il Centro di Educazione Ambientale del Comune di Faenza (<http://g5.ambra.unibo.it/KRUSKOT>)
- “Progetto Display” sulla comunicazione del rendimento energetico e l’efficienza dei consumi negli edifici (www.display-campaign.org/);
- La campagna comunicativa della Commissione Europea sui cambiamenti climatici “CHANGE” - http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/index_it.htm

Nell’ambito, infine, dei sistemi di informazione ambientali, si possono ricordare:

- “Data Base Management Systems”
- Linguaggi PHP – Mysql – “Web-based Information Systems”, “Data-Base Management Systems”;
- Modello DPSIR delle interazioni di causa-effetto tra fattori ambientali;
- Ontologie (ed il software Protégé)
- Software CmapTool per la costruzione di mappe concettuali;

1.1 OBIETTIVI

Questo lavoro si propone di esplorare la gestione ambientale a 2 livelli:, e di affiancarla alla valutazione ambientale, che ne è in parte già una componente (si veda la sezione “Analisi e Reporting Ambientale” della Figura 2) ed in parte va ad affiancarvisi.

Da un lato, l'applicazione di sistemi di gestione ambientale codificati (SGA), quali il Regolamento EMAS, ad un ente pubblico che governa un territorio. Questi sistemi si occupano prevalentemente di costruire una struttura gestionale, appunto, che si occupi di tutte le implicazioni ambientali delle attività dell'Ente. Il focus è quindi sull'organizzazione e strutturazione di un sistema che possa garantire la conoscenza, il controllo e il miglioramento delle prestazioni ambientali. Il lavoro condotto ha avuto l'obiettivo di inserire elementi di validità scientifica e oggettività in sistemi che altrimenti sono basati in gran parte sull'auto-referenzialità o, almeno, sulla auto-definizione di obiettivi e soglie.

Lo sviluppo di SGA presenta il grave difetto di essere prevalentemente autoreferenziale, basato su procedure, obiettivi e soglie definiti dall'organizzazione stessa. L'inserimento di elementi scientifici permette di superare questa “località” e quindi di:

- dare maggior valore ai risultati ottenuti da un SGA;
- rendere maggiormente confrontabili SGA di organizzazioni diverse;
- connettersi a parametri “globali” di valutazione.

In questo contesto questa tesi si prefigge di integrare con un contributo scientifico originale la definizione di azioni di miglioramento, sia all'interno di un SGA codificato che nell'ambito della pianificazione, utilizzando la sintesi eMergetica per integrare la metodologia per la valutazione della significatività proposta in Marazza *et al.* (2010).

D'altro lato, l'approfondimento su una sola tematica ambientale, quella del consumo di energia, esplorata attraverso la descrizione del sistema oggetto di studio, la costruzione di scenari sulla sua evoluzione futura, la valutazione di indici generali di performance per il sistema attraverso il calcolo delle emissioni di gas a effetto serra (GHGs) e la sintesi eMergetica degli scenari realizzati. La costruzione di scenari permette di “estendere al futuro” le azioni di miglioramento previste nell'ambito di un SGA o di un Piano, andando quindi a prevedere gli effetti e le ricadute delle azioni ipotizzate.

Per descrivere e valutare un sistema (in questo caso energetico, ma l'affermazione ha valenza molto più ampia) sono necessari:

- da un lato, la conoscenza del sistema ed una strutturazione delle conoscenze;

- dall'altro, strumenti di analisi. In questa tesi si sostiene l'importanza di utilizzare indicatori di tipo "globale", nel senso che si distaccano dal contesto spazio-temporale locale per attribuire dei valori "assoluti" agli elementi in gioco.

E' per questo che viene utilizzata la sintesi eMergetica, che permette di attribuire ad ogni elemento del sistema un valore globale (in emJoules) che corrisponde all'impegno della natura per generare o sostenere quell'elemento.

La sintesi eMergetica viene impiegata in questa tesi per collegare i sistemi di gestione ambientale (SGA), basati essenzialmente sulla definizione di obiettivi interni e spesso auto-referenziali, con una valutazione globale degli elementi in gioco, migliorando in tal modo la consistenza scientifica dei SGA stessi. Lo stesso approccio si adotta anche per la valutazione delle possibili evoluzioni di un sistema energetico, nell'ambito di un processo di pianificazione che condivide con i SGA l'approccio volto al miglioramento continuo e la sequenza pianifica → agisci → controlla → correggi.

Le tematiche sono collegate sia dal punto di vista concettuale che da quello geografico.

Dal punto di vista concettuale, l'utilizzo della sintesi eMergetica rappresenta un elemento unificante del lavoro: elemento quantificatore nei SGA (valutazione della significatività degli aspetti ambientali) e elemento di valutazione per gli scenari di evoluzione futura del sistema energetico considerato.

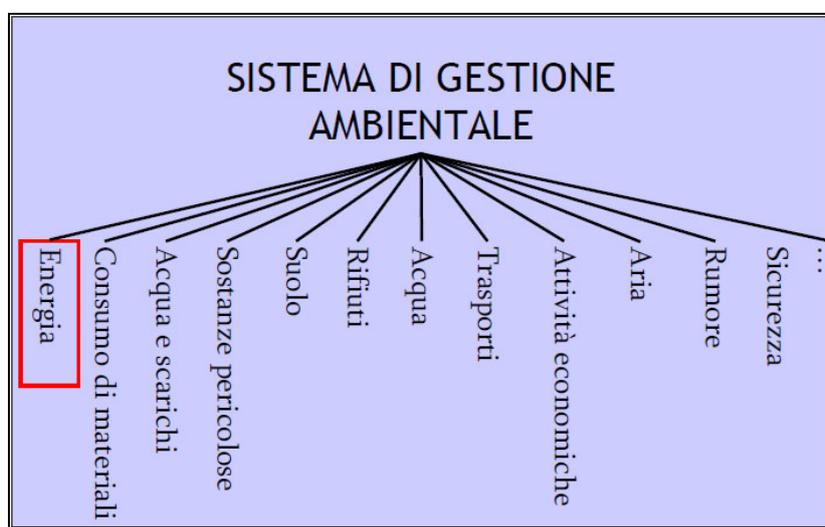


Figura 3. I vari aspetti ambientali di cui si occupa un SGA, rappresentati come suoi sotto-elementi

Dal punto di vista concettuale, inoltre, si possono vedere i sistemi di gestione ambientale applicati ad un ente pubblico territoriale come un ombrello, che attraverso l'analisi ambientale, la definizione di procedure, il perseguimento di obiettivi di miglioramento, la verifica dei risultati e le azioni correttive (si veda il ciclo PDCA al capitolo 2) tiene sotto controllo tutte le tematiche ambientali che occorrono nel territorio (Figura 3). Ognuna di queste, poi, richiede un

suo specifico approfondimento (ad esempio la qualità dell'aria, le attività di pianificazione territoriale, la gestione dei rifiuti, ...) per esplorare le possibili strategie gestionali, le politiche necessarie, la situazione attuale e le possibili evoluzioni future, le prestazioni ambientali del settore.

Anche a livello di responsabilità, in un ente il responsabile del SGA (RSGA) non sarà responsabile anche per l'urbanistica, l'energia, i rifiuti, i trasporti, la viabilità, ecc., ma sarà un altro soggetto che raccoglie informazioni dai responsabili delle singole aree e collabora con loro nella definizione degli obiettivi di miglioramento (Figura 4). Tutte queste competenze possono fare capo ad una sola persona solo in caso di enti molto piccoli.



Figura 4. La relazione tra i sistemi di gestione ambientale nel loro complesso e le singole tematiche ambientali nella loro completezza, che contribuiscono al SGA ma sono anche gestite a livello indipendente

Dal punto di vista geografico, inoltre, tutte le applicazioni hanno avuto luogo nel territorio della Provincia di Ravenna o in Comuni che ne fanno parte, ottenendo quindi una convergenza sulla tematica dell'energia, di cui si occupano sia i SGA sia l'analisi del sistema energetico del territorio.

1.2 STRUTTURA DELLA TESI

Questa tesi è stata strutturata per tematica, in modo da consentirne una lettura più scorrevole ed evitare di saltare da un argomento ad un altro in ogni capitolo. Ogni tematica è poi suddivisa in introduzione, metodi, risultati, discussione. Quali elementi unificanti, sono presenti una introduzione unica all’inizio del lavoro e le conclusioni generali alla fine. In Figura 5 è riportato uno schema grafico della struttura della tesi.

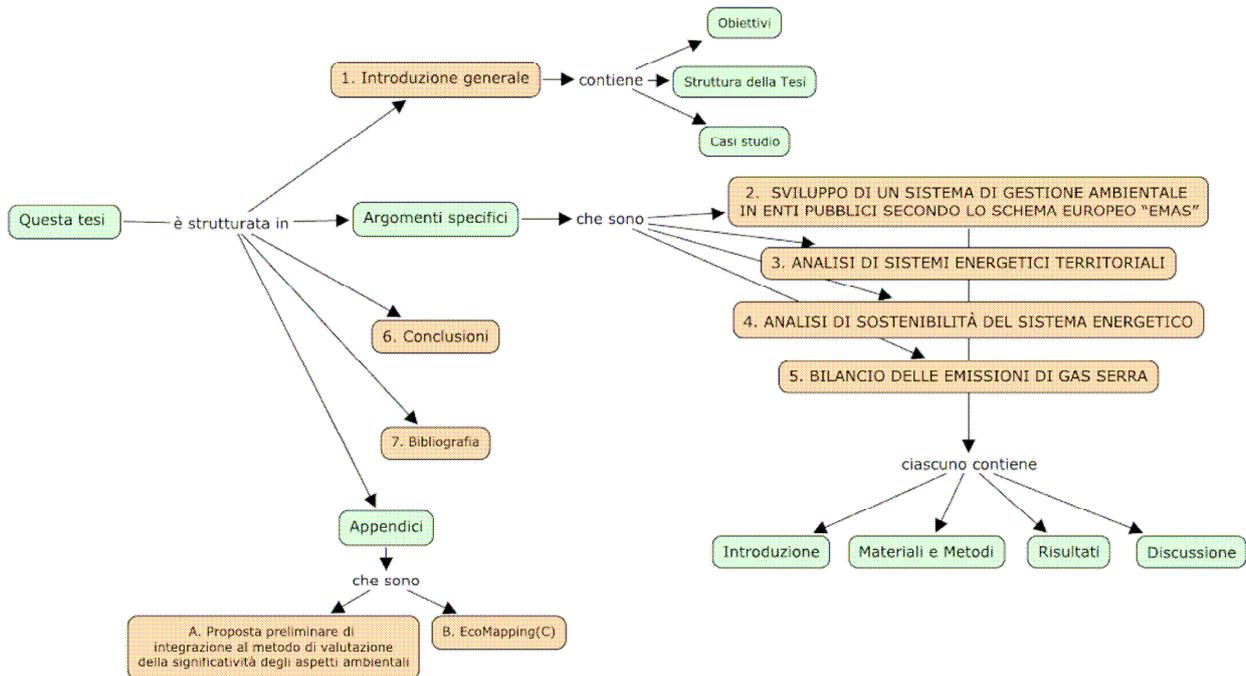


Figura 5. Rappresentazione grafica della struttura della tesi. In arancio sono rappresentati i 9 capitoli principali. Il grafico è stato realizzato con il software CmapTools

1.3 CASI STUDIO

1.3.1 COMUNE DI FAENZA E COMUNI DELLA “COMUNITÀ MONTANA APPENNINO FAENTINO”

A partire dal 2001, il Gruppo di Ricerca sulla Gestione Ambientale ha avuto l'opportunità di lavorare a vari progetti basati nel territorio del Comune di Faenza e della Comunità Montana dell'Appennino Faentino, che comprende i Comuni di Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme. In particolare, le attività che hanno interessato questi Comuni possono essere riassunte inserendole nelle categorie della gestione ambientale proposte nel capitolo 1.

	EMS	ERA	EIS	EC
Sistema di gestione ambientale EMAS e database di supporto	X	X	X	
Progetto “Cruscotto della Sostenibilità”		X	X	X
Progetto Interreg IIC “Espace Riviere Europe”		X	X	
Processo di Agenda 21 locale		X		X
Apertura di un Centro di Educazione Ambientale				X
Conduzione di progetti finanziati dai bandi INFEA (Informazione, Formazione ed Educazione Ambientale) regionali				X
Progetto “L'agricoltura che fa bene alla terra”	X	X		

1.3.2 PROVINCIA DI RAVENNA

A partire dal 2007, ai progetti che vedono come “nucleo di attività” i Comuni del Faentino si è affiancato un lavoro che interessa l'intero territorio della Provincia di Ravenna (Figura 6): la Provincia stessa, per la redazione di un Piano Energetico in base alla L.10/91 e alla L.R.26/04, ha incaricato il Gruppo di Ricerca sulla Gestione Ambientale del CIRSA di redigere il Quadro Conoscitivo del piano stesso, e di dare un supporto scientifico alla definizione delle azioni di piano.



Figura 6. Il territorio della Provincia di Ravenna e la suddivisione in Comuni

2 SVILUPPO DI UN SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE IN ENTI PUBBLICI SECONDO LO SCHEMA EUROPEO “EMAS”

2.1 INTRODUZIONE E METODI

I sistemi di gestione ambientale (SGA) sono strumenti volontari, a disposizione delle organizzazioni private o pubbliche, per testimoniare l'impegno a gestire e migliorare gli effetti delle proprie attività sull'ambiente.

A livello internazionale, i SGA più applicati sono quelli definiti dalla norma UNI/EN/ISO14001 e dal Regolamento CE 1221/2009 (“EMAS III”, che ha sostituito il Regolamento CE 196/06). Mentre il primo ha validità mondiale, il secondo è applicabile nei paesi membri dell'Unione Europea. Diversa anche l'organismo emanatore: mentre la norma ISO14001 è uno schema definito dalla International Organization for Standardization (quindi un organismo privato), il Regolamento EMAS è emesso dalla Commissione Europea (quindi un organismo pubblico); in conseguenza di questa differenza, anche il grado di controllo esterno sui SGA è differente. Nel caso ISO 14001 è solo l'ente certificatore che conduce un audit sul SGA e lo dichiara conforme; nel caso di EMAS, invece, dopo il verificatore ambientale accreditato intervengono anche l'Organismo nazionale competente per EMAS (in Italia il Comitato Ecolabel – Ecoaudit, emanazione dell'ISPRA) e l'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) locale.

Una definizione (dalla norma ISO 14001/2004) di sistema di gestione ambientale è semplicemente “quella parte del sistema di gestione di una organizzazione che viene utilizzata per sviluppare e applicare la politica ambientale e gestire gli aspetti ambientali”.

Sebbene sia sempre possibile applicare un qualunque sistema di gestione ambientale, anche auto-definito, alle attività di una organizzazione, l'utilizzo di SGA riconosciuti e codificati permette di dare al sistema stesso un livello molto superiore di credibilità e affidabilità, visto che un “ente terzo” interviene nella verifica della corrispondenza tra la norma e il SGA realmente applicato.

I SGA, codificati o meno, sono basati sul principio del miglioramento continuo delle prestazioni ambientali. In questo, differiscono fortemente dalle certificazioni di prodotto: mentre queste ultime fissano degli standard necessari per ottenere la certificazione, i SGA non richiedono una prestazione “minima”, ma piuttosto un continuo miglioramento rispetto alla situazione di partenza.

E' vero però che nel nuovo regolamento EMAS III (Regolamento CE 1221/2009) sono stati introdotti gli “indicatori chiave”, che riguardano:

- efficienza energetica;
- efficienza dei materiali;
- acqua;
- rifiuti;
- biodiversità;
- emissioni,

sui quali ogni anno le organizzazioni registrate devono rendicontare obbligatoriamente. Questo facilita fortemente il confronto tra le prestazioni delle organizzazioni e quindi, pur non costituendo uno standard minimo da raggiungere, richiama necessariamente l'attenzione su questi aspetti e sul loro potenziale miglioramento.

Sono inoltre previsti dal regolamento EMAS III degli indicatori di prestazione ambientale specifici per settore di attività, indirizzando quindi verso la rendicontazione comune su alcune tematiche prefissate ed il confronto diretto tra le prestazioni di organizzazioni simili.

Il Regolamento EMAS è uno strumento di gestione finalizzato a valutare, rendicontare e migliorare le performance ambientali. La prima versione risale al 1995, limitata alle organizzazioni industriali), aggiornata nel 2001 (Regolamento CE 761/2001, aperta a tutti i settori economici, comprese le pubbliche amministrazioni ed i servizi), aggiornata nuovamente nel 2006 per adeguarsi alla nuova edizione della norma ISO 14001 a cui si rifà. L'ultimo aggiornamento del regolamento è del 2009 (Regolamento CE 1221/2009), con entrata in vigore l'11 gennaio 2010.

EMAS è definito come un sistema comunitario di ecogestione e audit ad adesione volontaria e costituisce uno degli strumenti dei piani d'azione «Produzione e consumo sostenibili» e «Politica industriale sostenibile». Il SGA è inteso a promuovere il miglioramento continuo delle prestazioni ambientali delle organizzazioni mediante l'istituzione e l'applicazione di sistemi di gestione ambientale, la valutazione sistematica, obiettiva e periodica delle prestazioni di tali sistemi, l'offerta di informazioni sulle prestazioni ambientali, un dialogo aperto con il pubblico e le altre parti interessate e infine con il coinvolgimento attivo e un'adeguata formazione del personale da parte delle organizzazioni interessate (Regolamento CE 1221/2009).

Nella definizione sopra riportata sono già messi in evidenza alcuni dei punti di differenziamento tra EMAS e la norma ISO 14001, cioè quei punti su cui EMAS pone una particolare attenzione. Si tratta di:

- analisi ambientale iniziale;
- rispetto degli obblighi normativi;
- prestazioni ambientali;
- partecipazione del personale;
- comunicazione col pubblico.

Tornando alla struttura generale dei SGA, per ottenere il miglioramento continuo sono basati sull'applicazione continuata dello schema "PDCA" (Figura 7) (Ridolfi *et al.*, 2008; Vazzana *et al.*, 2004; Deming, 1986; Marazza, 2007), conosciuto come "ruota di Deming" o "ciclo di Shewart", dal nome di uno statistico statunitense che lavorava nei Laboratori Bell negli anni '30. W. Edwards Deming fu invece un consulente industriale che lo propose per il miglioramento continuo della gestione della qualità (Deming, 1986).

In sintesi, le 4 parti del ciclo di Deming sono le seguenti:

- P – Plan: fase di pianificazione delle attività in base alle priorità, definizione delle politiche, obiettivi, traguardi;
- D – Do: applicazione di quanto pianificato;
- C – Check: verifica dei risultati ottenuti;
- A – Act: rivedere le priorità, gli obiettivi, i traguardi ed eventualmente le politiche in base ai risultati della fase di verifica

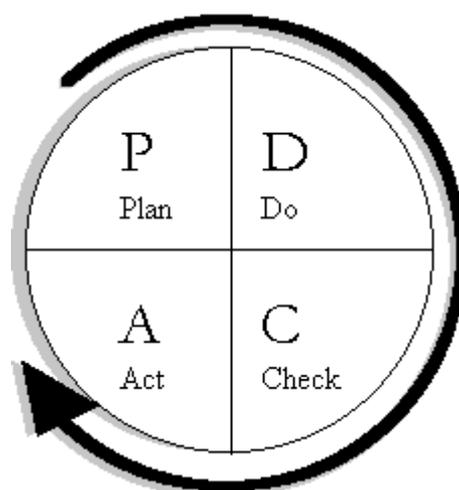


Figura 7. Il Ciclo di Deming

E' possibile attribuire ogni punto del Regolamento EMAS o della norma ISO 14001 ad una di queste 4 categorie.

Nel caso di EMAS, in Figura 8 è rappresentato l'inserimento del ciclo di Deming nelle attività previste dal Regolamento. . L'analisi ambientale è lasciata fuori dal ciclo in quanto viene realizzata solo 1 volta, quando si inizia a definire il SGA. La politica e la dichiarazione ambientale, invece, sono rappresentate fuori dal ciclo in quanto sono intese come input ed output del sistema, anche se sono oggetto di aggiornamento, o rivalutazione, annuale. La registrazione avviene dopo un primo audit completo del SGA da parte di un verificatore accreditato e la successiva valutazione del Comitato EMAS Ecolabel, ma ogni anno sono poi necessarie visite di mantenimento e almeno ogni 3 anni va ripresentata la Dichiarazione

Ambientale al Comitato. Non ci sono quindi, in realtà, parti che si possano del tutto considerare esterne al ciclo di miglioramento continuo.

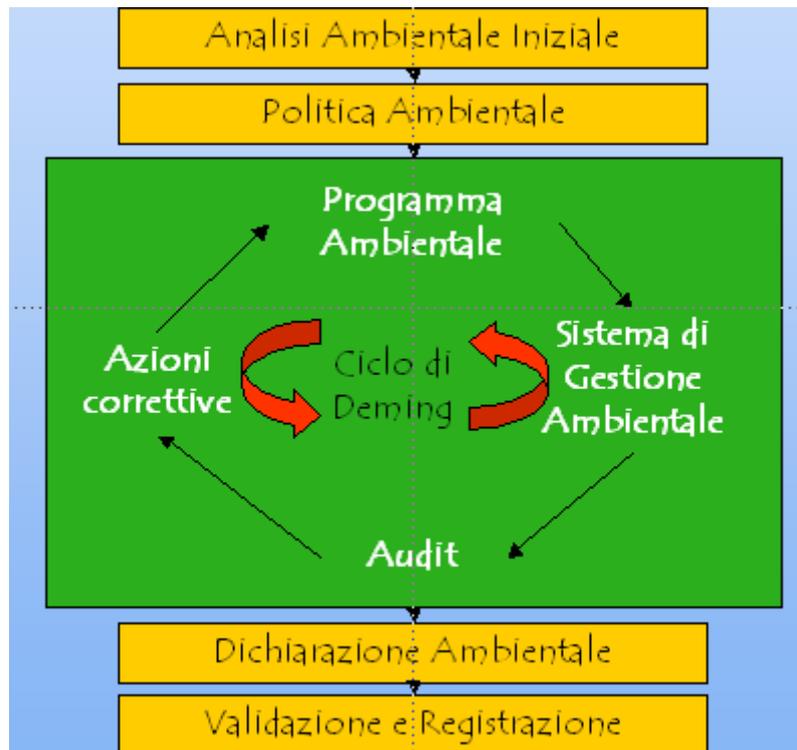


Figura 8. Una rappresentazione dell'applicazione del Regolamento EMAS, con in evidenza il ciclo di Deming

2.1.1 SGA IN ENTI PUBBLICI

Gli Enti pubblici hanno alcune particolari caratteristiche che vanno tenute in considerazione nello strutturare un sistema di gestione ambientale (Lozano e Vallés, 2007):

- Le competenze ambientali degli Enti pubblici sono svariate per ambito e tipologia (conduzione di scuole, raccolta e gestione rifiuti, manutenzione strade, vigilanza e controllo, pianificazione territoriale e pianificazione settoriale, protezione civile, rifornimento di beni e servizi, sport e attività culturali, ...). Spesso gli aspetti indiretti prevalgono su quelli diretti, e la valutazione degli aspetti è solitamente lunga e faticosa, oltre a richiedere frequentemente il supporto di consulenti (Ridolfi *et al.*, 2008; sito internet “European Commission — DG Environment”, 2008; Lozano e Vallés, 2007). Molto spesso è difficile classificare un aspetto come diretto o indiretto, perché ci sono moltissimi casi di responsabilità condivise.

- Le competenze ambientali degli Enti pubblici sono relative ad un intero territorio, e non solo alle sedi istituzionali e operative degli Enti stessi; hanno inoltre un importante ruolo istituzionale relativo alla comunicazione ambientale, e possono intraprendere azioni o comunicazioni verso le imprese situate nel territorio, (Casale, 2005).

– Gli “stakeholder” di un ente pubblico non sono, come nel caso di una azienda, i clienti, fornitori e vicini, ma comprendono l’intera comunità che vive nel territorio amministrato. Inoltre, mentre nel caso di una azienda i clienti possono cambiare fornitore, se non sono soddisfatti del prodotto o del servizio fornito, i cittadini di un ente pubblico possono sì votare per cambiare la classe politica dirigente, ma per il resto se non sono soddisfatti possono solamente trasferirsi altrove.,

– Un ente pubblico può ottenere un miglioramento continuo delle prestazioni ambientali per quanto riguarda gli aspetti diretti, come una compagnia privata, ma i benefici sono generalmente ottenibili nel lungo periodo, e sono diffusi a tutta la comunità con ricadute in termini economici, ambientali e sociali. Altre volte, l’ente pubblico può migliorare le proprie performance sugli aspetti indiretti, ma questo non sempre si concretizza in un miglioramento delle condizioni ambientali, influenzate da varie altre attività.

– Le motivazioni per sviluppare un SGA spesso comprendono il desiderio di essere da esempio per altre organizzazioni, pubbliche o private, e di avere un ritorno positivo sull’intero territorio (Clausen *et al.*,2002).

– In Italia, la maggior parte dei Comuni hanno un piccolo numero di abitanti (meno di 5000 nel 72% dei casi (ISTAT, 2001)). E’ facile dedurre come questi Comuni abbiano anche pochi dipendenti (anche meno di 10 persone), che probabilmente non hanno competenze specifiche di tipo ambientale (né tempo a disposizione) tali da poter affrontare la strutturazione di un SGA, l’individuazione degli aspetti ambientali e soprattutto la valutazione della loro importanza.

– L’amministrazione pubblica è uno dei settori a più rapida crescita per quanto riguarda la diffusione di EMAS.

Tutte le considerazioni espresse, insieme anche al fatto che sono presenti in Europa un vastissimo numero di Enti pubblici, hanno portato a concludere che la definizione di un metodo per valutare la significatività degli aspetti ambientali, specifico per Enti pubblici, potesse essere utile e avere ampia diffusione.

2.1.2 ESEMPI DI APPLICAZIONE DI EMAS IN ENTI PUBBLICI

Nel corso del 1° anno di dottorato, è stata effettuata una ricerca bibliografica relativa all’applicazione del Regolamento EMAS, in particolare negli Enti pubblici. E’ evidente come molte applicazioni di EMAS non siano oggetto di particolari pubblicazioni scientifiche o progetti di ricerca; ciò nonostante, non sono poche né le pubblicazioni né i progetti finanziati a livello europeo che si occupano di EMAS. Si riporta una sintetica descrizione dei principali lavori trovati:

- DOGME (progetto LIFE): questo progetto danese ha sviluppato un modello di SGA basato su EMAS, mirato agli Enti locali, allo scopo di promuovere la diffusione dei SGA presso le autorità locali.

- COMPASS (progetto PLUS) “Mentor and peer municipalities for an international EMAS network”;
- ECOLUP – “Ecological Land Use Planning”. (progetto LIFE – Environment): il progetto ha sperimentato l’applicazione di EMAS II al processo di pianificazione territoriale.
- EMAS-Lab (Progetto LIFE03/ENV/P/000504) “Eco-Management Audit Scheme for Local Authorities Environmental Benchmarking”. Progetto portoghese che aveva come obiettivo quello di testare l’applicabilità di EMAS agli Enti pubblici in Portogallo, attraverso la registrazione della città di Almada e la definizione di indicatori e valori di benchmarking corrispondenti;
- “EMAS Peer Review for Cities project”: progetto mirato alla diffusione di EMAS in Enti pubblici europei, attraverso la realizzazione di una guida “step-by-step” dedicata alle città che vogliono sviluppare un SGA, oltre che condurre una “peer review” – controllo tra pari. Il progetto si rivolgeva in particolare agli Enti pubblici dei nuovi stati membri;
- MUE25 – “Managing Urban Europe 25”: il progetto è stato cofinanziato dalla Commissione Europea nell’ambito della Strategia Tematica per l’Ambiente Urbano. Vi hanno preso parte 25 Enti locali, per migliorare la propria qualità ambientale e le performance verso la sostenibilità. Il progetto ha fornito un modello per una implementazione ottimale di strumenti di gestione ambientale già esistenti (ISO14001, EMAS, ecoBUDGET), con un metodo pratico per affrontare la gestione integrata (Figura 9). L’applicazione del metodo dovrebbe facilitare il miglioramento dei processi normativi, la gestione urbana, il rispetto della normativa ambientale, la valutazione ambientale, il reporting ambientale, la comunicazione con i portatori di interesse locali, e soprattutto aiutare ad integrare le varie politiche dell’Ente in una unica strategia coerente.

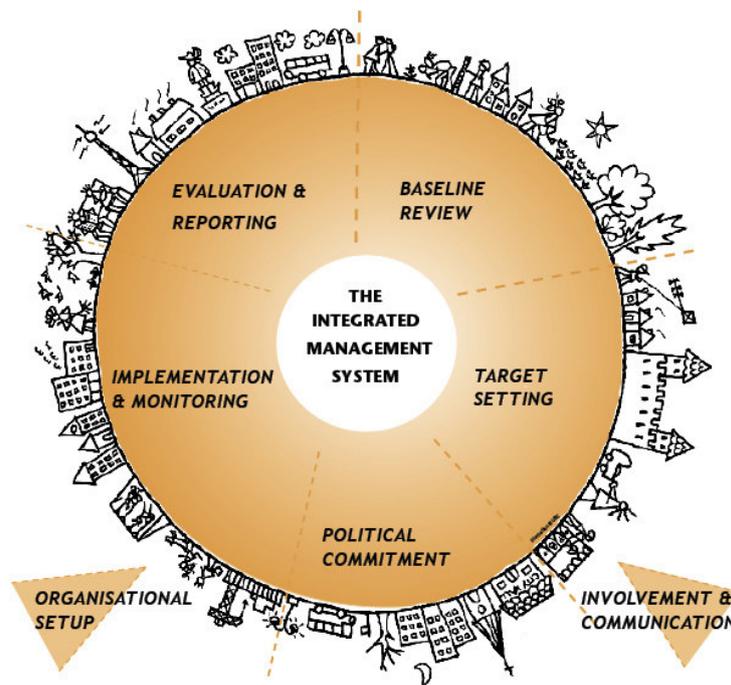


Figura 9. Il sistema di gestione integrato proposto dal progetto MUE25. Da www.mue25.net

- EURO-EMAS (progetto LIFE environment) e LA-EMAS: progetti che hanno definito un regolamento basato su EMAS ma adattato agli Enti locali, prima nel Regno Unito e successivamente in altri paesi europei;
- EMASER: progetto finalizzato alla diffusione di EMAS in Enti pubblici, sviluppato in alcune città dell'Europa occidentale, tenendo conto del ruolo di esempio e guida che questi Enti possono svolgere nei confronti dei soggetti attivi sul territorio;
- NEST – “Networking with EMAS for Sustainable Development” (progetto LIFE environment): anche questo progetto ha come obiettivo la registrazione EMAS degli Enti pubblici partecipanti (situati in Polonia, Ungheria e Grecia), attraverso la definizione di strumenti semplici e di facile applicazione per guidare gli Enti nella definizione e applicazione di un SGA, in particolare quelli piccoli e con poche risorse a disposizione;
- PIONEER - L'industria Cartaria che Opera a Rete: un Esperimento per la Revisione di EMAS (progetto LIFE environment): sperimentazione dell'applicazione di EMAS ad un intero distretto industriale;
- LEAP – “Local Environmental Management Systems and Procurement” (progetto LIFE environment): il progetto, terminato nel 2006, era indirizzato all'integrazione del Green Public Procurement in SGA sviluppati nella pubblica amministrazione, con lo sviluppo di una serie di strumenti e linee guida.
- Tandem (Progetto LIFE) – “Pilot action for promoting EMAS among Local Bodies operating on a large territory in TANDEM with Local Agenda 21”. Il progetto (svoltosi nel periodo 2001-2004), aveva come obiettivo la definizione di linee guida per facilitare

l'applicazione e la diffusione della certificazione ambientale EMAS tra gli Enti pubblici che operano su area vasta, individuando e sviluppando le sinergie esistenti con Agenda 21 Locale (Tandem, "Deliverables" 1-5, 2004). A seguito della conclusione del progetto, è stato mantenuto attivo un "open group" per discutere le problematiche relative all'applicazione di EMAS agli Enti Locali.

Nel corso delle attività presso il Comune di Faenza, è stato possibile partecipare alle attività del gruppo di lavoro TANDEM, coordinato dalla Provincia di Bologna, negli anni 2006-2009.

- EVER – "Evaluation of EMAS and Eco-label for their Revision": EVER è uno studio che è stato commissionato dal DG Ambiente della Commissione Europea per ottenere raccomandazioni sulla revisione dei due schemi volontari EMAS e Ecolabel. Tali raccomandazioni sono state ottenute attraverso le evidenze raccolte da letteratura, studi precedenti, valutazioni dei due schemi, interviste, casi studio, pareri esperti raccolti durante workshop dedicati (IEFE, 2005).

2.1.3 MISURA DELLA SIGNIFICATIVITÀ DEGLI ASPETTI AMBIENTALI

Un passo molto importante per applicare un EMS è la definizione di aspetti prioritari su cui concentrare le attività di miglioramento.

Un'organizzazione è tenuta a identificare i propri aspetti ambientali e valutare la loro significatività. Per fare questo (si veda l'articolo A.3.1 dell'Allegato II del regolamento EMAS III) è fondamentale definire i criteri, le soglie e le categorie per definire una scala di riferimento per la significatività. A questo proposito, il Gruppo di Ricerca sulla Gestione Ambientale del CIRSA ha definito una metodologia dedicata alla valutazione della significatività degli aspetti ambientali, ideata per gli Enti pubblici ma applicabile anche ad altre organizzazioni. Il metodo è presentato in modo dettagliato nell'articolo "Ranking environmental aspects in environmental management systems: A new method tested on local authorities" (Marazza *et al.*, 2010).

In sintesi, per ogni aspetto ambientale il metodo valuta i seguenti aspetti:

- Livello di controllo "c": questo parametro rappresenta una evoluzione del concetto di aspetto diretto o indiretto descritto nel Regolamento EMAS. Si propone invece una scala (0-5) ai cui estremi vi sono il controllo completo (aspetto diretto) e l'assenza di influenza, mentre i valori intermedi indicano diversi gradi di competenza sull'aspetto stesso. Questo tipo di gradazione è molto adatto per gli Enti pubblici, che spesso dividono la responsabilità di un aspetto con altri soggetti (si vedano ad esempio le conferenze di servizi, il rispetto della pianificazione sovraordinata, i servizi dati in appalto, la partecipazione in società, l'interazione con le attività economiche del territorio, ecc.). Si può visualizzare come lo "spazio di azione" a disposizione dell'Ente;
- Livello di gestione "g": sempre in scala 0-5, questo parametro valuta invece se è applicata una gestione ambientale all'aspetto, anche qui differenziando da gestione ambientale

completamente assente (0) a gestione ambientale completa e non più migliorabile (5). Per gestione ambientale, si intende in particolare la presenza di una strategia identificata e applicata, un approccio intersettoriale, il monitoraggio dell'aspetto, la conoscenza completa degli impatti ambientali conseguenti. Si può visualizzare come lo "spazio realmente occupato" dall'Ente, rispetto a quello messo a disposizione dal controllo "c".

La combinazione di questi 2 parametri genera l'indice G, chiamato "Indice di Governance".

$$G = f(c * g)$$

- Magnitudo "m": parametro calcolato secondo le metodologie della valutazione di impatto ambientale (Malcevschi, 1991), che definisce un impatto come correlazione tra fattori ambientali (eventi che interferiscono con l'ambiente, come emissioni, consumo di risorse, produzione di rifiuti) e componenti ambientali (come atmosfera, geosfera,...). In ultima analisi, il parametro rappresenta la "gravità" dell'aspetto ambientale, in relazione alla dimensione spazio-temporale dei potenziali impatti che può provocare.
- Frequenza ed estensione "fe": frequenza ed estensione a cui si verifica l'aspetto ambientale;
- Fattori aggravanti "i": parametro che valuta la presenza di condizioni che rendano particolarmente grave l'impatto generato dall'aspetto ambientale (presenza di recettori sensibili, presenza di altri aspetti che impattano lo stesso comparto ambientale, livelli di inquinamento già eccessivi, ecc.);
- Percezione e partecipazione "p": parametro che valuta l'interesse del pubblico per l'aspetto considerato.

La combinazione di questi 4 parametri genera l'indice I, chiamato "Indice di Rilevanza".

$$I = fe * (m + i + p)$$

In ultimo, il prodotto dei due indici G ed I dà il valore di significatività S.

$$S = G * I$$

In Figura 10 è mostrata la distribuzione di tutti i valori possibili dell'indice S, in base a tutte le combinazioni possibili dei parametri che lo compongono. S assume valori da 0 a 840, anche se statisticamente solo il 13.5% degli aspetti supera la soglia di significatività fissata a 250.

Nella prima applicazione del metodo, è proposto di utilizzare S=250 come soglia di significatività, da abbassare eventualmente nelle successive valutazioni (successivi cicli PDCA) quando grazie alle azioni di miglioramento gli aspetti più significativi dovrebbero vedere diminuita la propria significatività, visto che sono presi in carico dal SGA.

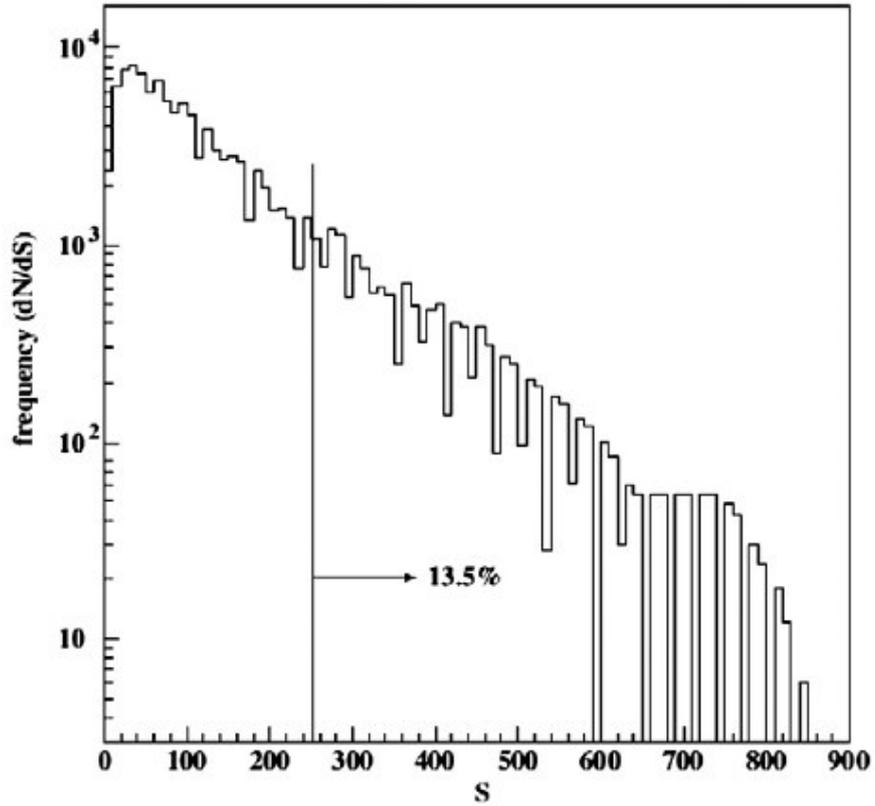


Figura 10. Distribuzione della frequenza di tutti i valori possibili dell'indice S. Sopra al valore di 250, che è proposto come soglia di significatività, si collocano in totale il 13.5% dei valori possibili. Va rilevato però come i valori più alti di S difficilmente si presentano in casi reali.

2.2 RISULTATI

2.2.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI

Oltre all'approfondimento sulla valutazione della significatività, in questo lavoro è stato approfondito anche il passaggio precedente, cioè l'identificazione degli aspetti ambientali.

Nell'Allegato 1 del Regolamento EMAS III, sono elencati in modo non esaustivo alcuni elementi che vanno inclusi tra gli aspetti ambientali:

Elementi relativi ad aspetti diretti	Elementi relativi ad aspetti indiretti
<ul style="list-style-type: none">- obblighi normativi e limiti previsti dalle autorizzazioni- emissioni in atmosfera- scarichi nelle acque- produzione, riciclaggio, riutilizzo, trasporto e smaltimento di rifiuti solidi e altri tipi di rifiuti, in particolare di quelli pericolosi- uso e contaminazione del suolo- uso di risorse naturali e di materie prime (compresa l'energia)- uso di additivi e coadiuvanti nonché di semilavorati- questioni locali (rumore, vibrazioni, odori, polveri, impatto visivo e altre)- aspetti legati ai trasporti (sia per beni che per servizi)- rischi di incidenti ambientali e impatti ambientali che derivano o possono derivare a seguito di incidenti e possibili situazioni di emergenza- effetti sulla biodiversità	<ul style="list-style-type: none">- aspetti legati al ciclo di vita del prodotto (progettazione, sviluppo, imballaggio, trasporto, uso e recupero/smaltimento dei rifiuti)- investimenti di capitale, concessione di prestiti e servizi assicurativi- nuovi mercati- scelta e composizione dei servizi (ad esempio trasporto o servizi di ristorazione)- decisioni amministrative e di programmazione- assortimento dei prodotti- prestazioni e pratiche ambientali degli appaltatori, subappaltatori e fornitori- procedure di appalto

Tabella 1. Indicazioni per l'identificazione degli aspetti ambientali presenti nell'Allegato I del Regolamento 1221/2009 "EMAS III"

Nell'applicazione del SGA presso il Comune di Faenza, si è sperimentata la definizione degli aspetti ambientali in associazione ad alcuni studi preparatori per l'applicazione della Contabilità Ambientale all'Ente Comunale, in base al metodo CLEAR (Figura 11).

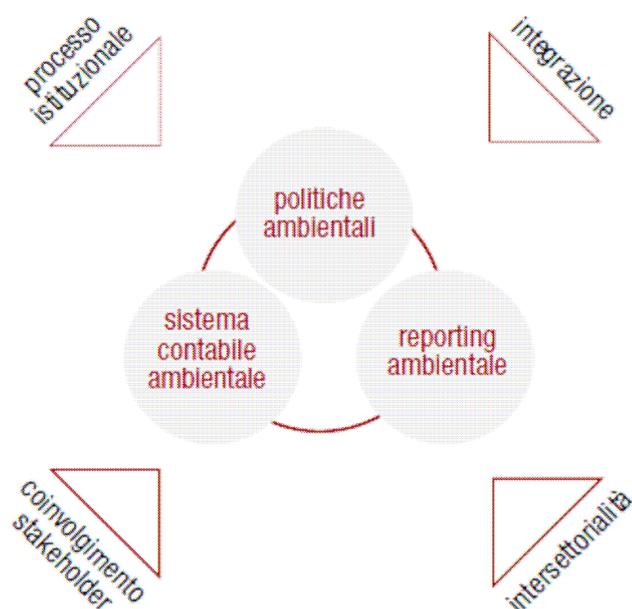


Figura 11. Il Logo del progetto CLEAR ed uno schema che lo rappresenta come il nucleo centrale dei processi di governance dell'ente, inserendolo all'interno dei processi decisionali, nella contabilità generale della struttura e negli altri processi ordinari dell'ente.

Il metodo CLEAR è stato sviluppato come risultato del primo progetto europeo di contabilità ambientale applicata agli Enti locali. Il progetto CLEAR, ("City and Local Environmental Accounting and Reporting" - Progetto per la contabilità e il report ambientali di città e comunità locali) ha visto la realizzazione e l'approvazione di "bilanci verdi" da parte di 18 Enti pubblici italiani, ed è stato finanziato nell'ambito dei progetti LIFE-Ambiente per il triennio 2001-2003. Tra i risultati del progetto c'è un vero e proprio manuale (Progetto Clear, 2003) in cui vengono definiti i criteri per misurare, categorizzare e organizzare i dati in un Bilancio Ambientale che possa arrivare alla vera e propria approvazione da parte dell'Ente Pubblico. Per redigere il bilancio si prevede l'utilizzo sia di indicatori fisici sia la contabilizzazione delle spese (Spese correnti ed investimenti) che si possono ricondurre ad attività "ambientali", quindi indicatori monetari.

Il punto di contatto interessante tra il metodo proposto da CLEAR e l'applicazione di un SGA al Comune di Faenza è stato rappresentato dalla struttura di rendicontazione proposta da CLEAR, costituita da "aree di competenza" (le macrocompetenze ambientali di una amministrazione) e gli "ambiti di rendicontazione", che rappresentano le azioni concrete su cui si deve rendere conto.

Tale struttura è stata ottenuta incrociando le competenze attribuite all'ente dalle leggi vigenti con i parametri di sostenibilità della Valutazione Ambientale Strategica (VAS), utilizzata dall'Unione europea per valutare le ricadute ambientali di politiche, piani, programmi, progetti.

In CLEAR, l'insieme di tali ambiti di rendicontazione costituisce la base per la costruzione del sistema contabile ambientale. Nel caso dell'SGA del Comune di Faenza, una volta redatto un primo elenco di aspetti ambientali, gli ambiti di rendicontazione sono serviti per classificare tali aspetti e come “controllo incrociato” sulle competenze attribuite all'ente.

Le aree di competenza utilizzate per il Comune sono le seguenti:

1. VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ
2. MOBILITÀ SOSTENIBILE
3. SVILUPPO URBANO
4. RISORSE IDRICHE
5. RIFIUTI
6. RISORSE ENERGETICHE
7. INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE
8. ALTRI IMPEGNI AMBIENTALI

Per ciascuna area, CLEAR dettaglia i vari ambiti, come riportato in Tabella 2.

Nelle tabelle da Tabella 3 a Tabella 10 sono riportati gli aspetti ambientali del Comune di Faenza, catalogati secondo gli ambiti di rendicontazione del metodo CLEAR.

AREE DI COMPETENZA E AMBITI DI RENDICONTAZIONE	
1. VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	
1.1	Governo del verde pubblico
1.2	Governo del verde privato
1.3	Governo dei sistemi naturali
1.4	Tutela degli animali
2. MOBILITÀ SOSTENIBILE	
2.1	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile
2.2	Gestione sostenibile della mobilità
2.3	Tecnologie e provvedimenti per la mitigazione degli impatti da traffico
3. SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	
3.1	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione
3.2	Recupero e miglioramento dell'ambiente urbano
3.3	Riqualificazione e recupero siti produttivi e industriali dismessi
3.4	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche
4. RISORSE IDRICHE	
4.1	Gestione delle acque di approvvigionamento
4.2	Gestione delle acque reflue
4.3	Controllo dei corpi idrici
5. RIFIUTI	
5.1	Indirizzi in merito alla gestione dei rifiuti
5.2	Gestione della raccolta, del recupero di materia/energia dai rifiuti
5.3	Controllo dell'impatto ambientale generato dalla gestione dei rifiuti
6. RISORSE ENERGETICHE	
6.1	Pianificazione in tema di risorse energetiche
6.2	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico di risorse energetiche
6.3	Controllo degli impianti
7. INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	
7.1	Educazione, formazione e sensibilizzazione allo sviluppo sostenibile
7.2	Ascolto e dialogo con la comunità locale
7.3	Strumenti, prassi e procedure per la riduzione degli impatti ambientali delle attività dell'ente
7.4	Promozione di accordi volontari e progetti ambientali nei diversi settori economici
8. ALTRI IMPEGNI AMBIENTALI	
8.1	Eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti

Tabella 2. Gli ambiti di rendicontazione per la contabilità ambientale di un Comune. (CLEAR, 2003)

AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo del verde pubblico	Gestione delle aree verdi urbane e dei parchi cittadini	Gestione diretta	Magazzino del verde	sostanze pericolose	deposito combustibili e oli	E	LLPP - Servizio Manutenzione	totale	Tutte le sostanze sono chiuse in un magazzino tenuto sotto chiave. Verificare il corretto posizionamento dei cartelli. Manca una vasca di contenimento in caso di sversamento.
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo del verde pubblico	Manutenzione e conservazione del verde pubblico	Gestione diretta	progettazione e gestione degli spazi verdi e degli arredi (irrigazione, alimentazione dei laghetti artificiali)	Acqua		N	LLPP - Servizio Manutenzione	totale	Innirrigazione fissa con regolamentazione automatica, irrigazione a goccia (risparmio del 70% sui normali metodi); La strategia è identificabile nel piano degli investimenti, è applicata e monitorata; si conoscono i dati
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo del verde pubblico	Arredo urbano	Gestione diretta	progettazione e gestione degli spazi verdi e degli arredi (utilizzo di materiali)	materiali	fertilizzanti e insetti	N	LLPP - Servizio Manutenzione	totale	La gestione è completamente applicata, ma non è scritta (prassi invece di procedura). Tale strategia potrebbe essere costituita dal regolamento del verde.
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo del verde privato	denunce potature e abbattimento alberi								
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo del verde privato	controllo	Contratti	pulizia fossi e sfalci cigli erbosi	rifiuti		N	LLPP - Servizio Manutenzione	Il servizio è affidato in appalto Nota: la pulizia dei fossi spetterebbe ad HERA da regolamento	La gestione è ottimale in quanto permette una corretta gestione del territorio comunale. (verificare e fornire i dati e controllare frequenza e modalità di applicazione)
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo del verde privato	controllo	Autorizzazione	rilascio e rinnovo abilitazioni alla vendita di fitofarmaci	sostanze pericolose		N	SVEC	Il procedimento consente la verifica degli aspetti amministrativi obbligatori	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo dei sistemi naturali	consenso del verde								
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo dei sistemi naturali	tutela del paesaggio rurale	Convenzione	impianto di moto-cross "Monte Coralli"	erosione		N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	Il Parco di Monte Coralli è diventato di proprietà del Comune. Pertanto il livello di controllo è elevato.	L'impianto è fermo. La convenzione non è stata rinnovata. Nessuna strategia per il contenimento dell'erosione.
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo dei sistemi naturali	tutela del paesaggio rurale		Proprietà di parte del Parco del Carne'						
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo dei sistemi naturali	tutela del paesaggio rurale	Contratti e Partecipazione	Terre Naldi	Agricoltura		N	Tutti: BILANCIO -LLPP -Finanziario (patrimonio)- SVEC(per rapporti contrattuali relativi al contratto di affidamento dell'azienda agricola, e attività istituzionali relative alla governance della società partecipata)	Il Comune detiene una quota del 17% ed è proprietario dei terreni e dei fabbricati;	Terre Naldi ha svolto un'analisi ambientale in riferimento alla norma UNI ISO 14001. La certificazione è stata ottenuta e viene annualmente rinnovata.
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Governo dei sistemi naturali	monitoraggio dello stato di fauna e flora selvatiche, habitat e paesaggi	Autorizzazione	tesserino per raccolta funghi	risorse rinnovabili		N	SVEC	Il procedimento consente la verifica degli aspetti amministrativi obbligatori	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Tutela degli animali	autorizzazioni veterinarie	Autorizzazione	Licenza pesca	risorse rinnovabili		N	SVEC	Il procedimento consente la verifica degli aspetti amministrativi obbligatori	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Tutela degli animali	autorizzazioni veterinarie	Autorizzazione	Rilascio tesserini caccia	risorse rinnovabili		N	SVEC	Il procedimento consente la verifica degli aspetti amministrativi obbligatori	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
1 VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	Tutela degli animali	autorizzazioni veterinarie		Servizio veterinario						

Tabella 3. Gli aspetti ambientali dell'area "Verde urbano e tutela della biodiversità"

AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata	
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	Pianificazione e progettazione urbanistica								
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	PTIC e varianti								
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	Programmi urbani complessi								
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	Lavori pubblici	Contratti	controllo stato strade e piccole manutenzioni rete viabile (carrabile, elettrabile e pedonale)	sicurezza	stradale	N	LLPP - Servizio Viabilità e Traffico ACQUISIRE PIU' INFORMAZIONI	In appalto	verificare capitolato
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	Lavori pubblici		Gestione diretta o contratto???? segnaletica stradale verticale e orizzontale dei centri abitati gestione della segnaletica stradale orizzontale del forese	sicurezza	stradale	N	LLPP - Servizio Manutenzione DA COMPLETARE	totale	chiedere se è stato esternalizzato
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	Lavori pubblici		Gestione diretta o contratto???? segnaletica stradale verticale e orizzontale dei centri abitati(uso e possibilità di sversamento di sostanze pericolose)	sostanze pericolose	deposito vernici e combustibili	N/E	LLPP - Servizio Manutenzione DA COMPLETARE	totale	chiedere se è stato esternalizzato
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Interventi infrastrutturali per la mobilità sostenibile	Lavori pubblici		Interventi a seguito del PUT						
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Gestione sostenibile della mobilità	Piani di sviluppo della città	Contratti	Contratto di servizio per il trasporto pubblico	trasporti	impatto dei mezzi di METE	N	Tutti: SVEC - Servizi Aziende e partecipazioni comunali (rapporto con METE) , PM, LLPP (intervengono per segnalazioni dei privati), TERR (per dislocazione delle linee).	Il controllo avviene attraverso l'agenzia della mobilità di Ravenna, costituita dai Comuni della Provincia e delegata agli atti per l'affidamento del servizio e relativi controlli, nonché da HERA, gestore del servizio per gli aspetti ad essa affidati dal contratto	Il contratto con l'agenzia della mobilità prevede il raggiungimento ed il mantenimento di standard di servizio qualitativi e quantitativi
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Gestione sostenibile della mobilità	Piani di sviluppo della città	Pianificazione	PUT	trasporti		N	LLPP - TERR	alto (si può ottimizzare il traffico); questa funzione è prescritta dalla legge	esiste una strategia di governo del traffico. La redazione non prevede un parere del Settorre Territorio. (da verificare) La strategia è in via di applicazione e sta portando alla costruzione di due sovrappassi e due sottopassi.
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Tecnologie e provvedimenti per la mitigazione degli impatti da traffico	Impatto delle infrastrutture (VIA)	Pianificazione	valutazione del dimensionamento e della compatibilità ambientale delle vie di comunicazione	trasporti		N	TERR (servizio progettazione urbanistica e ambientale)	A livello di programmazione urbanistica il comune può esercitare un'influenza quasi totale	La strategia auspicabile consiste nella previsione territoriale dell'offerta e della domanda di mobilità relativamente agli insediamenti territoriali, ciò al fine di dimensionare adeguatamente le strade che racconducono gli insediamenti periferici, i punti ad alta frequentazione e la città. Il fenomeno di "urban sprawl" aumenta l'impatto del trasporto sul territorio. La pianificazione territoriale in questo caso necessita un coordinamento con il PUT.
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Tecnologie e provvedimenti per la mitigazione degli impatti da traffico		Iniziativa	programma "C'entro in Bici"	trasporti	cittadini	N	URP	Incentivo alla circolazione	Il Programma incentiva la diminuzione del traffico cittadino ed incoraggia alla mobilità sostenibile
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Aspetti diretti		Contratti	servizio trasporto disabili	trasporti		N	Servizi Sociali - Servizio Anziani e Disabili	Il servizio è affidato in appalto	Mancano informazioni
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Aspetti diretti		Contratti	manutenzione e uso dei mezzi di trasporto di proprietà del Comune / leasing e auto di rappresentanza	materiali	mezzi del Comune	N	Tutti i settori che hanno dei mezzi	Il Comune ha individuato alcune ditte a cui tutti i settori si rivolgono autonomamente.	Una corretta manutenzione diminuisce l'impatto dei trasporti. Non esiste una strategia verso i fornitori del servizio, che potrebbero essere indirizzati verso criteri verdi, privilegiando i fornitori certificati e/o inserendo clausole verdi nei contratti. Esiste un regolamento per il comportamento in caso di sinistri, realizzato dal Dott.Neri (appalti), ma e' poco conosciuto.
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Aspetti diretti		Gestione diretta	mezzi di trasporto di proprietà del Comune/leasing e uso auto di rappresentanza	trasporti	impatto dei mezzi del Comune	N	Tutti i settori che hanno dei mezzi. Economato	Praticamente totale. La maggior parte dei mezzi sono in leasing. Convenzioni CONSP	La percentuale di mezzi elettrici non è rispettata. Esiste una direttiva del 2006 dell'Assessore all'ambiente che indica di scegliere auto a basso impatto ambientale.
2	MOBILITÀ SOSTENIBILE	Aspetti diretti		Contratti	servizio scuolabus	trasporti	scuolabus	N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	Il servizio è affidato in appalto.	Non esiste una strategia ambientale (es.: clausole verdi). Questo aspetto è migliorabile, anche attraverso l'integrazione del trasporto pubblico.

Tabella 4. Gli aspetti ambientali dell'area "Mobilità sostenibile"

AREE DI COMPETENZA	AMBITTI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Pianificazione urbanistica	Pianificazione	Definizione e gestione degli insediamenti abitativi in merito all'esposizione per campi elettromagnetici a bassa frequenza	elettrosmog	N	TERR (servizio gestione edilizia) VERIFICARE ALL'INTERNO DEL PRG LA NORMATIVA REGIONALE	Applicabile solo per le nuove costruzioni e per elettrodomesti già esistenti.	Inserita nel PRG; strategia efficace, verificabile, controllata e basta su monitoraggio.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	PRG	Pianificazione	edilizia privata (efficienza energetica, incentivi a energie alternative)	riscaldamento	N	TERR (servizio programmazione-casa)	A livello di programmazione urbanistica il comune può esercitare un'influenza quasi totale	La strategia raccomandabile è l'incentivo ad una ampia diffusione delle tecniche di bioedilizia per i soggetti privati. Tale strategia è identificata nel PRG (Regolamento per la Bioedilizia), è verificabile, controllata, in alcuni casi condivisa con altri settori dell'amministrazione, il monitoraggio viene effettuato e l'indicatore di crescita sul territorio è modesto (basso numero di concessioni "bioedilizia"/su n. concessioni totali); la strategia non è del tutto efficace ed è migliorabile.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Tutela della struttura urbanistica e dei beni storico-culturali							
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Piani Particolareggiati di Iniziativa Privata							
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Piani di zona							
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Regolamento edilizio, DIA,	Pianificazione	regolamento edilizio, direzione lavori	Cantiere	N	TERR (servizio programmazione-casa) NE PARLA IL REGOLAMENTO EDILIZIO?	A livello di programmazione urbanistica il comune può esercitare un'influenza quasi totale	La strategia auspicabile consiste nel funzionamento corretto dei cantieri con conseguente riduzione del rumore, delle vibrazioni, delle polveri sollevate e della sicurezza delle attività.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Regolamento edilizio, DIA, ...	Pianificazione	risparmio idrico nell'edilizia privata: riduzione delle acque reflue, acque di risulta, bacini di laminazione	scarichi	N	TERR (servizio gestione edilizia)	Alto	La strategia raccomandabile consiste in un utilizzo diffuso di tecniche costruttive in grado di ridurre il consumo di acqua. Tale strategia è chiaramente identificata nel PRG, nel Regolamento per la Bioedilizia, è verificabile, controllata, il monitoraggio viene effettuato e l'indicatore di crescita sul territorio è modesto (basso numero di concessioni "bioedilizia"/su n. concessioni totali); la strategia non è del tutto efficace ed è migliorabile.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Regolamento edilizio, DIA, ...		consumi di materiale nell'edilizia privata	MATERIALI	N	TERR (gestione edilizia) CATALOGARLO	totale	La strategia auspicabile consiste nell'incentivo uso di materiali recuperati, recuperabili e con requisiti di certificazione ambientale (es. FSC o PEFC) e sicurezza. Tale strategia è identificata nel PRG (Regolamento per la Bioedilizia), è identificata, verificabile, controllata, in alcuni casi condivisa con altri settori dell'amministrazione, il monitoraggio viene effettuato e l'indicatore di crescita sul territorio è relativamente modesto: esistono margini di miglioramento.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Regolamento edilizio, DIA,	Autorizzazione	permesso di costruire e DIA (L10 e DPR 386/01-testo unico urbanistica-, efficienza energetica)	riscaldamento	N	TERR	Il procedimento consente la verifica di tutti alcuni adempimenti ambientali, in particolare quelli relativi alla L.10 (risparmio energetico) e dunque la corretta gestione ambientale.	La procedura è gestita dal Settore Territorio
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Regolamento edilizio, DIA,	Autorizzazione	procedimento unico per civili abitazioni (Permessi di costruire e DIA)	suolo	N	TERR	Il procedimento consente la verifica di tutti alcuni adempimenti ambientali e dunque la corretta gestione ambientale. Il livello di controllo è parziale. Il rilascio dell'autorizzazione è subordinato al parere di ARPA e vari enti. Il procedimento consente il monitoraggio e la corretta gestione ambientale.	La procedura è gestita dal Settore Territorio
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Regolamento edilizio, DIA, ...	Pianificazione	impatto su paesaggio e assetto idrogeologico	suolo	N	TERR (servizio progettazione urbanistica e ambientale)	Alto	La strategia è identificata nel PRG, è verificabile, controllata, particolarmente attenta, il monitoraggio della strategia viene effettuato. Per quanto riguarda la conservazione del paesaggio i risultati sono attestati e convalidati. Per quanto riguarda la qualità dei suoli e assetto idrogeologico: il consumo di territorio è elevato e in continuo aumento, esistono perciò spazi di miglioramento.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Pianificazione zone industriali	Vigilanza e prevenzione	Classificazione industrie insalubri e tenuta elenco	industria	N	SVEC - Servizio CL e AUSL	La classificazione viene effettuata dalla AUSL in base ai decreti ministeriali	Il servizio CL provvede alla tenuta dell'elenco
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Pianificazione zone industriali	Pianificazione	RIR Rischio Incidenti Rilevanti (D.LGS 334/99)	sicurezza	N	TERR (servizio programmazione-casa)	Alto. Competenza conferita dalle leggi.	Conforme secondo la normativa: ???
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Pianificazione zone industriali	Autorizzazione	distributori di carburante (uso pubblico e privato, rinnovo, modifica, potenziamento, trasferimento, titolarità, revoca, collaudo)	sostanze pericolose	N	SVEC	Parziale. Il rilascio dell'autorizzazione è subordinato al parere di ARPA, e della Provincia. Il procedimento consente il monitoraggio e la corretta gestione ambientale	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Criteri di sostenibilità degli strumenti di pianificazione	Pianificazione zone industriali	Autorizzazione	procedimento unico per le attività produttive (Permessi di costruire e DIA)	industria	N	SVEC	Il procedimento consente la verifica di tutti/alcuni adempimenti ambientali e dunque la corretta gestione ambientale. Il livello di controllo è parziale. Il rilascio dell'autorizzazione è subordinato al parere di ARPA e vari enti. Il Dirigente del Settore Territorio firma comunque l'atto finale nel caso di permessi di costruire.	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Recupero e miglioramento dell'ambiente urbano	Recupero, riqualificazione e bonifica	Pianificazione	insediamenti incompatibili	industria	N	TERR (servizio progettazione urbanistica e ambientale) DA COMPLETARE	Medio. Strumenti di concertazione???	Dismissione insediamenti incompatibili
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riqualificazione e recupero siti produttivi e industriali dismessi	Recupero, riqualificazione e bonifica							
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Contratti	Contratti per manutenzione ordinaria degli edifici comunali (circa 100)	materiali e sicurezza	N	LLPP - Servizio Manutenzione	Esistono più contratti, di durata pluriennale (impianto elettrico, ascensori, opere edili, ...); quasi tutti gli interventi sono affidati in appalto	Gli interventi di manutenzione sono stati programmati nel Piano degli Investimenti 2006-2008
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Vigilanza e prevenzione	Direzione Lavori per EDIFICI e INFRASTRUTTURE (rif. Piano Investimenti 2002- 2003)	Cantiere	N	LLPP -TERR: Servizio Controllo, servizio progetti interni, servizio progetti rilevanti, servizio manutenzioni, servizio viabilità e traffico, Servizio Programmazione-casa)	Il controllo dipende dalla modalità di gestione (economia, contratto)	La strategia ambientale è costituita dal rispetto della normativa della legge 109, ma questo criterio è insufficiente in quanto non copre le opere piccole. Non esistono delle clausole verdi. Non richiesta di aziende certificate.
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Progettazione	Emanazione delle indicazioni progettuali ai progettisti interni per EDIFICI (rif. Piano Investimenti 2002 2005; es.: ristrutturazione biblioteca, pinacoteca)	Acqua	N	LLPP - TERR : Servizio Controllo, servizio progetti interni, servizio progetti rilevanti, servizio manutenzioni, Servizio Progettazione Urbanistica Ambientale AGGIORNARE	Il controllo è totale, fatti salvi gli aspetti concernenti la sicurezza, la certificazione antisismica ed i vincoli architettonici, per cui il Comune è subordinato alle autorizzazioni di VVF (per normative prev. incendi); USL; ARPA; STB (servizi tecnici di bacino, ex-SPD servizi provinciali difesa del suolo, per pratiche sismiche), soprintendenza (vincoli architettonici);	I criteri ambientali del PRG non sono applicabili alle opere pubbliche (gli incentivi sono indirizzati ai privati) anche se c'è la tendenza a conformarsi alle linee guida per la bioedilizia; strategia settoriale; manca una precisa e complessiva strategia ambientale.

AREE DI COMPETENZA	AMBITTI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A/E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata	
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Progettazione	Emanazione delle indicazioni progettuali ai progettisti interni per EDIFICI (rif. Piano Investimenti 2002-2005; es.: ristrutturazione biblioteca, pinacoteca)	suolo	occupazione e impermeabilizzazione	N	LLPP - TERR : Servizio Controllo, servizio progetti interni, servizio progetti rilevanti, servizio manutenzioni, Servizio Progettazione Urbanistica Ambientale	Il controllo è totale, fatti salvi gli aspetti concernenti la sicurezza, la certificazione antisismica ed i vincoli architettonici, per cui il Comune è subordinato alle autorizzazioni di VVF (per normativa prev. Incendi); USL; ARPA, STB (servizi tecnici di bacino, ex-SPD -servizi provinciali difesa del suolo, per pratiche sismiche), soprintendenza (vincoli architettonici);	I criteri ambientali del PRG non sono applicabili alle opere pubbliche (gli incentivi sono indirizzati ai privati) anche se c'è la tendenza a conformarsi alle linee guida per la bioedilizia; strategia settoriale; manca una precisa e complessiva strategia ambientale
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Progettazione	emanazione delle indicazioni progettuali ai progettisti interni per INFRASTRUTTURE (rif. Piano Investimenti 2002 - 2005; svincoli stradali, pista ciclabile, sottopassi, fognature)	MATERIALI		N	LLPP - TERR : Servizio Controllo, servizio progetti interni, servizio progetti rilevanti, servizio manutenzioni, Servizio Progettazione Urbanistica Ambientale	Il controllo è totale, fatti salvi gli aspetti concernenti la sicurezza, la certificazione antisismica ed i vincoli architettonici, per cui il Comune è subordinato alle autorizzazioni di VVF (per normativa prev. Incendi); USL; ARPA, STB (servizi tecnici di bacino, ex-SPD -servizi provinciali difesa del suolo, per pratiche sismiche), soprintendenza (vincoli architettonici);	I criteri ambientali del PRG non sono applicabili alle opere pubbliche (gli incentivi sono indirizzati ai privati) anche se c'è la tendenza a conformarsi alle linee guida per la bioedilizia; strategia settoriale; manca una precisa e complessiva strategia ambientale
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Progettazione	emanazione delle indicazioni progettuali ai progettisti interni per INFRASTRUTTURE (rif. Piano Investimenti 2002 - 2005; svincoli stradali, pista ciclabile, sottopassi, fognature)	suolo	occupazione e impermeabilizzazione	N	LLPP - TERR : Servizio Controllo, servizio progetti interni, servizio progetti rilevanti, servizio manutenzioni, Servizio Progettazione Urbanistica Ambientale COMPLETARE	Il controllo è totale, fatti salvi gli aspetti concernenti la sicurezza, la certificazione antisismica ed i vincoli architettonici, per cui il Comune è subordinato alle autorizzazioni di VVF (per normativa prev. Incendi); USL; ARPA, STB (servizi tecnici di bacino, ex-SPD -servizi provinciali difesa del suolo, per pratiche sismiche), soprintendenza (vincoli architettonici);	non c'è una modalità di analisi ambientale (la competenza è del territorio) quando si fa un singolo progetto di opere il progettista esegue uno studio di fattibilità dal punto di vista ambientale????? da verificare, manca coordinamento con gli altri servizi; esiste una precisa e complessiva strategia ambientale?
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	Riduzione dell'impatto ambientale delle opere pubbliche	Valutazione di impatto ambientale	Contratti	Realizzazione di opere pubbliche (Piano investimenti 2006-2008 e Programma triennale delle opere pubbliche) (es. ristrutturazione biblioteca, consolidamento sismico residenza municipale...)	materiali	materiali da costruzione	N	LLPP	Il controllo è maggiore nel caso di Progettazione interna. Altrimenti c'è un controllo contabile sul progetto esterno. Il controllo è poi legato all'appalto e al contratto di servizio. Durante i lavori il controllo avviene attraverso il Responsabile del Procedimento e la Direzione Lavori, quando è un ufficio interno che segue i lavori	Non è prevista una strategia complessiva (non ci sono "clausole verdi" nel contratto né nel capitolato d'appalto). Anche se non è scritto nel PRG c'è la tendenza (prassi non procedurale) a conformarsi con il regolamento di bioedilizia. Ad esempio la scuola Don Milani è stata interamente realizzata secondo i criteri della bioedilizia

Tabella 5. Gli aspetti ambientali dell'area "Sviluppo urbano sostenibile"

AREE DI COMPETENZA	AMBITTI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A/E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata	
4	RISORSE IDRICHE	Gestione delle acque di approvvigionamento	contratto di servizio e definizione standard qualità	Contratti	Contratti di servizio per la gestione dei servizi idrici integrati (acquedotto)	Acqua		N	SVEC - LLPP: Servizio Aziende e Partecipazioni Comunali.	Il controllo avviene attraverso HERA di cui il Comune detiene una quota di proprietà. Il controllo si trasmette dunque attraverso il meccanismo delle aziende partecipate (art.116, L. 267/2000).	Non si hanno informazioni precise riguardo l'estensione delle reti di acquedotto e di fognatura, e non si hanno dati sulla qualità delle acque. Questo aspetto deve essere approfondito e gestito in modo migliore
4	RISORSE IDRICHE	Gestione delle acque di approvvigionamento	contratto di servizio e definizione standard qualità	Autorizzazione	Autorizzazione all'emungimento Canelletta e Canal Grande	Acqua		N	Finanziario - Servizio Patrimonio	rilascio autorizzazioni a emungimento nel rispetto del regolamento Comunale	La strategia ambientale non esiste: nel Regolamento che disciplina l'emungimento non si fa riferimento alla portata dei canali.
4	RISORSE IDRICHE	Gestione delle acque reflue	depurazione, monitoraggio e fognature con ATO	Contratti	Contratti di servizio per fogne e depurazione	scarichi		N	SVEC - LLPP: Servizio Aziende e Partecipazioni Comunali.	Il controllo avviene attraverso HERA di cui il Comune detiene una quota di proprietà. Il controllo si trasmette dunque attraverso il meccanismo delle aziende partecipate (art.116, L. 267/2000).	Non si hanno informazioni precise riguardo l'estensione delle reti di acquedotto e di fognatura, e non si hanno dati sulla qualità delle acque. Questo aspetto deve essere approfondito e gestito in modo migliore.
4	RISORSE IDRICHE	Gestione delle acque reflue	depurazione, monitoraggio e fognature con ATO	Contratti	Contratti di servizio per fogne e depurazione (depuratore)	scarichi	depuratore	N	SVEC - LLPP: Servizio Aziende e Partecipazioni Comunali.	Il controllo avviene attraverso HERA di cui il Comune detiene una quota di proprietà. Il controllo si trasmette dunque attraverso il meccanismo delle aziende partecipate (art.116, L. 267/2000).	Non si hanno informazioni precise sulle caratteristiche del depuratore (efficienza, funzionamento etc.)
4	RISORSE IDRICHE	Gestione delle acque reflue	autorizzazioni a scarico in fognatura	Autorizzazione	Autorizzazione allo scarico in pubblica fognatura per civili abitazioni	scarichi	civili	N	TERR	Viene autorizzato contestualmente al rilascio del PDC	La procedura è gestita dal Settore Territorio
4	RISORSE IDRICHE	Gestione delle acque reflue	autorizzazioni a scarico in fognatura	Autorizzazione	Autorizzazione allo scarico in pubblica fognatura per industrie	scarichi	industriali	N	SVEC - Susp e Servizio Commercio	Si rilascia l'autorizzazione che consente il monitoraggio e la corretta gestione ambientale	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
4	RISORSE IDRICHE	Controllo dei corpi idrici	autorizzazioni a scarico in corpo idrico superficiale	Autorizzazione	Autorizzazione allo scarico in acque superficiali per civili abitazioni	scarichi	civili	N	SVEC	Si rilascia l'autorizzazione che consente il monitoraggio e la corretta gestione ambientale	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)
4	RISORSE IDRICHE	Controllo dei corpi idrici	autorizzazioni a scarico in corpo idrico superficiale	Autorizzazione	Autorizzazione allo scarico in acque superficiali per imprese	scarichi	industriali	N	TERR		
4	RISORSE IDRICHE	Controllo dei corpi idrici	autorizzazioni a scarico in corpo idrico superficiale	Autorizzazione	parere alla Provincia per autorizzazione allo spandimento fanghi	fanghi	nutrienti	N	Territorio (per parere alla Provincia)	La Provincia chiede un parere all'ARPA - Comune	La competenza ed il controllo sono di ARPA
4	RISORSE IDRICHE	Aspetti diretti	Gestione diretta	Gestione diretta	consumo di acqua (circa 130 punti di consumo)	Acqua		N	LLPP -Servizio Manutenzione	Il controllo è totale essendo gli edifici di proprietà e gestiti direttamente dal Comune	Monitoraggio economico; manca un data base integrato dei punti di consumo
4	RISORSE IDRICHE	Aspetti diretti	Convezione	Convezione	impianti sportivi, fiere e altri enti convenzionati	Acqua		N	Tutti: Cultura, SVEC, Servizi sociali, altri	L'imposizione di regole in ambito contrattuale e di convenzione porta i soggetti intermedi ad adottare criteri verdi	le convenzioni con impianti sportivi non prevedono clausole verdi o condizioni che orientino i soggetti ad una diminuzione dei consumi di acqua
4	RISORSE IDRICHE	Aspetti diretti	Gestione diretta	Gestione diretta	pulizia locali	sostanze pericolose		N	Finanziario -Servizio Economato	Le pulizie vengono gestite in economia e attraverso un contratto con una impresa di pulizie che impiega personale diversamente abile. L'orientamento è smettere di gestirle in economia	Non esiste una strategia ambientale relative alle pulizie (ad es.: acquisti verdi), ma la si vuole implementare; si detengono le schede di sicurezza dei prodotti utilizzati

Tabella 6. Gli aspetti ambientali dell'area "Risorse idriche"

AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A / €	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata	
5	RIFIUTI	Indirizzi in merito alla gestione dei rifiuti	Raccolta rifiuti	Contratti	Contratto di servizio per igiene urbana e raccolta RSU	rifiuti	RSU	N	SVEC - Apc	Il controllo avviene attraverso l'agenzia di ambito per i servizi pubblici di Ravenna (ATO), costituita dai Comuni della Provincia e delegata agli atti per l'affidamento del servizio e relativi controlli, nonché da HERA, gestore del servizio per gli aspetti ad essa affidati dal contratto.	Il contratto dell'ATO prevede il raggiungimento ed il mantenimento di standard di servizio qualitativi e quantitativi
5	RIFIUTI	Gestione della raccolta, del recupero di materiali/energia dai rifiuti	Raccolta rifiuti	Vigilanza e prevenzione	bonifiche ambientali (auto abbandonate)	rifiuti	abbandonati	N	PM	quando i rifiuti sono abbandonati su suolo pubblico, interviene il Comune; l'intervento del Comune è imposto dal decreto Ronchi; l'abbandono dei rifiuti può essere disincentivato dal Comune, attraverso un attento controllo e una maggiore sensibilizzazione.	A seconda della tipologia di rifiuti vengono attivati gli opportuni smaltitori.
5	RIFIUTI	Gestione della raccolta, del recupero di materiali/energia dai rifiuti	Raccolta rifiuti	Vigilanza e prevenzione	bonifiche ambientali (rifiuti abbandonati)	rifiuti	abbandonati	N	LLPP - Servizio Controllo	quando i rifiuti sono abbandonati su suolo pubblico e sono rinvenute auto abbandonate, interviene il Comune; l'intervento del Comune è imposto dal decreto Ronchi; l'abbandono dei rifiuti può essere disincentivato dal Comune, attraverso un attento controllo e una maggiore sensibilizzazione.	Esiste un accordo con gli auto-demolitori per rimuovere le macchine dopo la segnalazione.
5	RIFIUTI	Gestione della raccolta, del recupero di materiali/energia dai rifiuti	raccolta differenziata								
5	RIFIUTI	Gestione della raccolta, del recupero di materiali/energia dai rifiuti	Tariffa								
5	RIFIUTI	Gestione della raccolta, del recupero di materiali/energia dai rifiuti	Smaltimento dei rifiuti	Contratti	Discarica dismessa di Tebano	sostanze pericolose		N	LLPP	In affidamento ad HERA. Proprietà del Comune	Mancano totalmente informazioni. La gestione è carente.
5	RIFIUTI	controllo dell'impatto ambientale generato dalla gestione dei rifiuti									
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Gestione diretta	acquisti di beni e materiali	MATERIALI			N	TUTTI i settori che fanno acquisti	Totale. L'economato si occupa dell'acquisto di cancelleria generica, carta per stampa, materiale per macchine da ufficio e prodotti per le pulizie. Ogni settore acquista il proprio materiale tecnico. Il servizio informatico acquista computer, monitor, ecc. Nelle ristrutturazioni e' il settore LLPP ad occuparsi anche degli acquisti.	Manca una strategia complessiva relativa agli acquisti verdi. Gli acquisti di carta riciclata sono più del 50% del totale. Alcuni contratti dell'economato (cancelleria, prodotti per le macchine da ufficio) scadono a fine 2006
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	farmacie comunali	rifiuti	sanitari		N	SVEC - Apc	Il controllo delle farmacie e' in affidamento a SFERA che smaltisce i rifiuti secondo le normative vigenti	Non esiste una gestione comunale, ma solo di legge
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	gestione fotocopiatrici	rifiuti	speciali		N	Finanziario - Servizio Economato	Esistono alcune fotocopiatrici di proprietà (elenco completo presso il servizio Organizzazione), ma tutte le nuove sono a noleggio, con pagamento a forfait sia per sostituzione e manutenzione delle macchine che per il numero di fotocopie.	Attualmente nel noleggio non vengono richieste clausole ambientali (es. utilizzo di cartucce recuperate)
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Convenzione	impianti sportivi, fiere e altri enti convenzionati	rifiuti			N	Tutti: Cultura, SVEC, Servizi sociali, altri	L'imposizione di regole in ambito contrattuale o di convenzione porta i soggetti intermedi ad adottare criteri verdi.	e convenzioni con impianti sportivi non prevedono clausole verdi o condizioni che orientino i soggetti ad una diminuzione della produzione dei rifiuti
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	manutenzione ordinaria degli edifici comunali (circa 100 edifici)	MATERIALI			N	LLPP - Servizio Manutenzione	Appalto esterno o gestione in economia	Non esiste una strategia complessiva verificabile, bensì un insieme di buone prassi, come, ad esempio l'attenzione prestata ai materiali utilizzati nelle scuoie ed alle finiture scolastiche in genere.
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	manutenzione ordinaria degli edifici comunali (circa 100)	rifiuti	da manutenzione		N	LLPP - Servizio Manutenzione	Appalto esterno	Lo smaltimento dei rifiuti è previsto a contratto. (verificare il contratto ed il suo monitoraggio).
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Gestione diretta	produzione dei rifiuti da ufficio (RSU)	rifiuti	pulizie uffici del Comune		N	Finanziario - Servizio Economato	Le pulizie vengono gestite in economia e attraverso un contratto con una impresa di pulizie che impiega personale diversamente abile. L'orientamento è smettere di gestire in economia.	Esiste un comunicato che invita a praticare la raccolta differenziata di carta e plastica/alluminio, e per questo tutti i settori hanno bidoni differenziati. La situazione nei diversi servizi e' però eterogenea
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Gestione diretta	progettazione e gestione degli spazi verdi e degli arredi (utilizzo di oli)	rifiuti	speciali		N	LLPP - Servizio Manutenzione	totale	La gestione è conforme al decreto Ronchi.
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	pubblicazioni cartacee del Comune (manifesti, libri, brochure, periodici)	MATERIALI			N	Tutti	Il servizio è affidato in appalto	La gestione è diversa a seconda dei servizi. Occorre una strategia complessiva nella direzione degli acquisti verdi (es. uso carta riciclata etc.)
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	refezione scolastica	rifiuti	mensa		N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	Il servizio è affidato in appalto	Il rinnovo del contratto è avvenuto nella seconda metà del 2003 e dura 5 anni, col nuovo contratto sono stati introdotti alimenti biologici, ma non sono previste procedure di raccolta differenziata (?), specie in relazione alla frazione organica; non avviene un monitoraggio delle quantità di rifiuti prodotte. Una richiesta in questo senso è venuta dalle scuole eco-school che sono legate alla politica di miglioramento ambientale del Comune.
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Contratti	refezione scolastica	materiali	forniture alimentare e imballaggi		N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	Il servizio è affidato in appalto	Il rinnovo del contratto è avvenuto nella seconda metà del 2003 e dura 5 anni; col nuovo contratto sono stati introdotti alimenti biologici, ma non sono previste procedure di raccolta differenziata (?), specie in relazione alla frazione organica; non avviene un monitoraggio delle quantità di rifiuti prodotte. Una richiesta in questo senso è venuta dalle scuole eco-school che sono legate alla politica di miglioramento ambientale del Comune.
5	RIFIUTI	Aspetti diretti	Gestione diretta	rifiuti speciali prodotti dalle attività del Comune	rifiuti			N	LLPP - servizio manutenzione	totale	Mancava una strategia, la gestione è carente. Difficoltà nel reperire i documenti relativi al MUO;

Tabella 7. Gli aspetti ambientali dell'area "Rifiuti"

AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata	
6	RISORSE ENERGETICHE	Planificazione in tema di risorse energetiche	piano energetico comunale	Gestione diretta	consumi elettrici ed efficienza energetica edifici dell'amministrazione comunale, scuole, IPAB	energia	efficienza energetica	N	LLPP - Servizio controllo, Servizio Manutenzione DA AGGIORNARE?	totale	sostituzione di infissi a doppi vetri sulla base dei suggerimenti dell'energy manager (Ing. Alberti); lampade a basso consumo energetico. Prassi non scritta, verificabile attraverso il piano investimenti. Tutte le luci degli edifici amministrativi e scuole sono ad neon. Esiste un controllo economico, ma non esiste una strategia verificabile e la conoscenza dell'impatto ambientale è incompleta. Non è stato possibile reperire informazioni sui consumi.
6	RISORSE ENERGETICHE	Planificazione in tema di risorse energetiche	piano energetico comunale	Progettazione	Emanazione delle indicazioni progettuali ai progettisti interni per EDIFICI (rif. Piano Investimenti 2002-2005); es.: ristrutturazione biblioteca, pinacoteca	energia	efficienza energetica	N	LLPP - TERR : Servizio Controllo, servizio progetti interni, servizio progetti rilevanti, servizio manutenzioni, Servizio Progettazione Urbanistica Ambientale AGGIORNARE	Il controllo è totale, fatti salvi gli aspetti concernenti la sicurezza, la certificazione antisismica ed i vincoli architettonici, per cui il Comune è subordinato alle autorizzazioni di VVF (per normativa prev. Incendi); USL, ARPA, STB (servizi tecnici di bacino, ex-SPD servizi provinciali difesa del suolo, per pratiche sismiche), soprintendenza (vincoli architettonici);	i criteri ambientali del PRG non sono applicabili alle opere pubbliche (gli incentivi sono indirizzati ai privati) anche se c'è la tendenza a conformarsi alle linee guida per la bioedilizia; strategia settoriale; manca una precisa e complessiva strategia ambientale
6	RISORSE ENERGETICHE	Planificazione in tema di risorse energetiche	piano energetico comunale		PEC						
6	RISORSE ENERGETICHE	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico delle risorse energetiche	piano di illuminazione pubblica	Contratti	Impianti di pubblica illuminazione	energia		N	LLPP - Servizio Controllo	controllo totale	nel nuovo contratto di gestione affidato a HERA, il contratto prevede la sostituzione di lampade a bassa efficienza con lampade al vapore di sodio, l'installazione di riduttori di flusso, la messa a norma di impianti vecchi; alcuni obiettivi di gestione sono inseriti nel PEG;
6	RISORSE ENERGETICHE	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico delle risorse energetiche	piano di illuminazione pubblica	Contratti	Impianti di pubblica illuminazione	inquinamento luminoso		N	LLPP - Servizio Controllo	adempimento L.R. su inquinamento luminoso n.19/2003 del 29 settembre	essendo la legge di recente approvazione, non esiste ancora un controllo ed una sua applicazione.
6	RISORSE ENERGETICHE	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico delle risorse energetiche	piano di illuminazione pubblica	Contratti	Impianti di pubblica illuminazione	rifiuti	da manutenzione	N	LLPP - Servizio Controllo	totale (non c'è nessuna legge che prescrive l'illuminazione pubblica, ma questa viene amministrata dal Comune)	Diminuzione rifiuti legati alla manutenzione (lampade contengono rifiuti pericolosi) è già in atto; la ditta che fa manutenzione opera nel rispetto della Legge Ronchi. Affidata ad HERA.
6	RISORSE ENERGETICHE	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico delle risorse energetiche	piano di illuminazione pubblica	Contratti	Impianti di pubblica illuminazione	sicurezza	stradale	N	LLPP - Servizio Controllo	Gli impianti una volta costruiti devono rispettare norme tecniche di tipo UNI (rispetto di un grado luminoso/ grado strada)	l'adempimento relativo alle norme UNI L.186/68 (relative a norme CEI) è in fase di applicazione
6	RISORSE ENERGETICHE	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico delle risorse energetiche	piano di illuminazione pubblica		Legge inquinamento luminoso						
6	RISORSE ENERGETICHE	Riduzione degli impatti ambientali nell'uso pubblico delle risorse energetiche	piano di illuminazione pubblica	Contratti	Pubblica illuminazione Cabine elettriche di trasformazione	sostanze pericolose	PCB	N	LLPP - Servizio controllo	totale	certificato che non esiste PCB in cabine; no informazioni (tipo anno di costruzione) e monitorato livello di olio; inserito nel capitolato con HerA?
6	RISORSE ENERGETICHE	aspetti diretti	Gestione diretta	consumi elettrici ed efficienza energetica edifici dell'amministrazione comunale, scuole, IPAB	riscaldamento			N	LLPP - Servizio controllo, Servizio Manutenzione	totale	sostituzione di infissi a doppi vetri sulla base dei suggerimenti dell'energy manager (Ing. Alberti); lampade a basso consumo energetico. Prassi non scritta, verificabile attraverso il piano investimenti. Tutte le luci degli edifici amministrativi e scuole sono ad neon. Esiste un controllo economico, ma non esiste una strategia verificabile e la conoscenza dell'impatto ambientale è incompleta. Non è stato possibile reperire informazioni sui consumi.
6	RISORSE ENERGETICHE	aspetti diretti	Contratti	Contratto fornitura calore per gli impianti comunali (sedi comunali, scuole, e IPAB)	riscaldamento			N	LLPP - Servizio Controllo	Il controllo è pressoché totale. La possibilità di supervisione e controllo è molto alta. Obbligo del bollino blu (DPR 412/93).	La gestione della fornitura calore è fatta dall'energy manager. Esiste una strategia di gestione ambientale, esplicitata nel contratto di servizio, basata sulla riduzione dei consumi e sull'ottimizzazione del funzionamento degli impianti tramite continua manutenzione e sostituzione delle caldaie meno efficienti. La strategia è verificabile tramite il continuo aggiornamento del DB e gli archivi cartacei contenenti la documentazione delle centrali termiche. Si monitorano i fenomeni legati all'impatto con appositi indicatori (consumo risorse ed emissioni clima alterato). Il controllo delle emissioni permette anche un riduzione dei consumi, che sono previsti dal contratto mediante il "terzo gestore". In attesa di ottenere il bollino blu.
6	RISORSE ENERGETICHE	aspetti diretti	Contratti	Contratto fornitura calore per gli impianti comunali (sedi comunali, scuole, e IPAB)	sicurezza	impianti di riscaldamento		N	LLPP - Servizio Controllo	Il controllo è elevato in quanto il Comune è altamente responsabile. Il gestore, in certi casi, è tenuto a intervenire entro mezza ora dalla segnalazione.	Sono in corso le pratiche per l'ottenimento di tutti i CPI (certificati di prevenzione incendio). Gli aspetti normativi sono a carico della ditta in appalto.
6	RISORSE ENERGETICHE	controllo degli impianti	controllo degli impianti termici	Contratti	efficienza energetica per il riscaldamento privato	riscaldamento		N	LLPP - Servizio controllo	Il Comune ha l'obbligo di controllare il rendimento delle caldaie dei cittadini. Deve riportare alla Regione qual è lo stato di attuazione della legge ogni fine anno. In caso di non conformità e recidiva da parte degli abitanti il Comune ha il potere di applicare sanzioni.	Esiste un piano di controllo e gestione (circa 3000 caldaie su un parco stimato di circa 17.000 caldaie). Il DB di tutti gli abitanti del Comune di Ferrara è da costruire. L'esecuzione di tale piano è stato appaltato ad una ditta esterna, inserito nel PEG. Circa 21.000 famiglie (circa il 90%) sono allacciate al rete del metano.
6	RISORSE ENERGETICHE	aspetti diretti	Convenzione	Impianti sportivi, fiere e altri enti convenzionati	energia	elettricità		N	Tutto: Cultura, SVEC, Servizi sociali, altri	L'imposizione di regole in ambito contrattuale o di convenzione porta i soggetti intermedi ad adottare criteri verdi	le convenzioni con impianti sportivi non prevedono clausole verdi o condizioni che orientino i soggetti ad una diminuzione dei consumi di energia
6	RISORSE ENERGETICHE	aspetti diretti	Convenzione	Impianti sportivi, fiere e altri enti convenzionati	riscaldamento			N	Tutto: Cultura, SVEC, Servizi sociali, altri	L'imposizione di regole in ambito contrattuale o di convenzione porta i soggetti intermedi ad adottare criteri verdi	le convenzioni con impianti sportivi non prevedono clausole verdi o condizioni che orientino i soggetti ad una diminuzione delle emissioni e dei consumi dovuti al riscaldamento

Tabella 8. Gli aspetti ambientali dell'area "Risorse energetiche"

	AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	Educazione, formazione e sensibilizzazione allo sviluppo sostenibile	informazione e formazione ambientale	Vigilanza e prevenzione	informazione alla popolazione del rischio (D.LGS 334/99)	sicurezza	Industrie a rischio	N	TERR	Totale	Conforme secondo la normativa.
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	Educazione, formazione e sensibilizzazione allo sviluppo sostenibile	informazione e formazione ambientale								
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	Educazione, formazione e sensibilizzazione allo sviluppo sostenibile	sensibilizzazione								
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	Educazione, formazione e sensibilizzazione allo sviluppo sostenibile	CEA		CEA						
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	Ascolto e dialogo con la comunità locale	progettazione partecipata								
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	Ascolto e dialogo con la comunità locale	Gestione reclami ambientali		URP, ecc						
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	strumenti, prassi e procedure per la riduzione degli impatti ambientali dell'attività dell'ente									
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	promozione di accordi volontari e progetti ambientali nei diversi settori economici		iniziative	accordi volontari con ditte Celle per allevamento avicolo	aria		N	LLPP	si tratta di un accordo che facilita la corretta gestione dell'insediamento	La strategia, verificabile e monitorata, non ha prodotto i risultati sperati, in quanto sussistono ancora motivi di lamentela da parte dei cittadini.
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	promozione di accordi volontari e progetti ambientali nei diversi settori economici		iniziative	accordi volontari con le aziende (distillerie)	industria		N	LLPP	indirizzo ed incentivi al corretto comportamento da parte dei soggetti intermedi	Sono stati intrapresi accordi volontari con 4 grandi ditte

Tabella 9. Gli aspetti ambientali dell'area "Informazione, Partecipazione, Innovazione"

	AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	interventi di tutela e gestione animali	Contratti	influenza aviaria	Salute Pubblica		E	LLPP		
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	interventi di tutela e gestione animali	Contratti	disinfezione, disinfestazione e derattizzazione	sostanze pericolose		N	LLPP	Compito per legge (in quanto il sindaco è autorità del Comune)	Viene scelta la ditta che offre prestazioni migliori e garanzie ambientali-sanitarie. Non si ha conoscenza della quantità e qualità dei materiali usati, nonché dei loro effetti.
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	interventi di tutela e gestione animali	Convenzione	macellazione d'urgenza	rifiuti		N	SVEC	Convenzione con il macello di Brisighella per assicurare sempre il presidio e la macellazione quando occorre	La decisione di procedere alla macellazione d'urgenza è presa dal servizio veterinario della USL e il Comune deve assicurare la struttura e quindi il corretto svolgimento della funzione.
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	autorizzazioni gas tossici ed emissioni in atmosfera	Autorizzazione	emissioni in atmosfera	aria		N	SVEC (ARPA per controllo)	Il controllo viene eseguito dall'ARPA che possiede le competenze tecniche	Lo SUAP rilascia l'autorizzazione su conforme parere della Provincia.
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	autorizzazioni gas tossici ed emissioni in atmosfera		gas tossici						
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	ordinanze per igiene pubblica e sanità	Contratti	rimozione di amianto in matrice friabile (coperture degli edifici, isolanti)	sostanze pericolose	amianto	A	LLPP - Servizio Manutenzione	Il controllo è totale essendo gli edifici di proprietà e gestiti direttamente dal Comune	l'elenco coperture degli edifici è nell'analisi ambientale, la rimozione è programmata e controllata attraverso il PEG
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	ordinanze per igiene pubblica e sanità	Contratti	rimozione di amianto in matrice non friabile (pavimenti)	sostanze pericolose	amianto	A	LLPP - Servizio Manutenzione	Il controllo è totale essendo gli edifici di proprietà e gestiti direttamente dal Comune	esiste una procedura prescritta da USL; stretto contatto con l'ufficio USL per le prescrizioni di rimozione e smaltimento;
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	ordinanze per igiene pubblica e sanità	Gestione diretta	valutazione dei rischi lavoratori	sicurezza	dei dipendenti del Comune	N	LLPP - Servizio Controllo	totale	Esiste la valutazione dei rischi deve essere aggiornata, in base alle modifiche nella gestione magazzino. Sono stati effettuati dei corsi e delle esercitazioni. Verificare nomina RSPP (lettera USL e corso di qualificazione). La valutazione della gestione è relativa al momento di transizione delle competenze da un RSPP all'altro.

AREE DI COMPETENZA	AMBITI DI RENDICONTAZIONE	Competenze di legge	Tipo di attività	Attività del Comune	Classe Aspetto Ambientale	Specifiche	N/A /E	Competenze interne	Valutazione del livello di controllo esercitabile	Valutazione della gestione esercitata	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Pianificazione	Zonizzazione acustica e successivo Piano di risanamento	rumore	N	TERR - Servizio Gestione edilizia	Atto: il limite lo decide il Comune. Il Comune ha il potere dovere di fare la zonizzazione acustica. Una volta fatta la zonizzazione deve fare il piano di risanamento	E' stato affidato l'incarico per la zonizzazione. Il monitoraggio è stato fatto a spot	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Autorizzazione	licenza per esercizio di spettacoli e trattenimenti (rilevanti, non rilevanti, spettacoli viaggianti)	rumore	N	SVEC	Il procedimento consente il monitoraggio e la corretta gestione ambientale	La procedura è gestita dallo sportello unico e servizio commercio e licenze secondo gli standard di efficienza ISO9000/2000 (pieno rispetto dei tempi)	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Vigilanza e prevenzione	rilevazione e controllo emissioni sonore prodotte dai veicoli (L.447/95)	rumore	N	PM	Al comune spetta la rilevazione e controllo emissioni sonore prodotte dai veicoli (L.447/95)	???????	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Gestione diretta	previsione di clima acustico	rumore	N	LLPP	Il Comune deve fare la previsione del clima acustico nel caso costruisca strutture di sua pertinenza (scuole asili nido...)	L'aspetto è totalmente gestito	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica		Concessioni: richiesta previsione impatto acustico	rumore	N	TERR: piani urbanistici	Al Comune viene richiesta la previsione impatto acustico	Viene regolarmente richiesta	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Autorizzazione	Valutazione di impatto acustico	rumore	N	SVEC	Il Comune la richiede alle attività che ne sono soggette ai sensi di legge	Viene richiesta regolarmente	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Autorizzazione	Autorizzazione in deroga di attività temporanee (L. 447/95)	rumore	N	SVEC	autorizzazione in deroga di attività temporanee (L. 447/95); il Comune ha un controllo alto nel rilascio dell'autorizzazione	Vengono fatti monitoraggi. Sulla base di lamenti, sono state previste azioni preventive, non organizzate in una strategia scritta (prassi invece di procedure)	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Conversione	Impianto di moto-cross "Monte Coralli"	rumore	N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	Il Parco di Monte Coralli è diventato di proprietà del Comune. Pertanto il livello di controllo è elevato.	L'impianto è fermo. La conversione non è stata rinviata. Nessuna strategia per l'abbattimento del rumore	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Gestione diretta	Scuola Comunale di Musica "Sarti"	rumore	N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	La proprietà dell'Arena è comunale. (VERIFICARE)	Sono già state presi dei rimedi rispetto alle lamentele (rilevamento livello acustico di ARPA), il cui esito è ancora insoddisfacente.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Gestione diretta	Scuola Comunale di Musica "Sarti"	rumore	N	Cultura - Servizio Istruzione e Sport	La proprietà e la gestione della scuola è comunale.	Spostamento di orari, insonorizzazione	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	zonizzazione acustica	Vigilanza e prevenzione	(emanazione ordinanze): traffico con rumore superiore al limite di legge	rumore	N	PM	ex lege (prescrizioni o inibitoria delle attività)	Non è mai stata emanata una ordinanza contingibile ed urgente perché il Comune ha ritenuto di puntare su altri strumenti come la zonizzazione acustica. I rilevamenti di ARPA sono fatti a livello puntuale, emergenze superamenti del livello di rumore a causa del traffico. La strategia è dunque da considerare in via di applicazione e verificabile.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	piano di risanamento elettromagnetico	Autorizzazione	Autorizzazioni, sulla base del regolamento comunale su elettromog, per installazione radiobase per telefonia mobile	elettrosmog	N	SVEC (atti autorizzativi e contatti con ARPA e AUSL per l'effettuazione dei controlli) - Territorio per conoscenza	Possono impedire l'installazione dell'emittitore. ARPA come controllo e parere tecnico per l'installazione in determinate zone. Ma si deve assicurare la possibilità agli operatori di poter esercitare sul territorio. I limiti sono stabiliti dalla Regione. All'interno dei limiti di Comune non ha il potere di impedire la costruzione delle nuove abitazioni ove previsto dal PRG.	La strategia è rilevabile all'interno del Regolamento Elettrosmog. Rilevazione elettrosmog appellata ad ARPA è in atto.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	piano di risanamento elettromagnetico	Gestione diretta	radio e telefonia interni (2 ponti radio)	elettrosmog	N	LLPP - Servizio Controllo	totale	va verificato il grado di inquinamento elettromagnetico (manca scheda tecnica)	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	piano di risanamento elettromagnetico	Gestione diretta	Cabine elettriche di trasformazione	elettrosmog	N	LLPP - Servizio controllo	totale	Cabine di trasformazione (sono 6); gestione in economia; non esiste un programma di manutenzione; non è stato valutato il potenziale pericolo di elettrosmog.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	piano di risanamento dell'aria	Iniziativa	accordo di programma per la qualità dell'aria	aria	N	PM e LLPP	ex lege (blocco traffico, targhe alterne, domenica ecologica)	La strategia è indicata attraverso l'accordo regionale detto "Liberiamo L'aria". Il monitoraggio dell'aria è assicurato da ARPA. Il controllo sul territorio è gestito dalla PM. La qualità dell'aria non è soddisfacente, essendoci dei superamenti dei limiti di legge (vedi RSA)	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	monitoraggio della qualità dell'aria	Gestione diretta	Gestione centraline controllo qualità aria (convenzione, pagamenti, programmazione)	aria	N	TERR			
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	Piano attività estrattiva	Autorizzazione	PAE	cave	N	TERR	l'autorizzazione a l'estrazione deve rispettare il PAE e autorizzazioni provinciali	Esiste un piano delle attività estrattive e viene monitorato il livello di estrazione. Alcune cave sono riprodotte (esempio ex Cava Salita), altre recuperate ad uso agricolo.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	controllo ambientale - vigili	Autorizzazione	Ottenimento conformità edilizia e CPI	Sicurezza	N	LLPP	Il Comune per gli edifici pubblici per i quali è richiesto per legge richiede il CPI tramite i propri uffici i collaboratori esterni, e provvede a tutti i lavori necessari. I VVVF devono rilasciare parere positivo vincolante	Mancano dei CPI. Si sta creando una banca dati per monitorare la situazione. La strategia è individuata, ma presenta tempi molto lunghi (anche dipendenti dai VVVF) e forti spese	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	controllo ambientale - vigili	Vigilanza e prevenzione	rilevazione e controllo emissioni atmosferiche dai veicoli (L.447/95)	aria	N	TERR (Programmazione - Casa)	Al comune spetta la rilevazione e controllo emissioni atmosferiche prodotte dai veicoli	strategia operativa, acquisire dettagli	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	controllo ambientale - vigili	Vigilanza e prevenzione	intervento relativo a evento sismico	sicurezza	E	LLPP - Servizio controllo	Il Sindaco è autorità competente in materia di protezione civile. La competenza è delle autorità di bacino e province.	Esiste il piano di protezione civile. Sono anche state fatte simulazioni di emergenza.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	controllo ambientale - vigili	Vigilanza e prevenzione	protezione civile - gestione tecnica e pianificazione di interventi per le emergenze ambientali (terremoti, alluvioni, bombe etc.)	sicurezza e salute pubblica	N	LLPP - Servizio Controllo	Il Sindaco è autorità competente in materia di protezione civile. La competenza è delle autorità di bacino e province.	Esiste il piano di protezione civile. Sono anche state fatte simulazioni di emergenza.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	bonifiche	Autorizzazione	bonifica siti inquinati (DM 471/99)	sostanze pericolose	N	Territorio per pareri alla Provincia tramite conferenza dei servizi			
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	interventi di tutela e gestione animali	Contratti	Disinfezione, disinfezzazione e derattizzazione	Salute Pubblica	N	LLPP	rischio di infezione da zoonosi, piccioni, topi, zanzare	Compilo per legge (in quanto il sindaco è autorità del Comune)	Viene scelta la ditta che offre prestazioni migliori e garanzie ambientali-sanitarie. L'intervento è immediato su chiamata
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	interventi di tutela e gestione animali	Conversione	Canile	rifiuti	N	LLPP	In applicazione del regolamento comunale 774/2002 il Comune ha l'obbligo di smaltimento delle carcasse degli animali. La Regione (Deliberazione Giunta 1348/2003) ha già dato le linee guida. Attualmente siamo in regime transitorio.	Per quanto riguarda le carcasse esiste un piano di azione, ma non è applicato. Va considerato il regime transitorio.	
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENALI	eventuali altri ambiti di rendicontazione non compresi nei precedenti	interventi di tutela e gestione animali	Conversione	Canile	rifiuti	N	LLPP	obblighi L.27/2000. I rifiuti speciali - pericolosi derivanti da materiale sanitario	I rifiuti sono prelevati mensilmente da una ditta specializzata (fornitura servizio). Manca il registro di carico e scarico del Canile (non si dov'è l'informazione)	

Tabella 10. Gli aspetti ambientali dell'area "Altri impegni ambientali"

Una analisi della distribuzione degli aspetti nelle varie classi è riportata in Figura 12 e Tabella 11. Si può osservare come, su un totale di 125 aspetti ambientali, il 74% trovi opportuna collocazione delle aree di rendicontazione CLEAR, mentre il restante 26% è stato attribuito all'area "Altri impegni ambientali" in quanto non trovava altrimenti adeguata posizione (in Tabella 12 è descritta più nel dettaglio questa area, sempre in base al metodo CLEAR). Tra le prime 7 aree di rendicontazione, gli aspetti ambientali sono omogeneamente distribuiti (10-16% degli aspetti in ogni area), se si esclude l'area "informazione, partecipazione, innovazione" a cui fanno capo solamente il 4% degli aspetti.

Questo è giustificabile in base all'approccio che si è tenuto nell'identificare gli aspetti ambientali: sono state approfondite soprattutto quelle attività che generano impatti negativi sull'ambiente, nell'ottica del miglioramento continuo delle prestazioni ambientali. Tutti gli aspetti che secondo il metodo CLEAR sono classificati nell'area "informazione, partecipazione, innovazione", al contrario, hanno sì impatti ambientali, ma di tipo positivo e, inoltre, non facilmente definibile, e non sono stati pertanto censiti come aspetti ambientali del Comune.

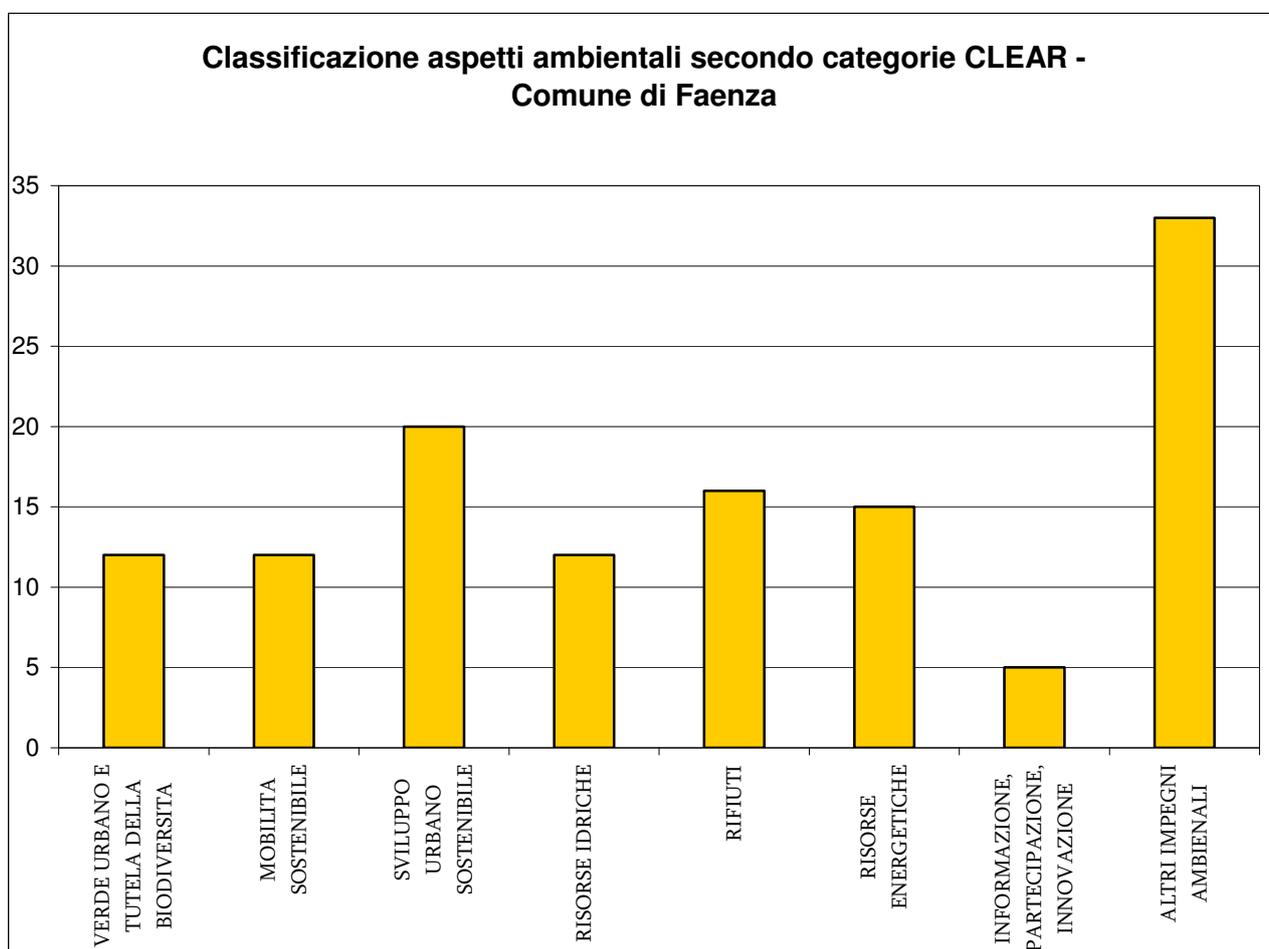


Figura 12. Distribuzione degli aspetti ambientali del Comune di Faenza nelle aree di rendicontazione CLEAR

	Aspetti totali	125	
1	VERDE URBANO E TUTELA DELLA BIODIVERSITA	12	10%
2	MOBILITA SOSTENIBILE	12	10%
3	SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE	20	16%
4	RISORSE IDRICHE	12	10%
5	RIFIUTI	16	13%
6	RISORSE ENERGETICHE	15	12%
7	INFORMAZIONE, PARTECIPAZIONE, INNOVAZIONE	5	4%
8	ALTRI IMPEGNI AMBIENTALI	33	26%

Tabella 11. Distribuzione degli aspetti ambientali del Comune di Faenza nelle aree di rendicontazione CLEAR

Se si va poi ad approfondire quali tipologie di aspetti fanno parte della categoria “Altri”, il 33% di questi (9% del totale) sono inerenti alla classe di aspetti ambientali “Rumore”. Se si va quindi a creare una nuova area di rendicontazione “Rumore”, si ottiene una distribuzione molto omogenea degli aspetti tra le 9 aree utilizzate, a testimonianza di una buona capacità della classificazione adottata per aggregare gli aspetti ambientali.

competenza 8 - ALTRI IMPEGNI AMBIENTALI	
In questa area di competenza vengono inseriti gli interventi del Comune per attività ambientali coerenti con il metodo CLEAR e che non possono essere attribuiti a nessuno degli altri ambiti di competenza.	
Competenze di legge	
•	Piano di zonizzazione acustica
•	Piano di risanamento elettromagnetico
•	Piano di risanamento dell'aria
•	Monitoraggio della qualità dell'aria
•	Pianificazione e gestione attività estrattiva
•	Controlli ambientali (Vigili)
•	Bonifiche
•	Interventi di tutela e gestione animali
•	Autorizzazioni gas tossici ed emissioni in atmosfera
•	Ordinanze e provvedimenti in materia di igiene pubblica, sanità

Tabella 12. Le competenze di legge attribuite dal metodo CLEAR all'area di rendicontazione “Altri impegni ambientali”

Per concludere, la sperimentazione dell'applicazione congiunta del SGA (in base al Regolamento EMAS) e del metodo CLEAR per la rendicontazione ambientale ha dato esiti positivi:

- Le aree ed ambiti proposti da CLEAR sono adeguate anche per classificare gli aspetti ambientali di un Comune, e c'è quindi corrispondenza tra le attività che rientrano nella contabilità ambientale e quelle che rientrano nella gestione del SGA;

- E' possibile utilizzare congiuntamente i 2 strumenti, semplificando (o meglio coordinando e strutturando) l'attività di raccolta e gestione dati.
- L'applicazione di un SGA garantisce la conoscenza da parte del Comune di tutti i propri aspetti ambientali, e rende quindi più facile l'applicazione di una contabilità ambientale all'Ente; inversamente, la redazione di un bilancio ambientale permette già di avere moltissime informazioni (indicatori fisici e monetari) sugli aspetti ambientali dell'ente, sia in fase di prima implementazione di un SGA che in fase di controllo annuale delle prestazioni ottenute.

2.2.2 ASPETTI AMBIENTALI E SIGNIFICATIVITÀ NEI 4 COMUNI OGGETTO DI STUDIO

L'applicazione della metodologia per la valutazione della significatività è stata condotta nei 4 Comuni di Faenza, Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme.

Versioni modificate sono state utilizzate da altri autori per gli aspetti ambientali di un aeroporto e di un grande evento musicale (Buffone, 2008).

Alla prima applicazione (che si è svolta indicativamente nell'anno 2007), i 4 Comuni hanno avuto i seguenti risultati (con la soglia per la significatività fissata a $S = 250$):

- Comune di Brisighella (Certificazione ISO 14001 nr: 6853-E): 88 aspetti ambientali, di cui 3 significativi;
- Comune di Riolo Terme (Registrazione EMAS nr: IT-001003): 92 aspetti, 5 significativi;
- Comune di Casola Valsenio (Registrazione EMAS nr: IT-001123): 95 aspetti, 4 significativi;
- Comune di Faenza: 128 aspetti, 12 significativi.

Dopo 2 anni, nel 2009, la situazione è quella indicata in Tabella 13 e Figura 13. Si può osservare come in tutti i Comuni si sia avuta una riduzione di aspetti con significatività maggiore del valore soglia di 250, sia in termini assoluti che relativi. Ad esempio, il Comune con la maggior presenza di aspetti significativi è quello di Faenza, che passa dal 9.4% del 2007 al 2.5% del 2009. Al 2009, il Comune di Casola Valsenio non ha più aspetti con significatività maggiore di 250. Questo andamento può essere letto come un risultato dell'applicazione del Sistema di Gestione Ambientale ed in particolare del Piano di Miglioramento Ambientale, che migliora la gestione o riduce gli impatti degli aspetti significativi.

Per questo, in Marazza *et al.* (2010), viene ipotizzato l'uso di un indicatore legato al numero di aspetti significativi (la pendenza della curva che li descrive in un grafico che abbia sull'asse delle ascisse il numero di aspetti e sull'asse delle ordinate la significatività) come MPI (indicatori di performance gestionale) all'interno di un SGA. Questa categoria di indicatori è una delle 3 proposte nella Raccomandazione EC 2003/532/EC; per valutare le performance di un SGA ogni organizzazione si deve dotare di un set di indicatori appartenenti a tutte e tre le categorie.

	Totale aspetti ambientali	Significativi (sopra 250)	%
Brisighella 2007	88	3	3.4%
Riolo Terme 2007	92	5	5.4%
Casola Valsenio 2007	95	4	4.2%
Faenza 2007	128	12	9.4%
Brisighella 2009	77	1	1.3%
Riolo Terme 2009	81	1	1.2%
Casola Valsenio 2009	90	0	0.0%
Faenza 2009	122	3	2.5%

Tabella 13. Aspetti ambientali totali e significativi per 2 anni di applicazione nei 4 Comuni seguiti

Va notato anche che tutti i Comuni presentano una diminuzione del numero complessivo di aspetti ambientali (-11 aspetti per i Comuni di Brisighella e Riolo Terme, - 6 aspetti per il Comune di Faenza). Questo andamento non può essere letto alla luce dell'applicazione dei SGA, in quanto questa porta ad una riduzione della significatività degli aspetti, e non del loro numero.

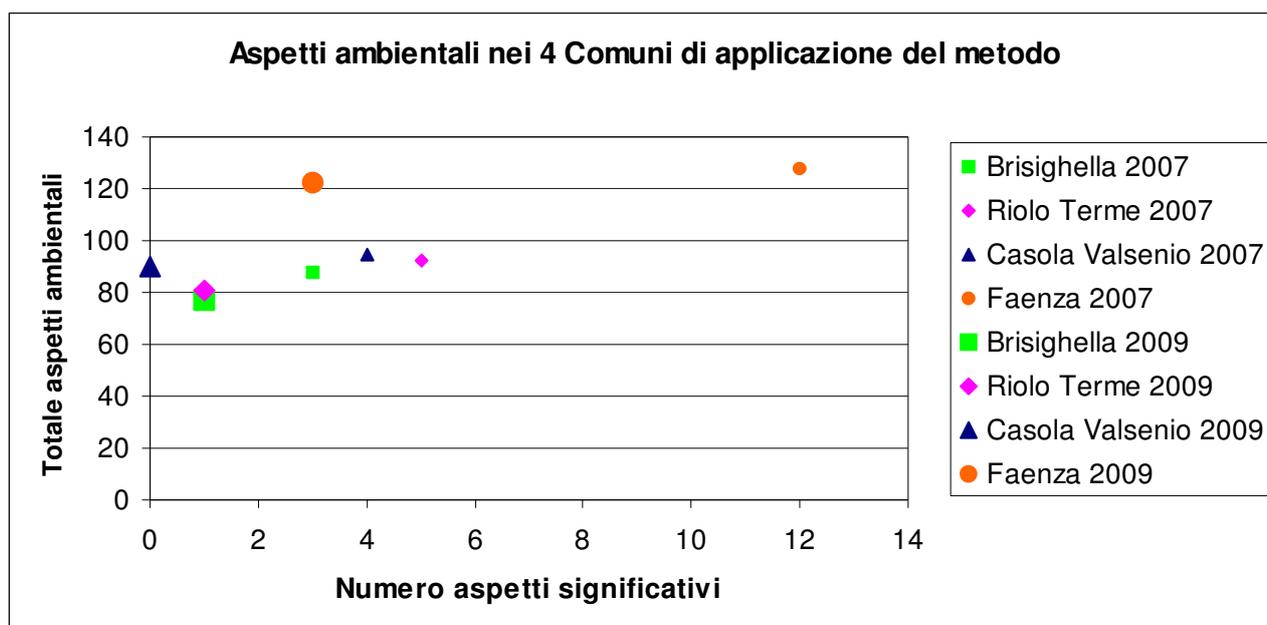


Figura 13. Numero aspetti ambientali totali e significativi nei 4 Comuni considerati

A questo proposito, va sottolineato che il metodo per la valutazione della significatività degli aspetti (Marazza *et al.*, 2010) fornisce solo alcune indicazioni per l'identificazione degli aspetti stessi ed in particolare individua alcune classi di aspetti, in base alla tipologia di attività:

- Autorizzazioni,
- Gestione diretta,
- Contratti,
- Convenzioni,

- Iniziative,
- Pianificazione,
- Partecipazione,
- Progettazione,
- Vigilanza e prevenzione.

E' probabile che il ridotto numero di aspetti ambientali derivi:

- in parte, dall'abbandono di alcune attività da parte dei Comuni;
- in parte, da un diverso approccio all'identificazione degli aspetti ambientali, magari dovuto alla diversa composizione dei gruppi di lavoro che nei 4 Comuni studiati si occupa di identificare e aggiornare gli aspetti ambientali.

2.3 DISCUSSIONE

La definizione ed il mantenimento di un SGA presso Enti Pubblici riveste una particolare importanza per la capacità degli Enti di governare un territorio, e quindi per la possibilità che le migliori prestazioni ambientali dell'Ente si traducano in effettivi miglioramenti sull'intero territorio. Il ruolo di guida ed esempio nei confronti della collettività permette poi, anche se in modo non prevedibile, di influenzare le scelte dei cittadini ed imprese. Nel caso del sistema di gestione ambientale EMAS, questo risulta particolarmente appropriato per permettere la maggior conoscenza dello schema al pubblico. EMAS non è infatti molto conosciuto (IEFE, 2005), anche a causa delle restrizioni che fino alla seconda versione del regolamento hanno regolato l'uso del logo.

A livello normativo, poi, sono in vigore in Italia alcune leggi la cui applicazione può venire facilitata e migliorata dall'applicazione congiunta di un SGA: il D.Lgs 195/05 sull'accesso alle informazioni ambientali, le normative sul GPP, il Ddl 16/11/2007 sulla contabilità ambientale. Nel caso degli acquisti verdi (GPP) e della contabilità ambientale, queste norme non sono ancora cogenti, per mancanza dei criteri ambientali minimi e dell'applicazione della legge delega. Un ente che abbia comunque impostato un SGA si troverà facilitato nell'adeguarsi a queste normative, una volta entrate effettivamente in vigore.

In questo lavoro si è dimostrato, attraverso l'utilizzo della classificazione delle attività di un Comune secondo il metodo CLEAR di contabilità ambientale, che tale classificazione può essere usata in modo adeguato sia per identificare gli aspetti ambientali di un ente, sia per tenere una contabilità ambientale dell'ente stesso.

Questa sinergia richiama poi alcune considerazioni molto importanti relative all'inserimento in un ente pubblico di un SGA.

Rispetto alla struttura gerarchica dell'ente (si veda ad esempio la struttura organizzativa del Comune di Faenza in Figura 14), le attività ambientali si pongono come elemento intersettoriale, che va a toccare quasi tutti i settori di un Ente (l'economato per il rifornimento di beni ed il GPP; lo sportello per le attività produttive per la gestione delle pratiche autorizzative; il settore Territorio per la pianificazione e l'urbanistica; i Lavori Pubblici per gli appalti, i cantieri e la gestione del verde; la Polizia Municipale per la viabilità ed i controlli sul territorio; il settore Scuole e Sport per i trasporti e le mense; il Settore Sviluppo Economico per le aziende partecipate; il settore che si relaziona col gestore del servizio idrico integrato, dei rifiuti e della distribuzione di energia; il settore Finanziario per la contabilità ambientale; ...). Lo stesso accade quindi per un SGA, che dovendo gestire proprio le attività ambientali di un ente necessita di relazionarsi con tutti gli uffici competenti per i singoli aspetti. Nella definizione delle responsabilità di un SGA è di fondamentale importanza tenere conto di questo aspetto e garantire al SGA la capacità di entrare nel funzionamento di tutti i settori dell'ente,

anche se necessariamente il RSGA (responsabile del sistema di gestione ambientale) farà parte di un settore specifico, ad esempio quello con maggiori attività ambientali o con più impatti significativi. Nel caso studio del Comune di Faenza, che dopo vari anni di parziale applicazione del SGA non ha ancora concluso l'iter per la registrazione EMAS, sta proprio nell'attribuzione delle responsabilità il principale ostacolo alla piena applicazione del sistema di gestione: tutte le responsabilità del SGA si trovano nel settore Lavori Pubblici, e questo rende difficile, in sede di definizione delle azioni di miglioramento, il coinvolgimento degli altri settori.

Questo accenno alla definizione delle azioni di miglioramento porta alla seconda delle considerazioni sull'inserimento di un SGA in un ente pubblico: è importante prevedere modalità chiare e definite per inserire il SGA nei processi pianificatori e decisionali dell'ente: il SGA deve essere in grado di interagire e soprattutto coordinarsi con la pianificazione annuale dell'ente (Relazione Previsionale e Programmatica, bozza di Bilancio, Piano Esecutivo di Gestione, Variazioni di Bilancio, Piano degli Investimenti....). Se il SGA è scollegato dai processi di definizione di questi strumenti, si troverà a non avere copertura finanziaria, rendendo impossibile il raggiungimento di quelle azioni di miglioramento che invece richiedono investimenti, anche consistenti.

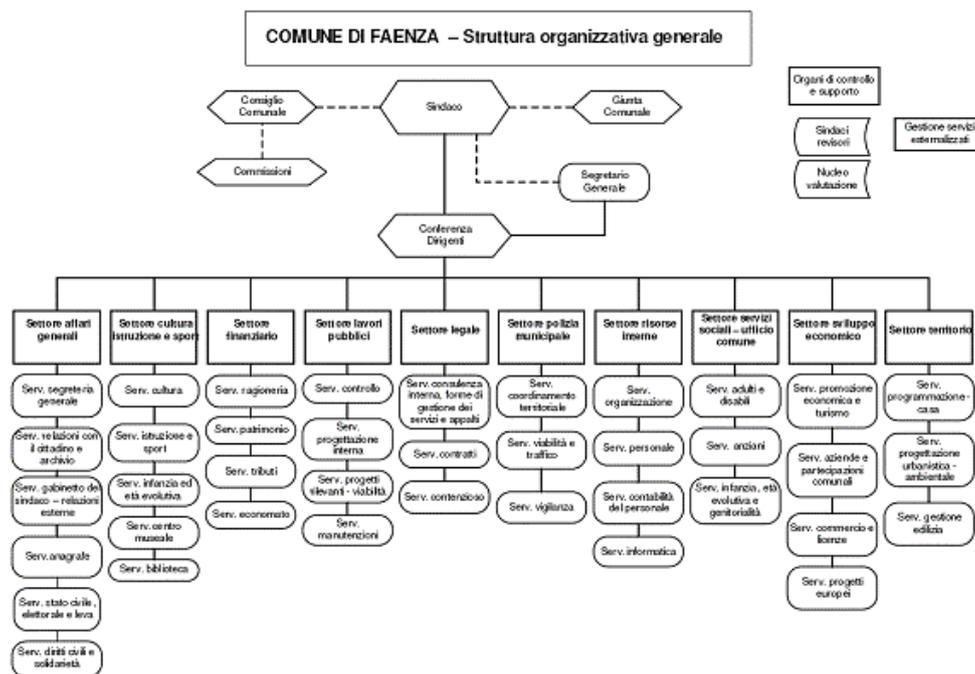


Figura 14. La struttura organizzativa del Comune di Faenza

Per quanto riguarda l'identificazione degli aspetti ambientali, due osservazioni portano a sottolineare la necessità di fornire una guida anche per questa attività ai Comuni che sviluppano un SGA:

- nei 4 Comuni oggetto di studio è stata osservata una diminuzione del numero di aspetti ambientali complessivo, non giustificabile con l'applicazione di un Piano di Miglioramento

Ambientale. La variazione del numero di aspetti può indicare una diversa definizione o classificazione delle attività; queste modifiche possono però modificare la valutazione annuale della significatività senza che vi siano state reali modifiche nella gestione dell'aspetto o negli impatti conseguenti;

- La sperimentazione dell'utilizzo di parte del metodo CLEAR, definito per la contabilità ambientale, anche per la classificazione degli aspetti ambientali ha dato buona corrispondenza con gli aspetti ambientali identificati per il Comune di Faenza nell'anno 2009, e può quindi essere proposto quale supporto alla identificazione degli aspetti.

E' inoltre necessario fornire agli enti una indicazione chiara rispetto alla "dimensione" degli aspetti ambientali: il livello di aggregazione delle attività può essere determinante per la valutazione della significatività complessiva. Ad esempio, il riscaldamento degli edifici scolastici può essere raggruppato in un unico aspetto "riscaldamento scuole" o suddiviso in tanti aspetti quante sono le scuole. Nel primo caso, è più facile che l'aspetto raggiunga il punteggio di significatività, mentre nel secondo caso è probabile che nessun aspetto sia significativo, preso singolarmente. In ogni caso, l'importante è che lo stesso livello di aggregazione venga applicato a tutte le attività; in caso contrario, sarebbe possibile ottenere "ad arte" che una tipologia di attività, quale il riscaldamento o la produzione di rifiuti, non risulti significativa. Resta probabilmente preferibile un numero limitato di aspetti ambientali, ottenuti aggregando le attività in centri omogenei di attività.

3 ANALISI DI SISTEMI ENERGETICI TERRITORIALI

3.1 INTRODUZIONE

Gli obiettivi della lavoro presentato in questo capitolo sono quelli di fornire un quadro conoscitivo adeguato dell'attuale sistema energetico del territorio oggetto di studio ed analizzare le evoluzioni del sistema in merito alle opzioni tecnologiche ed ai vari vettori energetici entro scenari di medio periodo.

In particolare, la conoscenza del sistema energetico passa dall'analisi degli usi finali e dell'offerta di energia, dalla valutazione delle tecnologie utilizzate, dalla conoscenza delle infrastrutture dedicate al trasporto e distribuzione di energia, dalla conoscenza dei soggetti economici attivi nella produzione e vendita di energia nel territorio, dalla stima delle emissioni di gas ad effetto serra, dall'analisi dell'offerta di energia primaria.

L'analisi del sistema energetico è di fondamentale importanza per l'indagine dello sviluppo futuro del sistema energetico ed è utile sia per gli analisti che per i pianificatori. Essa costituisce infatti un punto di partenza imprescindibile per lo sviluppo di una pianificazione energetica - ambientale. Questa, tipicamente, ha come obiettivi la riduzione delle emissioni di gas climalteranti, l'incremento dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e del risparmio energetico.

La pianificazione energetico - ambientale può mettere in campo diversi strumenti per attuare delle azioni di piano che abbiano come obiettivo una maggiore sostenibilità del sistema energetico stesso, indirizzandosi verso le potenzialità di sviluppo di un modello di produzione energetica basato sulle fonti rinnovabili e dell'accrescimento dell'efficienza nel consumo di energia.

E' importante che, fin dalla prima fase della pianificazione, vengano indagati i possibili effetti delle azioni ipotizzate, analizzando le possibili evoluzioni del sistema. La costruzione di scenari quantitativi risponde adeguatamente a questa esigenza, perché permette di visualizzare, e quantificare, gli effetti delle azioni ipotizzate.

Il sistema energetico è qui studiato nel suo complesso, affrontando i problemi tipici della dimensione territoriale piuttosto che quelli dei singoli sistemi tecnologici.

3.2 CONTESTO DI STUDIO

Negli ultimi anni della scuola di dottorato, è stato possibile condurre l'analisi di un sistema energetico territoriale, attraverso la costruzione di scenari e l'uso di indicatori ed indici globali. Questo lavoro è stato svolto nel contesto di una collaborazione con la Provincia di Ravenna nell'ambito degli studi preparatori alla stesura del Piano Energetico Provinciale (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009).

Oltre alla raccolta ed organizzazione dei dati relativi alla situazione attuale ed all'evoluzione storica del sistema studiato, è stato utilizzato il software LEAP ("Long Term Energy Alternatives Planning System" del SEI – "Stockholm Environment Institute") per organizzare le conoscenze acquisite in un database e come supporto alla costruzione di tre scenari di evoluzione futura del sistema, costruiti in base ai vincoli normativi esistenti ed agli indirizzi della Provincia stessa.

Una volta costruiti gli scenari, questi e la situazione attuale sono stati valutati dal punto di vista delle emissioni di gas serra, e una sintesi eMergetica è stata condotta secondo i principi definiti da Odum (1996), quali valutazioni complessive della sostenibilità ambientale del sistema considerato attraverso indici aggregati (capitolo 4 "Analisi di sostenibilità del sistema energetico"). In particolare, l'utilizzo della sintesi eMergetica permette di inserire un elemento scientifico di valutazione oggettiva nella costruzione di scenari, che altrimenti sono basati prevalentemente su imposizioni normative.

3.2.1 SISTEMA OGGETTO DI STUDIO

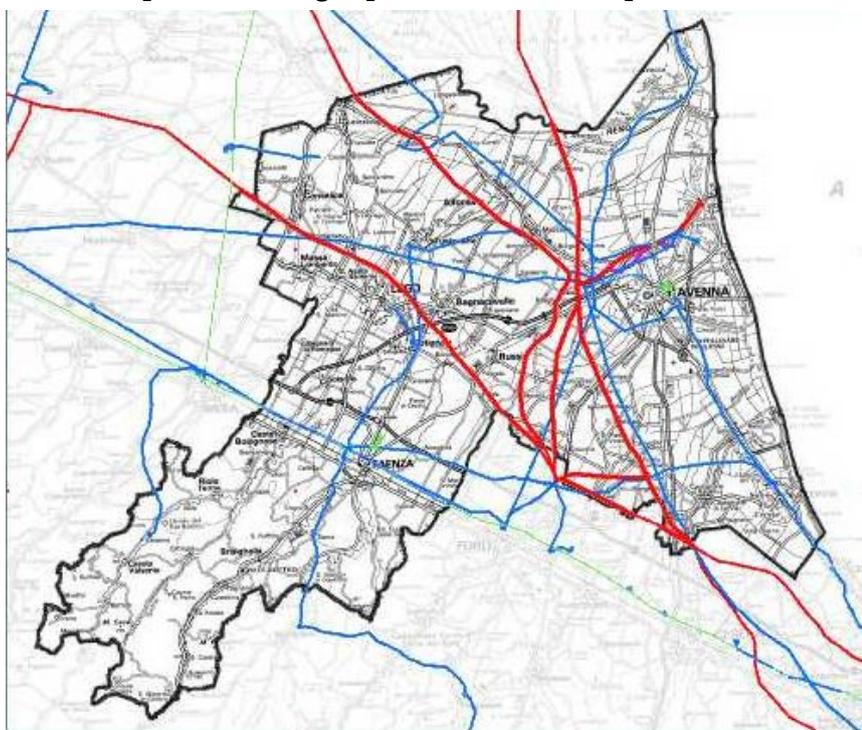
In questo capitolo vengono riportati alcuni dati rilevanti che caratterizzano la provincia di Ravenna dal punto di vista del sistema energetico che la sostiene. La provincia è caratterizzata dalla presenza di diversi punti di produzione energetica da fonti fossili, destinati alla produzione elettrica per l'immissione in rete e per l'autoconsumo.

Al 2006 esistevano impianti autorizzati per oltre 2,000 MWe, corrispondenti ad una produzione annua di circa 9,260 GWh.

Per quanto riguarda la produzione termoelettrica, sul territorio sono presenti due centrali: ENEL Produzione S.p.a. e ENIPOWER S.p.a.

La centrale ENEL Produzione S.p.a. è dedicata alla produzione di energia elettrica mediante due unità a ciclo combinato alimentata a gas naturale; prima del 2003 la produzione era ottenuta con unità a vapore alimentate ad olio combustibile. Le due sezioni a ciclo combinato della centrale sono state realizzate accoppiando turbine a gas alle turbine a vapore di due unità termoelettriche preesistenti nel sito. Ciascuna delle due unità a ciclo combinato ha così una potenza nominale lorda di circa 375 MW elettrici. Sottraendo i consumi per i servizi ausiliari elettrici d'impianto ciascuna unità è in grado di immettere in rete una potenza di circa 370 MW.

Al 2006 la produzione di energia immessa in rete era di circa 3,903 GWh, con una diminuzione rispetto agli anni precedenti dovuta principalmente alla crisi internazionale di fornitura del gas metano e alle manutenzioni programmate di grande rilevanza per entrambi i gruppi a ciclo combinato, che hanno portato a lunghi periodi di mancata produzione della centrale.



Rosso: 380kV; Blu e Viola: 132 kV; Grigio: linee RFI

Figura 15. Reti elettriche ad alta tensione in Provincia di Ravenna

Per quanto riguarda invece la centrale ENIPOWER S.p.a, dall'inizio del 2005 l'assetto di marcia standard prevede l'utilizzo di 3 turbogas, mentre la caldaia tradizionale è mantenuta ferma e viene messa in marcia in caso di criticità produttive conseguenti alla fermata degli altri gruppi. In tale assetto vengono prodotti circa 5,312 GWh di energia elettrica (anno 2006), di cui oltre il 90% viene erogato sulla rete nazionale. Tutti i gruppi di produzione sono alimentati solamente con gas naturale il cui consumo annuo, per le suddette produzioni, è di circa 1,300,000,000 mc. La capacità produttiva di energia elettrica dello Stabilimento di Ravenna copre circa il 2% dei consumi nazionali e circa il 25% di quelli regionali.

La produzione di energia elettrica da impianti di cogenerazione alimentati a metano sul territorio provinciale è ad opera di HERA S.p.a., CEDIR S.p.a., CERDOMUS Ceramiche S.p.a e Unigrà S.p.a..

Per quanto riguarda la rete elettrica, la provincia di Ravenna è attraversata da varie linee elettriche di alta e altissima tensione, di attraversamento, legate alla produzione di energia elettrica o alle grosse aziende del territorio, e per la distribuzione.

Le linee elettriche ad alta ed altissima tensione hanno lo scopo specifico di trasportare energia elettrica, dalle centrali dove viene prodotta, fino alle utenze; si dividono in 380 kV (elettrodotti)

per trasmissioni su grandi distanze e 132 kV per la distribuzione. Rispetto alla media tensione (10-20 kV), hanno una maggiore efficienza di trasmissione ed occorrono un numero minore di installazioni. Le linee di trasmissione ad alta tensione sono generalmente linee aeree.

Le reti ad alta ed altissima tensione sono mostrate in Figura 15, derivata dal sito “WEB-CEM” di ARPA Ravenna. In Figura 16 sono invece riportate le linee ad alta e media tensione (dal Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Ravenna).

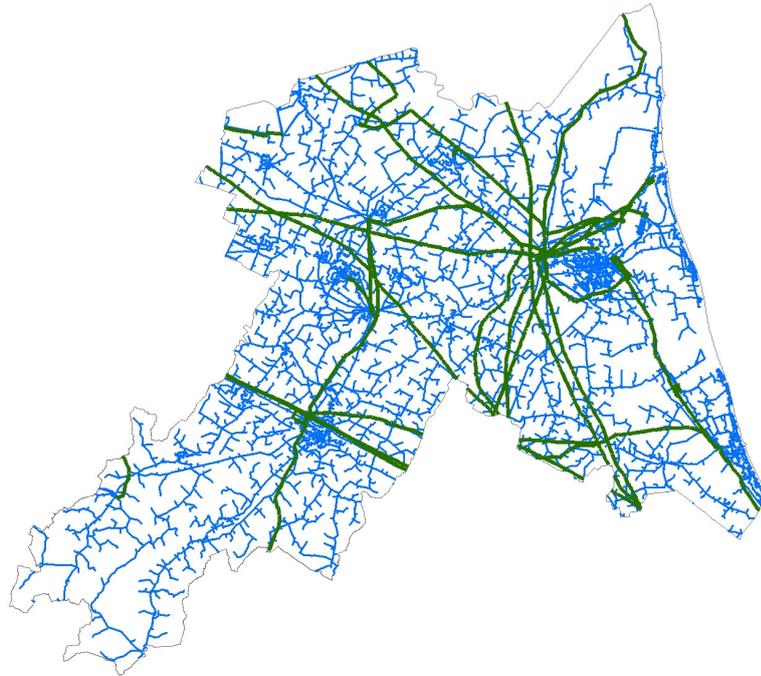


Figura 16. Reti elettriche di distribuzione ad alta (in verde) e media (in blu) in Provincia di Ravenna

Per quanto riguarda la distribuzione del gas metano (Figura 17), questo è prevalentemente distribuito in Italia attraverso la rete di metanodotti, che dai punti di accesso (Passo Gries, Tarvisio, Gorizia, GNL Panigaglia, Gela, Mazara del Vallo) serve tutta la penisola, ricevendo la produzione nazionale e raggiungendo i vari siti di stoccaggio. In Provincia di Ravenna è presente un metanodotto che corre parallelo alla via Emilia e un altro proveniente da Nord e che prosegue percorrendo la costa adriatica. All’incrocio di questi 2 metanodotti si dipartono i rami che raggiungono i siti di produzione nazionale di Casalborsetti e Ravenna Mare.

RETE NAZIONALE DEI GASDOTTI

al sensi dell'art.9 DLGS 164/2000 - D.M. 04/08/2005

Situazione ad Ottobre 2006

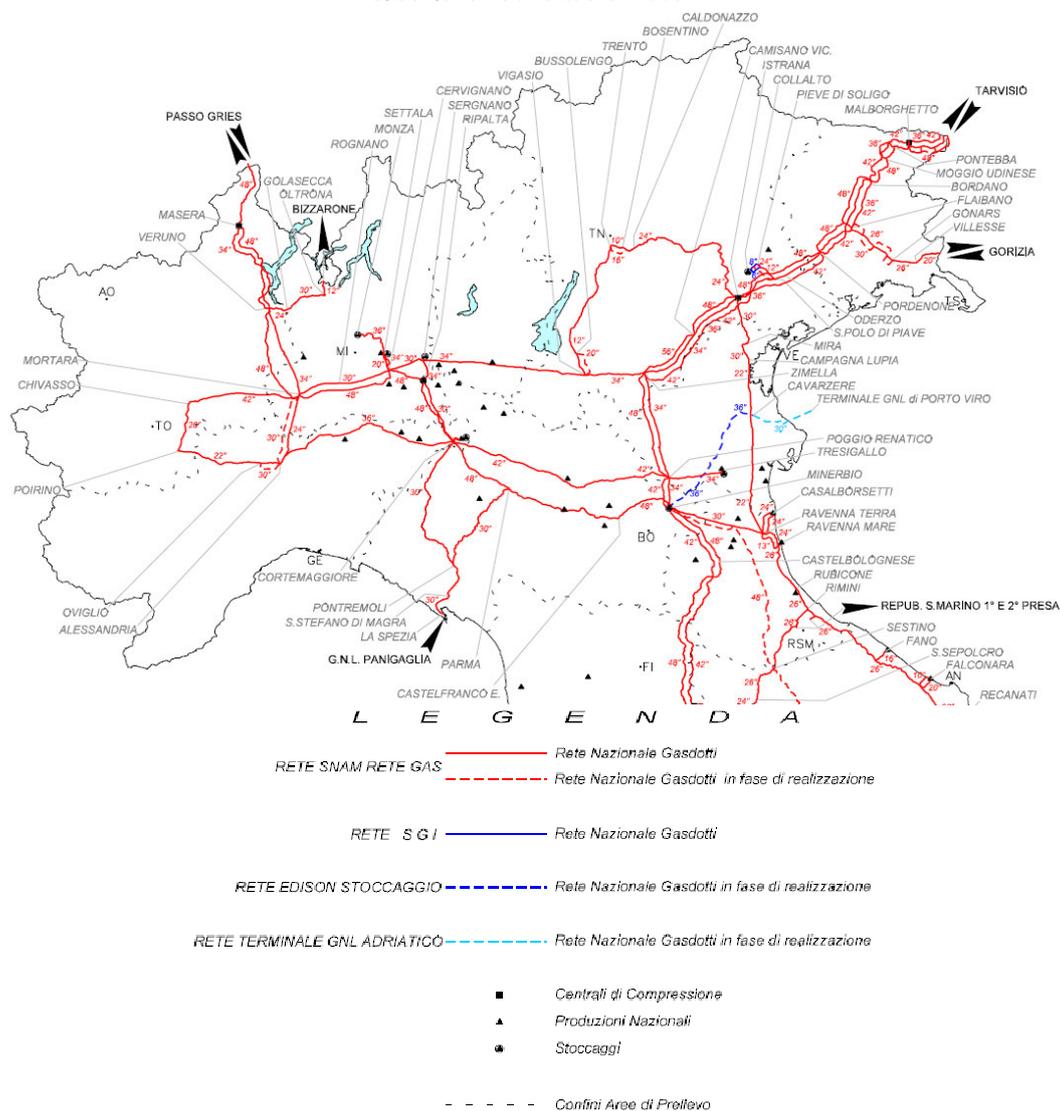


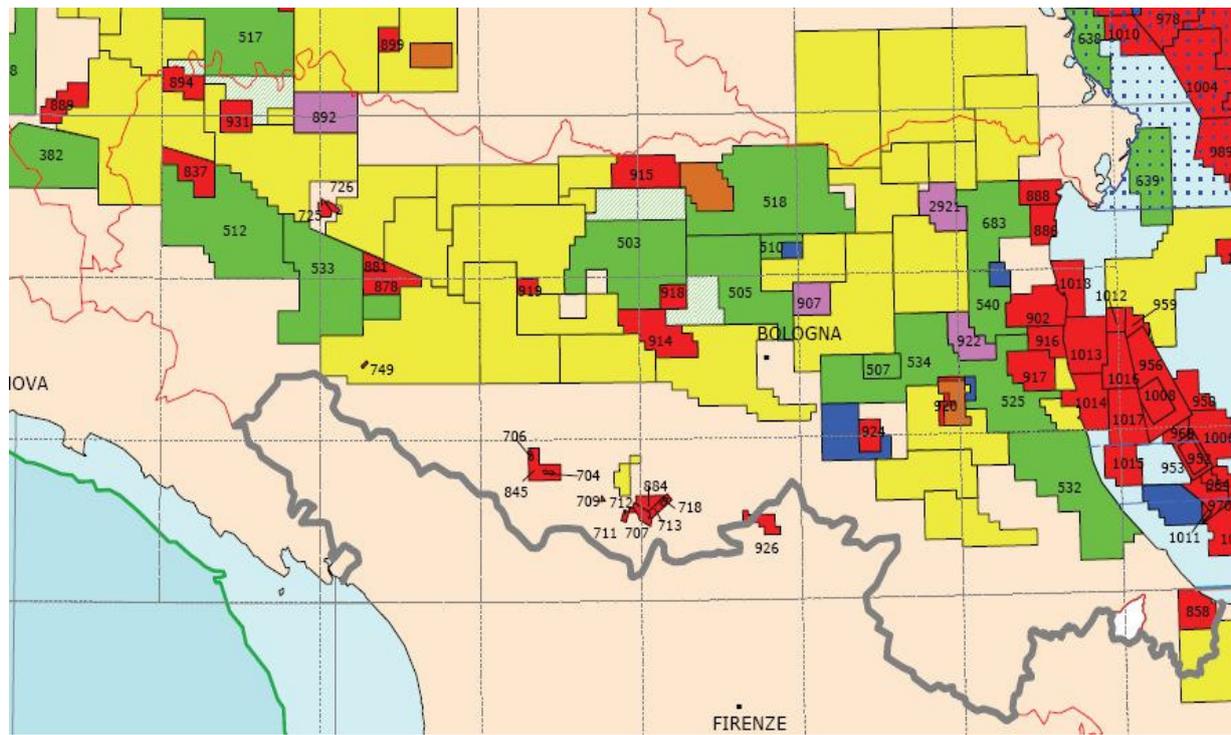
Figura 17. Rete dei gasdotti nel Nord Italia (aggiornamento Ottobre 2006) (dal sito web del Ministero Sviluppo Economico)

Un altro aspetto da tenere in considerazione è l'estrazione di gas metano nel territorio. In Emilia Romagna sono stati trovati i primi consistenti giacimenti di metano e la regione ancora oggi, comprendendo l'off-shore, costituisce una delle principali aree di produzione nazionale di metano (oltre il 55% della produzione nazionale).

Le ragioni storiche di disponibilità di gas di produzione locale ed il successivo rafforzamento di tali risorse con la confluenza di significative quantità importate, hanno consentito all'Emilia Romagna di essere una delle regioni in cui si è maggiormente sviluppato l'utilizzo del gas metano. Questo pronunciato sviluppo ha trovato riscontro nella situazione delle infrastrutture

predisposte dall'industria del gas, compresi i servizi di trasporto e stoccaggio in sotterraneo di rilevanza nazionale.

Per quanto riguarda la provincia di Ravenna, essa possiede, all'interno del suo territorio, numerosi giacimenti di gas naturale, sia su terra che nella zona marina antistante. I dati disponibili riguardano l'intero territorio regionale e non è stato possibile scendere ad un dettaglio provinciale in termini di numero di pozzi e quantitativi di gas metano estratti. Ci si rifà quindi ai dati forniti dall'Ufficio Nazionale Minerario per gli Idrocarburi e la Geotermia (UNMIG, 2008), che riguardano la produzione di gas naturale distinta per regione e zona marina. In particolare la Figura 18 riguarda uno spaccato che comprende il territorio della Regione Emilia Romagna, mentre la Figura 19 riguarda la zona marina A corrispondente al Nord Adriatico.

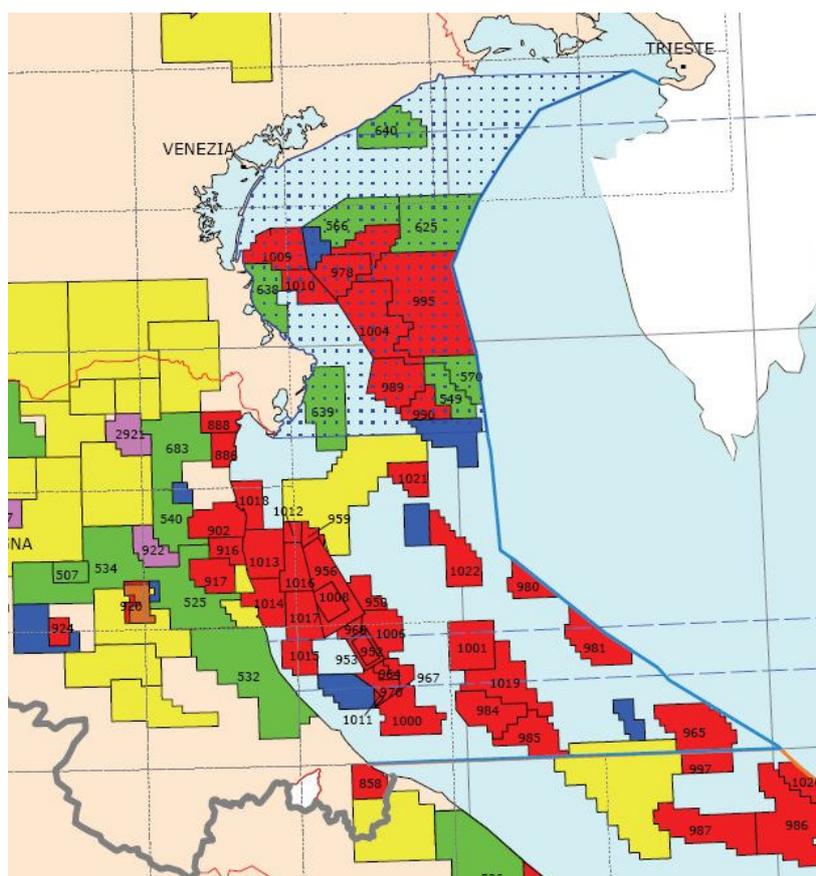


LEGENDA

- Limite di Stato (State boundary)
 - Limite di Regione (Region boundary)
 - Capoluogo di Regione (Region capital)
 - Limite degli Uffici Periferici (XXII - XIII - XXIV) (UNMIG Districts boundary)
 - Fogli I.G.M. - Istituto Geografico Militare
 - Fogli I.I.M. - Istituto Idrografico della Marina
 - Limite della Zona Marina A (Zone A boundary)
 - Limite della Zona Marina B (Zone B boundary)
 - Limite della Zona Marina C (Zone C boundary)
 - Limite della Zona Marina D (Zone D boundary)
 - Limite della Zona Marina E (Zone E boundary)
 - Limite della Zona Marina F (Zone F boundary)
 - Limite della Zona Marina G (Zone G boundary)
- I numeri fanno riferimento agli Elenchi pubblicati nel B.U.I.G. - LII N.4
(Numbers refer to the lists published in B.U.I.G. - LII No.4)
- 532 Permessi di ricerca vigenti nella terraferma e nel sottofondo marino (Exploration permits)
 - 854 Concessioni di coltivazione vigenti nella terraferma e nel sottofondo marino (Exploitation concessions)
 - 851 857 Permessi di ricerca o concessioni di coltivazione per i quali è stata presentata istanza di riduzione (Relinquished area for permits or concessions under reduction)
 - 830 Concessioni di coltivazione per le quali è stata presentata istanza di rinuncia totale (Exploitation concessions under relinquishment)
 - 832 Aree ricoperte da una o più istanze di permesso di ricerca nella terraferma e nel sottofondo marino (Applications for exploration permit)
 - 834 Aree richieste in concessione di coltivazione nella terraferma e nel sottofondo marino (Applications for exploitation concession)
 - 7922 Concessioni di stoccaggio vigenti nella terraferma (Gas storage concessions)
 - 836 Aree ricoperte da una o più istanze di concessione di stoccaggio nella terraferma (Applications for gas storage concession)
 - Zona vietata alla prospezione, ricerca e coltivazione (art. 4 comma 1 legge n. 9/1991, modificato dall'art. 26, L. 31 luglio 2002, n. 179). I titoli esistenti sono stati conferiti anteriormente all'ovvieto. (Area not allowed for E&P activities)

I dati relativi ai titoli della Regione Sicilia (richiesti e concessi ai sensi della legge regionale 20 marzo 1990, n. 30, e successive modifiche) sono stati forniti dall'Ufficio Regionale Idrocarburi e Geoterma della Regione Sicilia (U.R.I.G.).
Batterimetria: elaborazione sulla base di dati cartografici forniti dall'Ufficio Cartografia dell'ISPIC.
La gestione della banca dati dei titoli minerari è a cura dell'Ufficio Nazionale Minerario per gli Idrocarburi e la Geoterma.
Realizzazione cartografica: Ombretta Coppi - Nicola Santocchi

Figura 18. Emilia Romagna: Carta dei titoli minerari – anno 2008 (UNMIG, 2008)



Per la didascalia riferirsi alla figura precedente

Figura 19. Zona marina A: Carta dei titoli minerari – anno 2008 (UNMIG, 2008)

La Tabella 14 riporta la produzione di gas metano in Emilia Romagna e nella zona di mare antistante (zona marina A) negli anni 2006-2007. Come si evince dai dati, la produzione è calata del 13% nell'ultimo anno, in linea coi cali di produzione nazionali.

La ridotta produzione, in parte dovuta all'esaurimento delle riserve ed in parte alle scelte di ottimizzazione delle risorse da parte dell'impresa concessionaria, non è integrata da nuove attività di perforazione a scopo esplorativo.

Regione/Zona marina	2006	2007	Unità di misura
Emilia Romagna	221,279,000	217,052,000	m ³
Zona A	5,926,562,000	5,113,773,000	m ³
Totale	6,147,841,000	5,330,825,000	m ³
Italia Terra	2,330,854,000	2,353,595,000	m ³
Italia Mare	8,546,760,000	7,242,813,000	m ³
Totale Italia	10,877,614,000	9,596,408,000	m ³
% RER su Produzione Italia Terra	9.49%	9.22%	
% Zona A su Produzione Italia Mare	69.34%	70.60%	
% sul Totale Italia	56.52%	55.55%	

Tabella 14. Estrazione di gas metano in m³ (UNMIG, 2008).

3.2.1.1 USO DEL SUOLO

Prima di analizzare i flussi di energia nel territorio della provincia di Ravenna, è stato necessario analizzare le destinazioni d'uso del territorio, per individuare le attività prevalenti e le tipologie di occupazione del territorio.

Questa analisi è necessaria per permettere di tenere in conto anche parametri geografici nelle ipotesi di localizzazione di nuovi impianti produttivi o sfruttamento delle risorse locali. In particolare, nel lavoro relativo al Piano energetico della Provincia (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009) sono avanzate varie proposte sullo sfruttamento di biomasse di scarto a fini energetici; queste proposte possono essere valutate solo se corredate da una localizzazione ben precisa, che permetta di individuare le risorse disponibili nel territorio circostante e la viabilità di servizio.

In questa tesi non vengono riportate queste valutazioni, ma viene comunque inserito uno studio sull'uso del suolo e la sua evoluzione nel tempo, realizzato nel 2008.

La composizione percentuale delle diverse utilizzazioni del suolo (superfici artificiali, superfici agricole, terreni boscati, zone umide e corpi idrici) rispecchia la struttura sociale ed economica e determina effetti rilevanti sulle risorse naturali, sulla biodiversità e sulla composizione del paesaggio.

La carta "Tav. C.3.2.1 - Uso del suolo - Sintesi della Carta dell'uso reale del suolo 2000" del PTCP della Provincia di Ravenna riassume l'uso del suolo nella Provincia di Ravenna all'anno 2000 nelle seguenti categorie:

- Colture specializzate;
- Aree forestali e castagneti;
- Colture estensive;
- Zone urbane, produttive e altre analoghe;
- Zone d'acqua, saline e zone umide;
- Altre zone non coltivate eterogenee;
- Zone non fotointerpretabili.

Da un esame della carta derivano alcune semplici osservazioni:

Il territorio della Provincia di Ravenna è prevalentemente dedicato ad attività agricole.

- la parte collinare della Provincia è occupata in modo rilevante da aree forestali o castagneti;
- la zona di pianura interna, corrispondente alla parte pianeggiante del comprensorio faentino ed al lughese, è occupata da colture specializzate (prevalentemente vigneti e frutteti);
- verso la costa sono predominanti le colture estensive (seminativi). Lungo la costa sono presenti insediamenti urbani ed industriali molto estesi. Nella parte pianeggiante interna, gli insediamenti sono allineati lungo le direttrici stradali, e in alcuni casi vedono un continuo di

aree edificate. Nella collina invece gli insediamenti sono piccoli, ben delimitati e localizzati nei fondovalle lungo le direttrici stradali e ferroviarie.

Secondo il PTCR della Provincia di Ravenna, le aree che possono essere individuate come ambiti di rilievo paesaggistico sono:

- le aree rurali poste immediatamente a ovest della linea di costa (in ambiti in gran parte individuati dal PTPR come appartenente all'Unità di paesaggi della "Costa nord"), e che sono estesamente interessate da risorse naturali tutelate;
- le aree rurali della collina, ed in particolare dell'alta collina.

Tutto il resto del territorio provinciale è stato indicato come un vasto ambito in cui prevale estesamente un'alta vocazione produttiva.

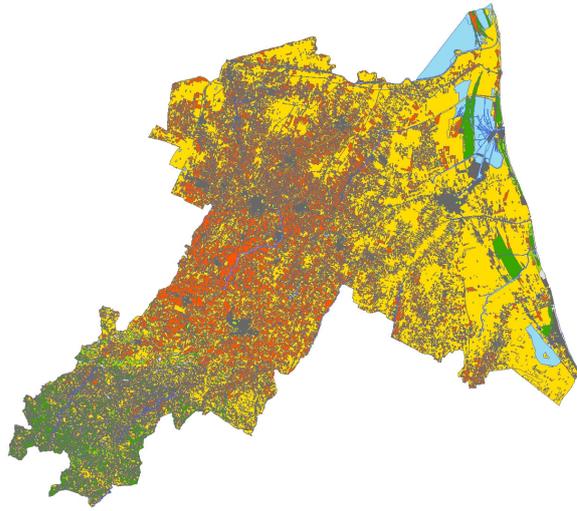
Per poter analizzare le evoluzioni dell'uso del territorio nel tempo, sono state analizzate le "carte dell'uso del suolo" elaborate dalla Regione Emilia Romagna per gli anni 1976, 1994 (basata su ortofoto) e 2003 (basata su immagini satellitari) (Regione Emilia Romagna, 1976, 1994 e 2003).

Utilizzando la metodologia proposta da Bertozzi e altri (Bertozzi *et al.*, 1993), le destinazioni d'uso sono state ricondotte ad 8 macroclassi:

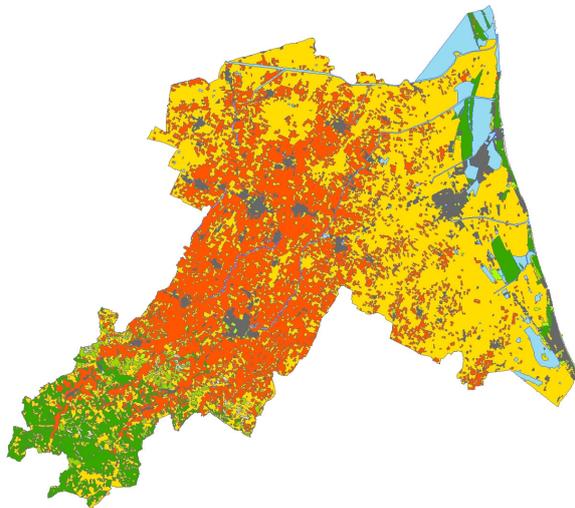
- 1) affioramenti litoidi: zone aperte con vegetazione rada o assente e affioramento del substrato, quali spiagge e dune, calanchi, rocce nude
- 2) boschi: formazioni boschive, compresi i castagneti da frutto
- 3) cespuglieti: zone cespugliate, rimboschimenti recenti e zone con scarsa copertura arborea
- 4) coltivazioni arboree: zone dedicate alla frutticoltura e viticoltura
- 5) corpi e corsi d'acqua e zone umide: aree caratterizzate e definite dalla presenza di acqua
- 6) seminativi e prati pascoli: coltivazioni estensive, prati e pascoli, seminativi arborati, orti, serre e aree agricole eterogenee
- 7) urbano residenziale produttivo: superfici artificiali caratterizzate dall'attività umana (residenziale o produttiva, comprese le infrastrutture, le cave, discariche e le aree per la produzione di energia.
- 8) zone verdi urbane: giardini pubblici o privati, campi sportivi, campi da golf. Si tratta di aree non naturali, ma nelle quali si mantiene la permeabilità del suolo e la presenza di vegetazione.

Le mappe risultanti sono riportate in Figura 20.

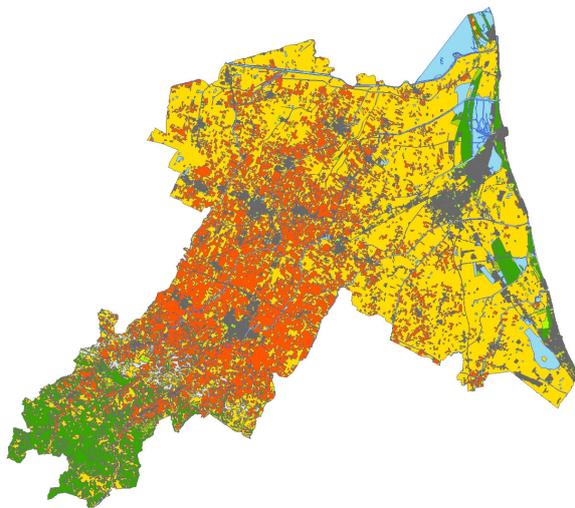
Questa procedura permette di confrontare gli utilizzi del suolo in anni diversi, anche a seguito di modifiche nella classificazione degli usi possibili.



1976



1994



2003

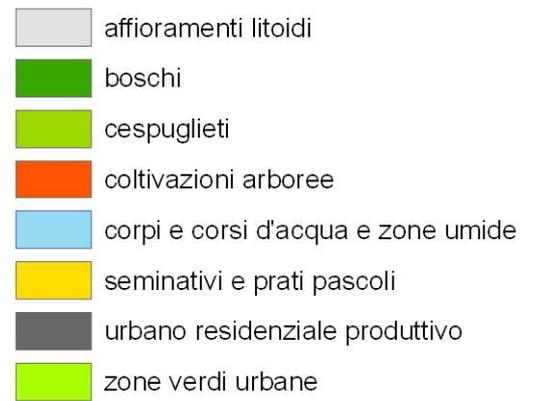


Figura 20. Carte di uso del suolo ottenute catalogando gli usi in 8 macro-categorie, secondo la metodologia proposta da Bertozzi *et al.* (1993)

La ripartizione percentuale, per ciascun anno analizzato, degli usi del suolo è riportata in Tabella 15.

CLASSI	sigla	Percentuale		
		1976	1994	2003
affioramenti litoidi	R	1.15%	0.41%	0.80%
boschi	Df e Cf e Af	6.04%	8.13%	8.78%
cespuglieti	Sh	2.56%	1.69%	1.43%
coltivazioni arboree	Fv	26.41%	32.32%	25.21%
corpi e corsi d'acqua e zone umide	Wb	3.87%	4.95%	5.95%
seminativi e prati pascoli	Cr e Gr	53.49%	46.42%	48.04%
urbano residenziale produttivo	U	5.81%	5.55%	8.94%
zone verdi urbane	Ug	0.66%	0.52%	0.84%

Tabella 15. Percentuale sul totale di territorio occupato da ciascuna categoria di uso del suolo

Un'analisi dei trend in atto sul territorio consiste nel valutare la variazione percentuale delle aree di ciascuna categoria d'uso, nell'intervallo 1976-2003 (Tabella 16).

	Variazione dal 1976 al 2003
affioramenti litoidi	-30.13%
boschi	45.45%
cespuglieti	-44.01%
coltivazioni arboree	-4.51%
corpi e corsi d'acqua e zone umide	53.70%
seminativi e prati pascoli	-10.15%
urbano residenziale produttivo	53.89%
zone verdi urbane	27.35%

Tabella 16. Variazione percentuale delle macrocategorie di uso del suolo dal 1976 al 2003

Le due categorie che hanno mostrato gli aumenti più rilevanti sono “urbano residenziale produttivo” e “bosco”. La componente boscata è aumentata prevalentemente nelle zone di alta collina, mentre l'urbanizzato è aumentato soprattutto nelle zone di pianura. Si tratta di crescite del 50% rispetto al valore del 1976.

Risulta fortemente incrementata anche l'area occupata da “corpi e corsi d'acqua e zone umide”, ma questo è dovuto ai diversi approcci e al diverso livello di precisione nel processo di fotointerpretazione utilizzato per redigere le carte di uso del suolo, che hanno portato a classificare le zone di argine prima come prati o cespuglieti, e dopo come corpi d'acqua, aumentando quindi la superficie complessiva in questa categoria. Anche dietro la riduzione degli affioramenti litoidi e dei cespuglieti ci sono 2 differenti processi: da un lato lo sviluppo del

bosco nelle zone collinari e la conseguente stabilizzazione delle aree incolte, dall'altro il diverso livello di dettaglio utilizzato per l'elaborazione delle 3 carte di uso del suolo.

Per analizzare l'evoluzione delle varie parti di territorio, è stato utilizzato un metodo (Bertozzi et al, 1993), che valuta le dinamiche o la persistenza nell'uso di ogni porzione di territorio.

A seconda della variazione nell'uso di ogni particella o parte di essa, sono identificate 13 categorie che descrivono l'evoluzione nel tempo (Benini et al, 2010):

- 1) Abbandono (A): mancanza del presidio umano sul territorio, con conseguente diffusione di cespuglieti o affioramenti litoidi su aree prima coltivate;
- 2) Conversione estensiva (Ce): passaggio da colture frutticole a colture seminative;
- 3) Conversione intensiva (Ci): passaggio da seminativo a frutticolo;
- 4) Degrado (De): aree che evolvono verso la perdita della copertura vegetale;
- 5) Dinamica naturale (Dn): evoluzione naturale di aree non regolate da attività antropiche, quali cespuglieti, affioramenti litoidi e specchi e corsi d'acqua;
- 6) Disboscamento (D): taglio delle superfici a bosco, ed insediamento di altre destinazioni d'uso;
- 7) Eccezionalità (E): modifiche giustificabili con grandi eventi naturali, o profonde trasformazioni territoriali. Spesso però il diverso livello di dettaglio dei livelli informativi utilizzati può portare alla comparsa di tale categoria;
- 8) Intensivazione agraria (Ia): messa a coltura di terreni prima non produttivi;
- 9) Intensivazione urbana (Iu): aree che hanno subito processi di urbanizzazione;
- 10) Persistenza (P): nessuna modifica nell'uso del suolo nel periodo considerato;
- 11) Persistenza urbana (Pu): aree urbanizzate che mantengono la stessa destinazione;
- 12) Rimboschimento (A): aumento della superficie boscata;
- 13) Stabilizzazione (St): installazione di vegetazione su aree con affioramenti litoidi.

Land use	New class	U	Ug	Cr	Gr	Fv	Df	Af	Cf	Sh	Ru	Ws
Old class	Num	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U	1	Pu	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Ug	2	Iu	P	E	E	E	R	R	R	E	E	E
Cr	3	Iu	Iu	P	Ce	Ci	R	R	R	A	A	A
Gr	4	Iu	Iu	Ci	P	Ci	R	R	R	A	A	A
Fv	5	Iu	Iu	Ce	Ce	P	R	R	R	A	A	A
Df	6	Iu	Iu	D	D	D	P	R	Dn	D	D	D
Af	7	Iu	Iu	D	D	D	Dn	P	Dn	D	D	D
Cf	8	Iu	Iu	D	D	D	Dn	R	P	D	D	D
Sh	9	Iu	Iu	Ia	Dn	Ia	R	R	R	P	De	Dn
Ru	10	Iu	Iu	Ia	Dn	Ia	R	R	R	St	P	Dn
Ws	11	Iu	Iu	Ia	Dn	Ia	R	R	R	Dn	Dn	P

Figura 21. Matrice dei cambiamenti di uso del suolo (Benini *et al.*, 2010)

Gli intervalli di tempo presi in considerazione sono:

- dal 1976 al 1994;
- dal 1976 al 2003 (vedi Figura 22);
- dal 1976 al 2003, solo per quanto riguarda i Comuni della fascia collinare: Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme;
- dal 1976 al 2003, solo per quanto riguarda i Comuni della fascia di pianura, esclusi quindi Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme.

I risultati ottenuti sono mostrati in Tabella 17. Analizzando la variazione nell'intervallo di tempo maggiore, è interessante notare come le aree collinare e di pianura del territorio mostrino due evoluzioni differenti.

Nelle aree di pianura, al 2003 il 10,9% del territorio è urbanizzato (6,3% di aree con persistenza urbana e 4,6% del territorio di aree soggette ad incentivazione urbana). Circa il 10% del territorio ha visto il passaggio da colture intensive a colture estensive, ma una superficie quasi analoga ha subito la trasformazione opposta, rendendo il bilancio solo leggermente favorevole alla conversione estensiva. Il 60% del territorio ha mantenuto lo stesso utilizzo del suolo che aveva nel 1976.

Nelle aree di collina, al 2003 solo il 2,3% del territorio è urbanizzato (1,5% di aree con persistenza urbana e 0,8% del territorio di aree soggette ad incentivazione urbana). Il territorio nel quale non si sono osservate modifiche nell'uso del suolo corrisponde al 50,8% del totale; metà del territorio quindi ha una destinazione diversa da quella che aveva nel 1976. Sono aumentate le superfici coltivate a frutticole e viti (+8,1% del territorio dedicato a queste colture intensive, al netto delle superfici che sono state invece convertite al seminativo). Il 17,8% del territorio ha visto lo sviluppo di boschi, il che lascia un bilancio molto positivo pur togliendo il 4% di superficie che è stata invece disboscata. Se si somma questo dato al 5,4% di territorio abbandonato e al 1,5% di territorio in degrado, si ottiene la fotografia di un territorio in cui le attività umane stanno diminuendo, lasciando vaste porzioni, soprattutto in alta collina, allo sviluppo di una vegetazione arborea spontanea.

	Dinamica 1976-1994	Dinamica 1976 - 2003	Dinamica 1976 - 2003 nei Comuni di pianura	Dinamica 1976 - 2003 nei Comuni collinari
Abbandono	2.2%	3.4%	2.9%	5.4%
Conversione estensiva	8.0%	10.7%	12.4%	2.6%
Conversione intensiva	12.3%	9.8%	9.7%	10.7%
Degrado	0.1%	0.3%	0.0%	1.5%
Dinamica naturale	0.1%	0.3%	0.3%	0.1%
Disboscamento	1.3%	0.9%	0.3%	4.1%
Eccezionalità	3.0%	2.1%	2.2%	1.6%
Intensivazione agraria	1.4%	0.8%	0.5%	2.6%
Intensivazione urbana	2.7%	5.5%	6.3%	1.5%
Persistenza	62.1%	58.5%	60.1%	50.8%
Persistenza urbana	3.2%	4.0%	4.6%	0.8%
Rimboscimento	3.4%	3.7%	0.7%	17.8%
Stabilizzazione	0.2%	0.1%	0.0%	0.4%

Tabella 17. Classi di evoluzione dell'uso del suolo e relative percentuali per gli intervalli di tempo considerati

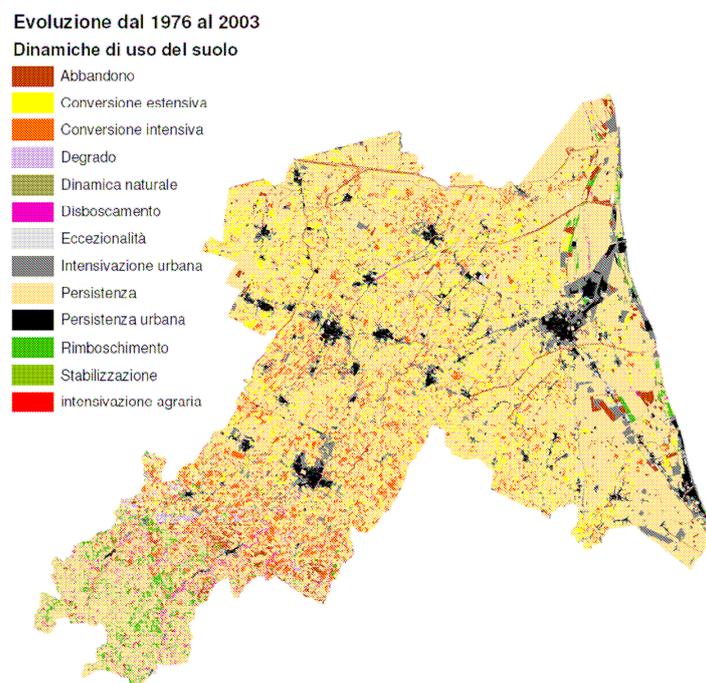


Figura 22. Provincia di Ravenna. Categorie di evoluzione di uso del suolo dal 1976 al 2003

Nella “Valutazione ambientale strategica del Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 dell’Emilia Romagna” (Regione Emilia Romagna, 2009) è contenuta una analisi delle dinamiche d’uso del suolo in atto nella Regione, che è stata consultata per confrontare l’andamento della Provincia con quello regionale.

Al 2003, l’8,5% del territorio regionale era occupato da superfici artificiali, concentrate quasi esclusivamente nella pianura. Per quanto riguarda le superfici agricole, la parte utilizzata (SAU) è in costante calo (-1% all’anno), e rappresenta l’80% del territorio in pianura, mentre in collina e montagna si riduce sensibilmente (63% e 28% rispettivamente). La Regione è occupata per il 28% da boschi e aree seminaturali, che si concentrano per la maggior parte in montagna.

Rispetto all’uso del suolo del 1994, anche in Regione si osservano andamenti simili a quelli riscontrati in Provincia di Ravenna: un aumento delle zone urbanizzate, una diminuzione delle superfici agricole, un forte aumento delle zone boscate in collina e montagna e un aumento delle zone umide interne. In particolare, in pianura le zone agricole diminuiscono a scapito dell’ampliamento delle aree urbanizzate, mentre in collina e montagna il fenomeno è dovuto all’abbandono delle attività agricole ed alla conseguente espansione di boschi e zone naturali.

3.3 STRUMENTI E METODI

Il formato dei numeri riportati in questo lavoro, dove non diversamente specificato, è 7,000,000.00 (quindi virgola come separatore delle migliaia e punto come separatore decimale).

Una possibile fonte di errori nella valutazione del bilancio energetico di un territorio è la presenza di due diversi fattori di conversione da MWh a tep per l'energia elettrica:

- da un punto di vista fisico, è valida l'equivalenza:

$$1\text{MWh} = 0.0806 \text{ tep}$$

- nell'ambito del meccanismo dei titoli di efficienza energetica (TEE), è definito un fattore di conversione dei kWh in tep, in base all'articolo 2, comma 3, dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 e s.m.i.. Questo fattore, che può essere aggiornato nel tempo su proposta dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (AEEG), è basato sul rendimento medio del parco termoelettrico italiano, e permette di valutare, oltre all'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, anche l'energia primaria risparmiata evitando la combustione. Tale fattore, per il 2004 era uguale a:

$$1\text{MWh} = 0.22 \text{ tep}$$

Esiste una proposta dell'AEEG, datata febbraio 2008, di abbassarlo a

$$1\text{MWh} = 0.18 \text{ tep}$$

visto il miglioramento medio dei rendimenti delle centrali termoelettriche nazionali.

Quanto esposto sopra rende evidente come vada posta molta attenzione nell'utilizzare i due diversi fattori, in base al tipo di valutazione che si vuole condurre:

- se quello che interessa è la "capacità di compiere lavoro" di una data quantità di energia elettrica, allora è il fattore "fisico" quello adeguato allo scopo;
- se quello che interessa è l'energia primaria che sarebbe servita a produrre quell'elettricità, nel caso fosse stata di origine termoelettrica, ecco che il fattore ministeriale è quello adeguato.

E' importante inoltre sottolineare la distinzione tra "consumi finali" e "consumi totali" di energia. Quando si parla di consumi finali, si intende tutta l'energia fornita al consumatore finale, per qualunque utilizzo, escludendo quindi i consumi per la produzione di elettricità o per il funzionamento degli impianti di produzione e delle reti. Al contrario, i consumi totali di energia includono anche la produzione di elettricità e i consumi del settore elettrico. Nel caso della Provincia di Ravenna, grossa produttrice di elettricità, i due valori differiscono notevolmente. Anche nel valutare il raggiungimento degli obiettivi nazionali o regionali di risparmio energetico e produzione da fonti rinnovabili è importante chiarire a quale dei due consumi si fa riferimento.

I dati per la caratterizzazione del sistema energetico sono stati acquisiti da:

- TERNA (responsabile della trasmissione e del dispacciamento dell'energia sull'intero territorio): dati sui consumi di energia elettrica;
- ENEL Distribuzione: consumi di energia elettrica;
- AEEG: elenco distributori energia elettrica e gas metano;
- Atlasole (<http://atlasole.gsel.it/viewer.htm>): impianti fotovoltaici;
- HERA Imola – Faenza ed HERA-Ravenna: consumi di energia elettrica e gas metano
- RFI e Ferrovie Emilia Romagna – percorrenza treni;
- Provincia di Ravenna e Regione Emilia Romagna: impianti per la produzione di energia;
- Enipower ed ENI: consumi e prestazioni delle grandi centrali termoelettriche;
- Snam Rete Gas: consumi di metano;
- Ministero dello Sviluppo Economico: consumi di combustibili derivati dal petrolio;
- UNMIG: estrazione di metano;
- UTF: consumi di combustibili;
- Agenzia locale per la mobilità: dati relativi al trasporto pubblico;
- Comunità Montana dell'Appennino Faentino: dati sulla gestione forestale;

Per un maggiore dettaglio relativo a tipologia, formato, livello di dettaglio e aggregazione dei dati, si rimanda al lavoro Provincia di Ravenna e CIRSA (2009).

3.3.1 SCENARI

Parlando di scenari in campo ambientale, alcune definizioni che si trovano in letteratura sono le seguenti:

- una “descrizione coerente, internamente consistente e plausibile di un possibile stato futuro del mondo” (IPCC, 1994)
- “proiezioni dello stato futuro della società e dell'ambiente basate su specifiche assunzioni riguardo a determinanti chiave quali popolazione, crescita economica, cambiamenti tecnologici o politiche ambientali” (Alcamo , 2001)
- immagine del futuro o alternative future, che non sono previsioni né predizioni, ma immagini alternative di come potrebbe evolversi il futuro (Nakicenovic *et al.* 2000)
- “forma d'arte che seleziona e combina i possibili sviluppi futuri nei vari settori” o “un'immagine del futuro” o “traiettoria nello spazio degli eventi possibili” (Gracceva e Contaldi, 2004)
- “insieme di racconti plausibili, stimolanti e pertinenti di come il futuro potrà rivelarsi” (Carpenter *et al.*, 2005)

Si può affermare che lo scenario differisce dalla previsione in quanto lo scenario è un futuro plausibile, mentre la previsione è il futuro più probabile.

Gli scenari rappresentano uno strumento importante per pensare al futuro, permettono di valutare le implicazioni future di un attuale problema ambientale o il futuro emergere di altri problemi. Forniscono ad esempio un'immagine delle possibili condizioni della società e dell'ambiente in assenza di ulteriori politiche ambientali e quindi evidenziano gli interventi necessari per evitare tali condizioni. Mettono in guardia sulla possibilità di effetti cumulativi nel tempo. Aiutano i decisori politici e gli esperti a pensare su larghe scale, sia spaziali che temporali. Li allertano su inaspettati, ma possibili sviluppi dell'ambiente naturale.

Inoltre, vista la diversa forma che possono assumere gli scenari, possono davvero essere uno strumento di informazione a largo spettro, anche per fornire informazione scientifica, diversamente difficilmente comprensibile a tutti. Consentono inoltre di educare un largo spettro di audience.

Esistono diverse tipologie di scenari, utilizzabili anche in maniera combinata. Una classificazione è proposta in Alcamo (2001) e ripresa di seguito.

3.3.1.1 SCENARI QUALITATIVI E SCENARI QUANTITATIVI

Uno scenario di tipo qualitativo descrive il possibile futuro in termini di parole o simboli visivi invece che utilizzando stime numeriche. Possono avere la forma di diagrammi, frasi o bozze, ma solitamente sono redatte sotto forma di una narrativa, la cosiddetta "storyline". Questo tipo di scenario ha il vantaggio di essere in grado di rappresentare contemporaneamente i punti di vista di diversi portatori di interesse ed esperti. Inoltre una storyline ben scritta può essere un mezzo di comunicazione più comprensibile ed interessante rispetto a sterili tabelle di numeri o grafici complessi. Per definizione però, uno scenario qualitativo non può soddisfare la necessità di avere informazioni numeriche.

D'altro canto gli scenari quantitativi forniscono le necessarie informazioni numeriche nella forma di grafici e tabelle. Il loro svantaggio è che, a volte, l'esattezza dei numeri ivi contenuti fa sembrare che la nostra conoscenza del futuro sia maggiore di quanto non sia effettivamente. Un altro svantaggio è che questi scenari sono solitamente basati su risultati di modelli informatici, i quali contengono al loro interno una serie di assunzioni implicite sul futuro. È stato detto che questi modelli tendono a rappresentare solo un punto di vista riguardo a come si dispiegherà il futuro, perciò producono scenari inevitabilmente di vedute limitate. Un altro rovescio della medaglia è che i principi della modellistica sono difficili da comprendere per i non specialisti.

Ci sono anche dei vantaggi nell'utilizzo degli scenari quantitativi basati su modelli.

I modellisti dell'EEA sostengono che le loro assunzioni sul mondo vengono scritte sotto forma di equazioni, input del modello e coefficienti; anche se queste non sono facilmente comprensibili ai non esperti, queste assunzioni sono comunque esplicitate e sono spesso molto più trasparenti rispetto alle assunzioni non documentate e non dette che stanno dietro agli scenari qualitativi.

Oltretutto, la maggior parte delle assunzioni alla base degli scenari quantitativi, solitamente rimane ben fisso nella mente dei portatori di interesse e degli esperti che specificano lo scenario. Un altro vantaggio degli scenari quantitativi basati sui modelli è che questi modelli sono spesso già stati pubblicati nella letteratura scientifica per cui sono già stati soggetti ad un esame scientifico accurato. Da ultimo si può dire che i modelli possono essere utili per verificare la coerenza e la consistenza degli scenari qualitativi.

Esistono quindi argomenti convincenti per l'utilizzo di entrambe queste tipologie di scenari. La scelta può quindi essere fatta anche in base a quali sono gli obiettivi che lo scenario deve raggiungere, oppure possono essere applicati in modo combinato.

Alcuni esempi di scenari costruiti nell'ambito di grandi progetti internazionali sono i seguenti (elenco non completo né esaustivo):

- il "World Energy Council" (World Energy Council, 2007) ha costruito degli scenari di politiche energetiche, in parte qualitativi ed in parte ottenuti con l'applicazione di un modello di calcolo. Ogni scenario è stato identificato con un animale che ne rispecchiasse le principali caratteristiche (Elefante, Leone, Leopardo, Giraffa)(Figura 23):

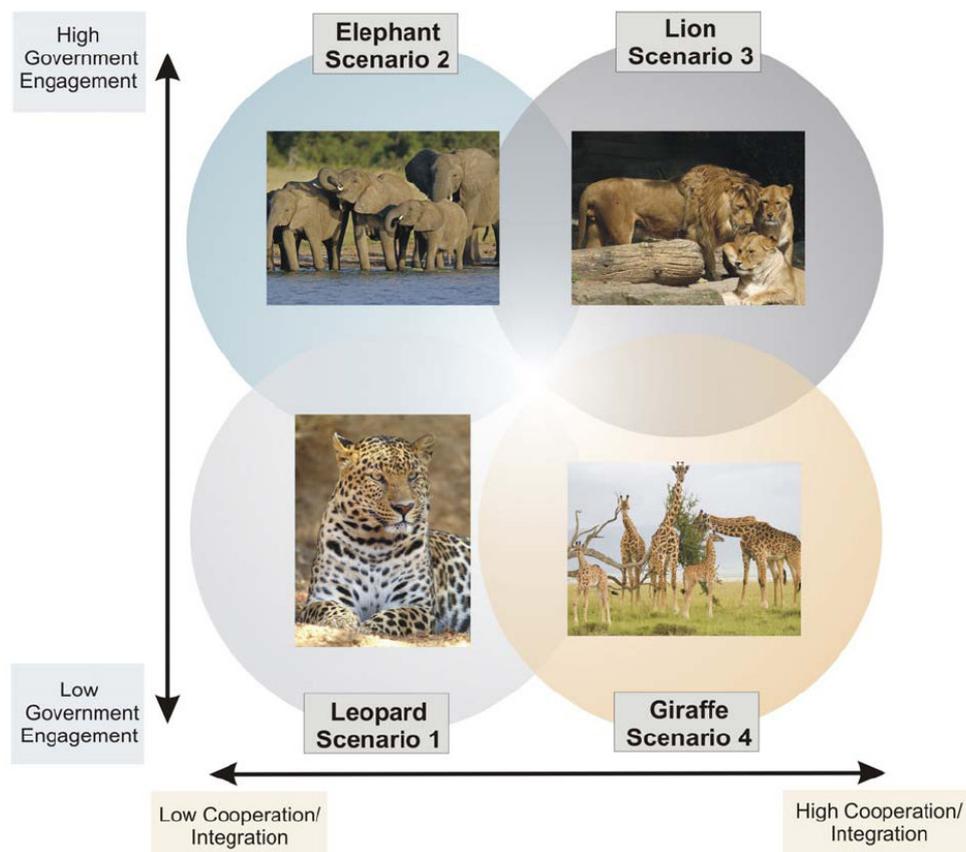


Figura 23. Gli scenari costruiti dal "World Energy Council" (World Energy Council, 2007)

Il leone, un animale estremamente specializzato e sociale, che lancia le sue incursioni solo dopo un'accurata progettazione e con una tecnica estremamente cooperativa, esercitando grande controllo e disciplina, rappresenta un governo forte, con cooperazione forte col vicino e

una integrazione profonda dei settori pubblici e privati, a livello sia nazionale che internazionale.

La giraffa, un animale estremamente adattabile e una creatura indipendente che prospera in un ambiente non strutturato e vede le opportunità a grandi distanze, descrive azioni guidate dal mercato con un minimo coinvolgimento statale ma un alto grado di cooperazione e l'integrazione dei domini pubblici e privati, sia a livello nazionale che nei confini obliqui.

L'elefante, un animale sociale con buona memoria che conta soprattutto sulla propria unità familiare, ben strutturata e con poca cooperazione tra famiglie, caratterizza un governo profondamente coinvolto nelle decisioni, ma con poca cooperazione tra nazioni e integrazione delle sfere pubbliche e private.

Il leopardo, una creatura solitaria che agisce rapidamente in modo isolato e rappresenta risposte energetiche con scarso coinvolgimento del governo e piccola cooperazione e integrazione dei settori pubblici e privati.

Tutti gli scenari del "World Energy Council" prevedono un aumento sostanziale delle esigenze di energia a livello globale (fino al raddoppio rispetto all'attuale), per soddisfare le quali tutte le opzioni energetiche sono prese in considerazione. A seconda dei paesi, il mix energetico viene fatto dipendere dalle risorse interne e dalle opportunità commerciali, il tutto in base ai principi di accessibilità, disponibilità e accettabilità. L'obiettivo generale è quello di una "low carbon economy", ottenuta soprattutto aumentando l'efficienza nella produzione e uso dei combustibili fossili e gestendo le emissioni di GHGs che si generano.

3.3.1.2 SCENARI ESPLORATIVI E SCENARI ANTICIPATIVI

Gli scenari esplorativi, anche detti descrittivi, sono quelli che iniziano dal presente ed esplorano gli andamenti nel futuro. Questo si avvicina molto al significato originale della parola scenario, nel senso che è una sequenza di eventi successivi.

Al contrario, gli scenari anticipativi, anche detti prescrittivi o normativi, iniziano con una determinata visione del futuro (sia ottimistica che pessimistica o neutrale) e lavorano a ritroso per vedere come questo futuro possa essere costruito. I primi sono più utilizzati, forse perché richiedono meno congetture sul futuro rispetto agli scenari anticipativi, o forse perché ci si trova meglio con la progressione in avanti nel tempo, come procedono gli scenari esplorativi piuttosto che nella direzione inversa utilizzata dagli altri.

Anche queste due diverse tipologie di scenari possono essere utilizzate insieme.

Nel "Millennium ecosystem assessment" (Carpenter *et al.*, 2005), sono stati creati quattro scenari esplorativi, per osservare dove possono condurre diverse politiche (Figura 24).

Le principali assunzioni fatte per questi scenari sono legati alla contrapposizione tra globalizzazione e regionalizzazione e tra intervento di protezione degli ecosistemi preventivo o a posteriori. C'è allora lo scenario chiamato "Global orchestration" in cui si ipotizza una

globalizzazione socialmente consapevole, con un' enfasi sull' equità della crescita economica e dei beni pubblici e con una prospettiva di salvaguardia degli ecosistemi a posteriori; c'è lo scenario "Order from strength" che prevede una regionalizzazione, con un' enfasi sulla sicurezza e la crescita economica e con un approccio a posteriori agli ecosistemi; l' "Adapting Mosaic" anch' esso con regionalizzazione, con un' enfasi sulla gestione preventiva degli ecosistemi, l' adattamento locale e un governo flessibile; infine il "TechnoGarden" globalizzato, con un' enfasi sullo sviluppo di tecnologie per realizzare miglioramenti ambientali e con un approccio preventivo agli ecosistemi.

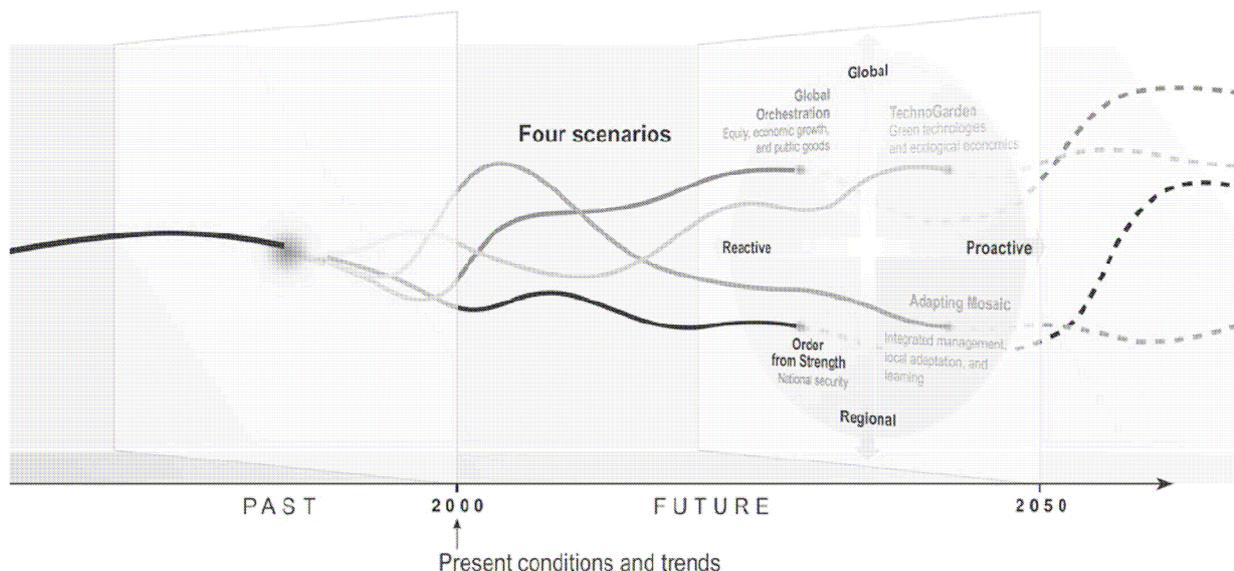


Figura 24. Gli scenari del "Millennium Ecosystem Assessment"

3.3.1.3 SCENARI DI RIFERIMENTO E SCENARI POLITICI

Lo scenario di riferimento, anche detto di non intervento o baseline, presenta il futuro stato della società e dell'ambiente, nel quale certe politiche non esistono o non hanno influenza evidente sulla società o sull'ambiente stessi. Possono essere usati per determinati scopi quali: la valutazione delle conseguenze delle politiche attuali o dell'assenza di nuove politiche di intervento, il tenere in considerazione delle incertezze dei forzanti o delle condizioni ambientali, ecc...

In realtà è molto più difficile di quanto si pensi concepire un mondo senza politiche, perché queste permeano la società e agiscono sia direttamente che indirettamente sulla società e sulla natura.

Un altro punto importante da tenere a mente sugli scenari di riferimento è che i forzanti possono anche prendere direzioni diverse, per cui conviene sviluppare multipli scenari di riferimento che riflettano le diverse tendenze, alcune della quali avranno minor probabilità, altre maggiori. Ovviamente sviluppare scenari diversi impiega tempo e risorse, quindi il numero di scenari necessari andrà scelto in funzione delle risorse a disposizione, ma anche in funzione

dell'orizzonte temporale coperto dallo scenario e della copertura spaziale o della diversità dei soggetti e delle interazioni tra loro. Occorre anche considerare che all'aumentare del numero degli scenari da confrontare diventa poi difficile la chiarezza nel presentarli ai portatori di interesse e potrebbe emergere confusione eccessiva. Deve essere trovato l'equilibrio in base alla specifica situazione considerata.

Gli scenari politici descrivono, invece, gli effetti futuri delle politiche applicate. Sono anche detti di intervento o di mitigazione. Gli scopi di questi possono essere: identificazione di politiche adatte a raggiungere specifici traguardi o a rispettare specifiche norme, esaminare gli impatti economici e ambientali di una certa politica, tenere in considerazione le incertezze delle condizioni ambientali future e dei forzanti ambientali. Anche per questa tipologia di scenari il numero di scenari non deve essere eccessivo, altrimenti si rischia di fornire ai decisori più informazioni di quante questi siano in grado di gestire.

3.3.1.4 FASI DELLA COSTRUZIONE DI SCENARI

In un approccio basato su una narrativa e su modelli di simulazione è possibile combinare informazioni qualitative e quantitative.

Per sviluppare uno scenario di questo tipo occorre procedere con le seguenti operazioni (Alcamo, 2001):

- stabilire la squadra di coordinamento e la squadra creativa che si occupi di prendere in considerazione tutte le viste possibili;
- conoscere gli obiettivi che lo scenario si prefigge e redigere una prima traccia dello scenario;
- in base agli obiettivi occorre delineare lo storyline iniziale;
- in base alla narrativa devono essere assegnati valori quantitativi ai forzanti dello scenario;
- tramite i modelli si quantificano gli indicatori dello scenario, sulla base dei forzanti individuati;
- da un primo report dei risultati ottenuti tramite il modello occorre rivedere, risistemare la narrativa;
- questi ultimi tre punti vengono reiterati fino a che risulta essere necessario;
- quando modelli e storyline sono consistenti questi possono essere presentati ai portatori di interesse, al pubblico o ai cittadini per apportare ulteriori modifiche o miglioramenti;
- si giunge quindi alla versione finale dello scenario.

Gli elementi principali che sono presenti in uno scenario sono:

- la descrizione dei passi chiave dei cambiamenti futuri della società;
- la descrizione dei forzanti, ovvero dei fattori o determinanti che influenzano i cambiamenti chiave che caratterizzano lo scenario;
- l'anno base, ovvero l'anno iniziale da cui si parte nell'elaborare lo scenario;

- l'orizzonte temporale e il passo temporale. L'orizzonte temporale indica l'anno più lontano compreso nello scenario. La scelta di un appropriato orizzonte temporale per uno scenario dipende fortemente dagli obiettivi dello scenario. In funzione dell'intero arco temporale scelto, si sceglie un appropriato passo temporale anche in funzione dello sforzo analitico necessario a descrivere ogni passo.
- la narrativa, ovvero una descrizione narrativa dello scenario che sottolinea le sue caratteristiche principali e le relazioni tra i forzanti dello scenario e le sue principali caratteristiche principali.

3.3.1.5 CARATTERISTICHE DI UN BUONO SCENARIO

La prima e principale caratteristica di un buono scenario è che raggiunga gli obiettivi per cui è stato creato.

Una caratteristica più pragmatica è che questo sia ben documentato, così che i revisori e gli utilizzatori abbiano sufficienti informazioni per comprenderne le assunzioni e i messaggi; la comprensione dipende, oltre che dalla buona documentazione, anche dalla trasparenza di uno scenario, altra caratteristica molto importante. Un buono scenario deve anche essere plausibile, o comunque non inverosimile. In altre parole, uno scenario non deve essere facilmente smontabile da esperti e decisori politici. La plausibilità di uno scenario dipende dalla sua consistenza interna, altra caratteristica importante.

Nonostante il fatto che un buono scenario deve essere plausibile, potrebbero presentarsi situazioni in cui può essere in conflitto con le idee, le credenze, il normale buonsenso, aumentando così la difficoltà di comprensione degli esperti e dei decisori politici. (Ad esempio sottolineando conseguenze con bassa probabilità di accadere, ma con grandissimi effetti.)

3.3.2 LEAP - LONG-RANGE ENERGY ALTERNATIVES PLANNING SYSTEM

Il sistema di Pianificazione di Alternative di Energia a Lungo termine (LEAP) è uno strumento per creare scenari riguardanti l'energia e l'ambiente.

Questo software è stato prodotto dal "Beijer Institute's Kenya Fuelwood Project" nel 1980, successivamente è stato sviluppato e migliorato fino ad arrivare a questa ultima versione del SEI, ("Stockholm Environment Institute"), nel 2001, che è stata poi diffusa tramite internet e che oggi ha migliaia di utilizzatori in tutto il mondo, sia in paesi sviluppati che in via di sviluppo. Attualmente il sito di riferimento per il software e tutto il materiale che lo riguarda è quello della COMMEND ("COMMunity for ENergy environment & Development") <http://www.energycommunity.org>

Gli scenari analizzati dal LEAP considerano tutte le modalità con cui l'energia può essere consumata, convertita e prodotta in una determinata regione o economia, sotto una serie di

assunzioni alternative riguardanti la popolazione, lo sviluppo economico, la tecnologia, il prezzo e così via.

LEAP ha una struttura di dati molto flessibile, lasciando così spazio all'analisi specifica della tecnologia e dell'uso finale desiderato, secondo le necessità dell'utente.

Con LEAP, l'utente può costruire sofisticate simulazioni e strutture di dati, ma può anche partire da una analisi semplice che richieda pochi dati iniziali, e che viene poi arricchita in un processo iterativo di lavoro col software. Ad esempio, LEAP prevede la possibilità di inserire sia dati energetici che dati economici, ma le previsioni sugli aspetti energetici ed ambientali possono essere ottenute anche prima che i dati sui costi siano inseriti. Inoltre il software contiene già un "Technology and Environmental Database" (TED) che contiene dati su tecnologie per la produzione ed il consumo di energia, oltre a fattori di emissione, i costi, gli impatti ambientali. TED copre le tecnologie esistenti, le attuali migliori pratiche e i dispositivi di "nuova generazione". Sono presenti anche altri database riguardanti Combustibili, Effetti sull'ambiente, Unità di misura e Riferimenti.

Questi database di supporto contengono dati forniti da IPCC ("Intergovernmental Panel on Climate Change"), IEA ("International Energy Agency") e l' "US Department of Energy", rielaborati dal SEI, che ha prodotto questo software.

Diversamente da modelli macroeconomici, inoltre, LEAP non tenta di valutare l'impatto di politiche energetiche sul livello di occupazione o sul PIL, anche se tali modelli possono essere utilizzati a fianco di LEAP.

LEAP non genera automaticamente la condizione ideale o gli scenari che garantiscano l'equilibrio del mercato, ma può essere usato per identificare gli scenari coi minimi costi.

Gli importanti vantaggi di LEAP sono la sua flessibilità e facilità di utilizzo che permettono ai decisori di muoversi rapidamente dalle ipotesi delle politiche all'analisi delle politiche, senza dovere ricorrere a modelli più complessi.

LEAP serve a diversi scopi:

- come database, offre un sistema completo per contenere le informazioni del settore energetico;
- come strumento di previsione, abilita l'utente a fare proiezioni di approvvigionamento e richiesta di energia su un orizzonte di pianificazione a lungo termine;
- come strumento di analisi di politiche, simula e stima gli effetti fisici, economici e ambientali di programmi, investimenti ed azioni di energia alternativi.

Si può utilizzare LEAP per proiettare l'approvvigionamento di energia e la situazione della domanda per dare uno sguardo a modelli futuri, per identificare problemi potenziali e stimare gli impatti probabili delle politiche energetiche.

LEAP può esaminare una grande varietà di progetti, programmi, tecnologie e altre iniziative per arrivare alle strategie migliori per rispondere ai problemi ambientali ed energetici.

3.3.2.1 STRUTTURA DEI DATI

Usando LEAP, si possono costruire scenari che vengono poi confrontati tra loro per stimare la richiesta di energia, i costi e i benefici sociali e gli impatti ambientali.

Tutti gli scenari cominciano da un anno base comune, per il quale si inseriscono i dati (“Current Accounts”).

I dati sono organizzati nelle categorie:

- Assunzioni chiave: variabili indipendenti che possono essere utilizzate per fare calcoli in uno degli altri rami dell’albero. Queste assunzioni sono immesse dall’utente;
- Domanda di energia, dove viene creata la struttura disaggregata della propria analisi energetica;
- Trasformazioni di energia, dove viene creata la struttura della propria analisi delle Trasformazioni. Queste analisi simulano la conversione e il trasporto di forme di energia dal punto di estrazione di risorse primarie e dei combustibili importati fino al punto in cui avviene il finale consumo di combustibile. I dati di trasformazione sono definiti a due livelli principali di dettaglio. Il livello di Modulo rappresenta industrie o settori energetici come la generazione di elettricità, la raffinazione o la produzione di carbone. Sotto ogni modulo, si descrivono i processi individuali all’interno di un modulo, come ad esempio gli impianti di produzione di energia elettrica o le raffinerie di lubrificanti, ed i combustibili prodotti dal modulo. Per ogni processo, si definiscono i dati della Tecnologia, come ad esempio la quantità di combustibile necessaria in ogni processo, la capacità, l’efficienza, i fattori di capacità, i costi fissi e di manutenzione e i fattori di emissione;
- Risorse energetiche, dove si crea una struttura di dati per riflettere la produzione di risorse locali e l’importazione ed esportazione di combustibili secondari;
- Settore non energetico;
- Indicatori.

In Figura 25.è riportata la struttura gerarchica ad albero, con i rami aggiuntivi inseriti per il caso studio della Provincia di Ravenna.

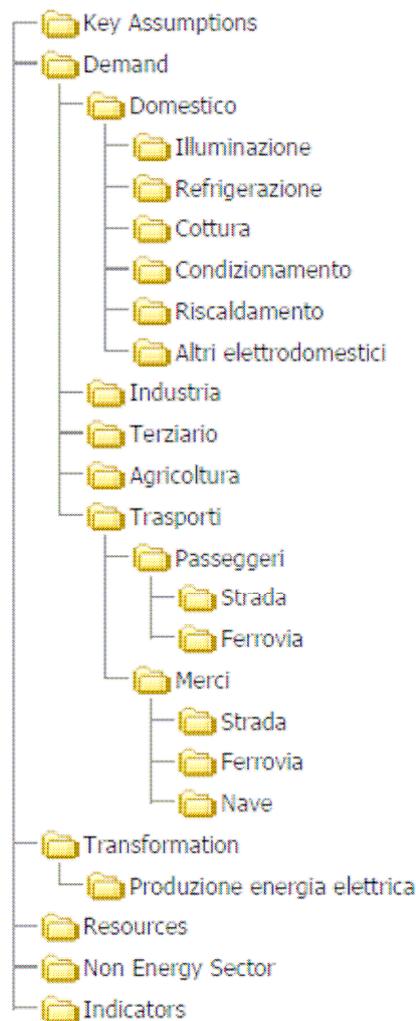


Figura 25: LEAP - struttura ad albero per la Provincia di Ravenna.

Il tipo di dati da inserire in ogni ramo dipende dal tipo del ramo stesso, dalla sua posizione nell'albero (ad esempio se è nel ramo Domanda o Trasformazioni) e dalle proprietà inserite per quel ramo.

L'albero appare nelle schermate di Analisi, dei Risultati e delle Note, che sono 3 delle 8 possibili schermate in cui è possibile inserire o osservare i dati e i risultati del software, questo albero permette così di avere un contorno gerarchico che organizza e compila la principale struttura dei dati di un'analisi con LEAP.

Nella schermata di Analisi (Figura 26) si può costruire la struttura dell'albero scegliendo quindi le voci necessarie per la costruzione del proprio scenario e si possono selezionare i dati da visualizzare e compilare. Un esempio è mostrato in Figura 27.

Nella schermata dei Risultati usando la struttura ad albero si può accedere ai vari risultati calcolati per ogni diverso ramo dell'albero (ad esempio la richiesta di energia in un particolare settore o la produzione di elettricità nei diversi impianti).

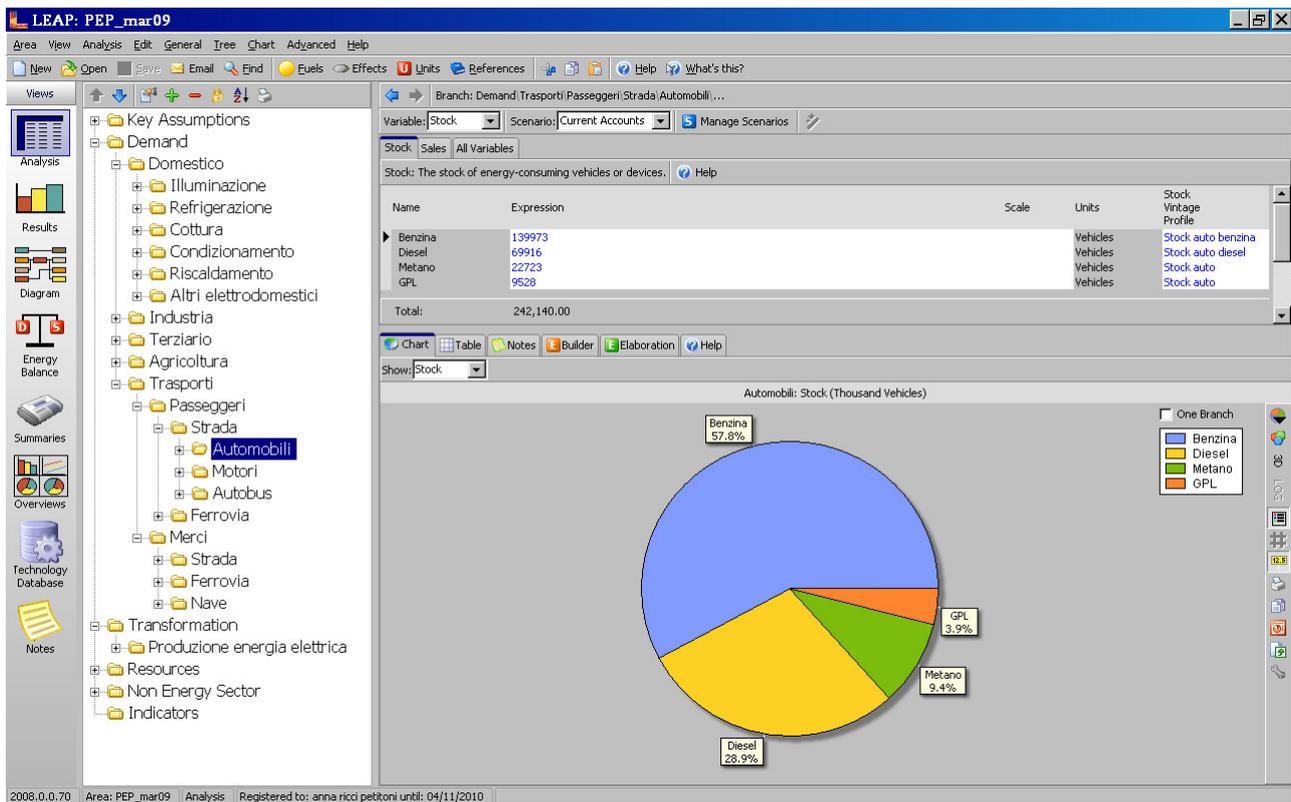


Figura 26: Schermata di analisi del software LEAP

I diversi tipi di rami dell'albero che sono rappresentati con icone diverse sono i seguenti:

- rami di categoria 📁: sono il tipo più comune di ramo. Sono usati principalmente per organizzare gli altri rami in strutture di dati gerarchiche. Per esempio, nell'analisi della domanda, si può creare un set di settori, sottosectori e usi finali nei quali si inseriscono i diversi dispositivi che utilizzano energia che si vogliono inserire nel modello. Nei rami della Domanda queste strutture di dati sono molto flessibili. Si può creare qualsiasi numero di livelli di rami e si può utilizzare un diverso numero di livelli nei diversi settori. Nei rami di Trasformazioni, le categorie sono usate per indicare il principale modulo di conversione di energia, come la generazione elettricità, la produzione di carbone o la raffinazione e per organizzare i vari processi e combustibili in ogni modulo. Si noti che in questi rami manca la flessibilità nella disaggregazione dei dati che si aveva nei rami della Domanda. Nei rami di Risorse, le categorie sono usate per organizzare le risorse in risorse primarie e combustibili secondari.

- rami di tecnologia ⚙️: sono rappresentati da una piccola icona o forma di ruota di ingranaggio, grigia. Nell'albero della Domanda sono usate per rappresentare le apparecchiature che consumano l'energia e sono associate ad un particolare combustibile.

Nell'albero di Trasformazioni, questi rami sono usati per indicare i processi: le tecnologie individuali o i gruppi di tecnologie all'interno di un modulo che sono responsabili della conversione o del trasporto di energia, come un particolare impianto di produzione di energia elettrica o una raffineria di petrolio.

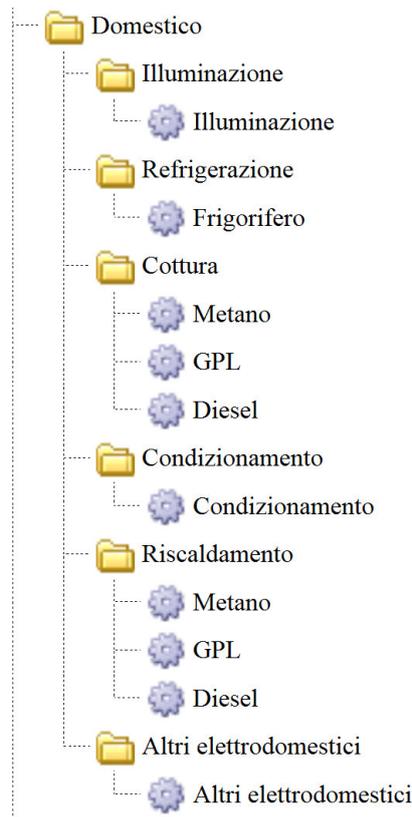


Figura 27: Rami di categoria del settore domestico della Provincia di Ravenna, ognuno con i propri rami di tecnologia.

- rami di usi finali: possono essere creati solamente nell'albero della Domanda. Sono usati per indicare un ramo nel quale le intensità di energia sono specificate per un uso finale aggregato, piuttosto che essere associate ad uno specifico combustibile o ad una specifica apparecchiatura.
- rami di assunzioni chiave : sono usati per indicare variabili indipendenti dal tempo. (es. PIL, produzione industriale, popolazione, consumo, investimenti, ecc..).

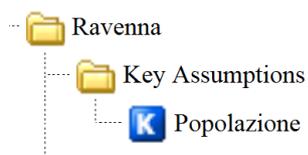


Figura 28: Assunzioni chiave per la Provincia di Ravenna

- rami di combustibile : sono rappresentati da un piccolo sole (Figura 29). Nell'albero delle Trasformazioni indicano i vari combustibili prodotti da ogni modulo di trasformazione. Nell'albero delle Risorse, indicano le risorse primarie e i combustibili secondari prodotti, importati ed esportati nella propria area.

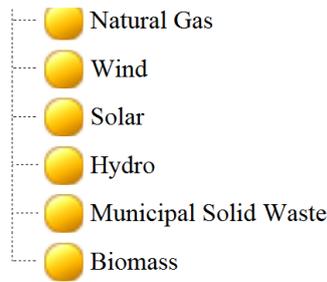


Figura 29: Rami delle risorse primarie utilizzate in Provincia di Ravenna

- rami di effetti sull'ambiente: sono rappresentati da una nuvola grigia (Figura 30).

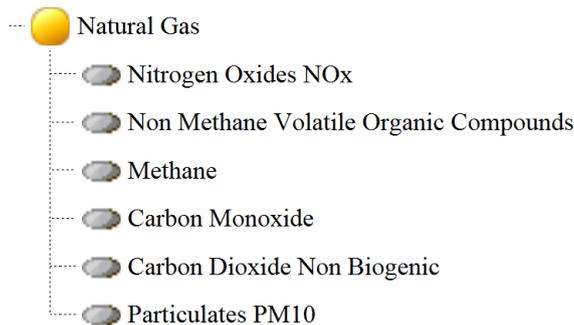


Figura 30: Rami di effetti sull'ambiente per il gas naturale

3.3.2.2 TIPOLOGIE DI ANALISI

Si possono condurre diverse analisi sui sistemi energetici usando LEAP: l'analisi della Domanda, l'analisi delle Trasformazioni, l'analisi delle Risorse e l'analisi ambientale. Tutte queste analisi possono essere combinate insieme in LEAP conducendo una Pianificazione Integrata di Energia (IEP) e una analisi di mitigazione dei gas serra, entrambe le quali sono basate su analisi integrate dei costi-benefici sociali.

3.3.2.2.1 *Analisi della Domanda*

L'analisi della domanda è basata su un approccio disaggregato che riguarda gli usi finali per modellizzare il consumo finale di energia in un'area. Si possono utilizzare informazioni economiche, demografiche e degli utilizzi di energia per costruire scenari alternativi che esaminano come il consumo finale dei combustibili evolve col tempo in tutti i settori dell'economia, sia come consumi disaggregati che come consumi totali.

Si possono esaminare anche i costi e le implicazioni ambientali di ogni scenario.

L'analisi della domanda energetica è anche il punto di partenza per condurre poi una analisi integrata, dato che i calcoli per le analisi delle Trasformazioni e delle Risorse sono guidati dal livello della domanda finale di energia calcolata nell'analisi della domanda.

La struttura dei dati è molto flessibile, solitamente comprende i seguenti settori: domestico, industria, trasporto, commercio e agricoltura, ognuno dei quali è diviso in sottosectori diversi con i propri usi finali e apparecchiature, che utilizzano diversi combustibili.

Si può quindi adattare la struttura dei dati ai propri scopi, anche in base alla disponibilità dei dati, al tipo di analisi che si vuole condurre e alle unità di misura preferite.

I livelli di disaggregazione in ogni settore possono essere diversi.

Inoltre, si possono scegliere diverse metodologie per analizzare la domanda di energia.

Le metodologie disponibili sono indicate in seguito (Figura 31).

- **Analisi del Livello di attività**, che consiste o nell'analisi della Domanda Finale di Energia, o nell'analisi della Domanda di Energia Utilizzata nelle quali il consumo di energia è calcolato come il prodotto del livello di attività e l'intensità energetica (uso di energia per unità di attività). Per il calcolo della domanda vengono quindi moltiplicati i livelli di attività per le intensità energetiche di ogni attività (energia per unità di attività). Ogni livello di attività e intensità energetica possono essere proiettate individualmente nel futuro secondo un varietà di tecniche, dalla semplice crescita esponenziale e all'utilizzo di funzioni di interpolazione fino a tecniche di modellistica sofisticate, incorporate in LEAP. Questo è il metodo che è stato prevalentemente utilizzato nel caso studio della Provincia di Ravenna;
- **Analisi degli Stock**, nella quale il consumo di energia è calcolato analizzando le scorte future e attuali delle apparecchiature energivore, e l'intensità energetica annuale di ogni apparecchiatura (definito come energia per apparecchiatura).
- **Analisi dei Trasporti**: nella quale il consumo di energia è calcolato come il prodotto del numero di veicoli, la distanza in km medi all'anno (es. distanza percorsa per veicolo) e il consumo di combustibili dei veicoli (es. litri per km).

Si possono mescolare e accoppiare queste metodologie diverse allo stesso insieme di dati: per esempio applicando l'analisi della domanda di energia utilizzata per l'analisi del riscaldamento industriale e commerciale e applicando invece l'analisi della domanda finale di energia per tutti gli altri settori.

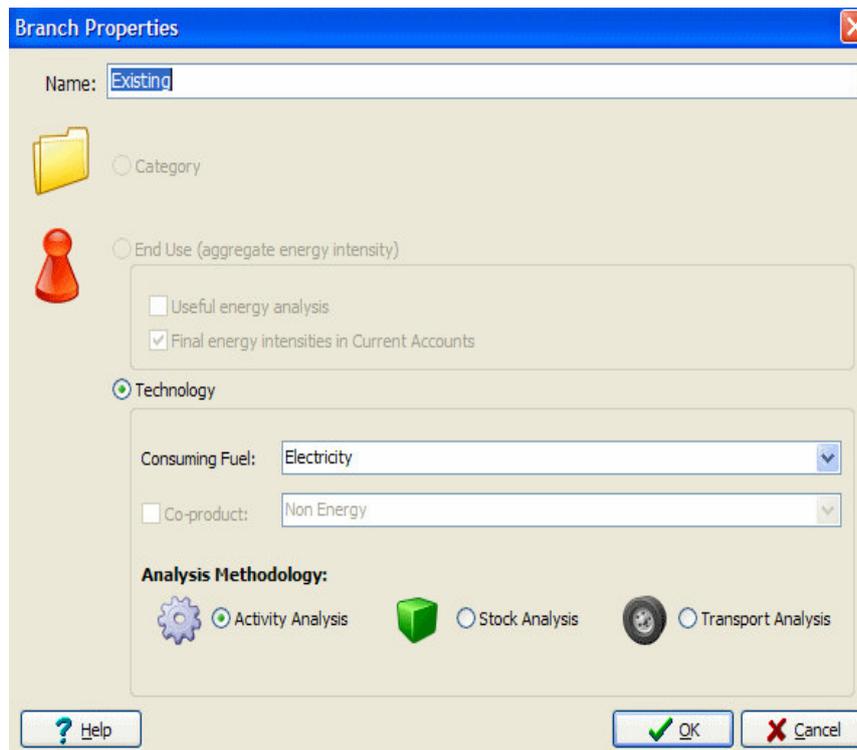


Figura 31: Schermata per la scelta del tipo di analisi da effettuare in LEAP

Per quanto riguarda i costi, possono essere specificati negli scenari della Domanda i costi del capitale fisso, i costi di manutenzione e amministrativi. Questi costi sono usati nell'analisi costi-benefici di LEAP, per aiutare a valutare le diverse politiche e misure scelte. Possono essere specificati i costi per ogni ramo della domanda.

Generalmente si specificano i costi per ogni tecnologia, ma anche a livelli più alti di aggregazione, per esempio i costi di un programma di gestione di un settore della domanda. Si tenga presente che per un'analisi comparata di scenari, occorre digitare i costi per i rami in cui le attività o le intensità energetiche cambiano rispetto ai valori dell'anno di riferimento.

LEAP offre quattro metodi diversi per specificare i costi della domanda.

1. **Costi di Attività:** Questo è il metodo di valutazione dei costi predefinito. Permette di specificare i costi per unità di attività (es. i costi per il settore residenziale o i costi per passeggero-km nel settore dei trasporti). Questo metodo è semplice, perché non richiede dati supplementari (oltre al costo e al livello di attività). In casi in cui la variabile del livello di attività non coincide con il numero fisico di apparecchiature che influenzano i costi, si possono inserire i costi annuali per apparecchiatura moltiplicati per il numero di apparecchiature per attività (per esempio il numero di lampadine per famiglia). Il valore che è usato nei calcoli di LEAP è il seguente:

$$Costi_{s,t} = Costi\ dell'attività_{s,t} \times Livello\ di\ attività_{s,t}$$

2. **Costi Per Apparecchiatura Venduta:** Questo metodo permette di localizzare il costo di apparecchiature nuove o di sostituzione, e per questa ragione tende ad essere più

accurato (anche se richiede più dati) rispetto all'approccio precedente. Il valore usato nei calcoli di LEAP è il seguente:

$$Costi_{s,t} = Costi \text{ per } Apparecchiatura \text{ Venduta}_{s,t} \times Apparecchiature \text{ Vendute}_{s,t}$$

3. **Totale Costi:** In alcuni casi si vuole semplicemente specificare un costo annuale totale per ogni ramo della domanda. In queste situazioni, si può scegliere il metodo di Costo Totale e digitare l'espressione del costo annuo totale usando l'AnnualizedCost, che è una funzione di LEAP. Questo metodo per calcolare i costi può essere particolarmente utile quando si vuole specificare un programma complessivo di amministrazione dei costi nei rami più alti della propria analisi.
4. **Costi di Energia Risparmiata:** esprime il costo incrementale del risparmio di energia per una apparecchiatura, relativo all'energia usata nello scenario di riferimento. Questo metodo permette di comparare direttamente i costi di investimenti per migliorare l'efficienza dell'utilizzo di energia con quelli degli investimenti per l'approvvigionamento di energia secondo metodi convenzionali ed è più adatta quando si sta cambiando l'intensità energetica di una particolare apparecchiatura in un determinato scenario, per riflettere quindi i miglioramenti di efficienza. Quando i costi sono specificati relativamente all'intensità dell'anno comune di riferimento (Current accounts) i calcoli sono i seguenti:

$$Costi_{s,t} = Costo \text{ Energia Risparmiata}_t \times Livello \text{ di Attività}_{s,t} \times (Intensità \text{ energetica } o - Intensità \text{ energetica}_{s,t})$$

3.3.2.2 Analisi delle trasformazioni

In un'analisi delle Trasformazioni, viene simulata la conversione e il trasporto delle forme di energia dal punto di estrazione delle risorse primarie e dei combustibili importati fino al punto del consumo finale del combustibile. Come con l'analisi della domanda, possono essere creati scenari alternativi per rappresentare diverse configurazioni del sistema di Trasformazioni future che riflettono le diverse assunzioni delle diverse politiche o le diverse tecnologie utilizzabili.

I calcoli delle trasformazioni sono guidati dai risultati dell'analisi della domanda. I moduli successivi infatti, soddisfano la richiesta di combustibile della domanda ma creano anche una richiesta di combustibile in ingresso. Viene quindi calcolato per ogni modulo il set di risorse primarie necessarie (fonti fossili e rinnovabili) e di combustibili da importare.

I dati generali di un'analisi delle Trasformazioni sono strutturati come mostrato in Figura 32 e sono strutturati nelle seguenti categorie:

- **Moduli:** Un modulo è un ramo che rappresenta un settore di conversione di energia come la generazione di elettricità, la raffinazione del petrolio, la produzione di carbone, la trasmissione e distribuzione di energia, ecc.. L'ordine dei moduli influenza i calcoli. L'energia

fluisce dalle risorse primarie attraverso ognuno dei moduli di Trasformazione, fino al consumo nelle apparecchiature elencate nell'analisi della domanda.

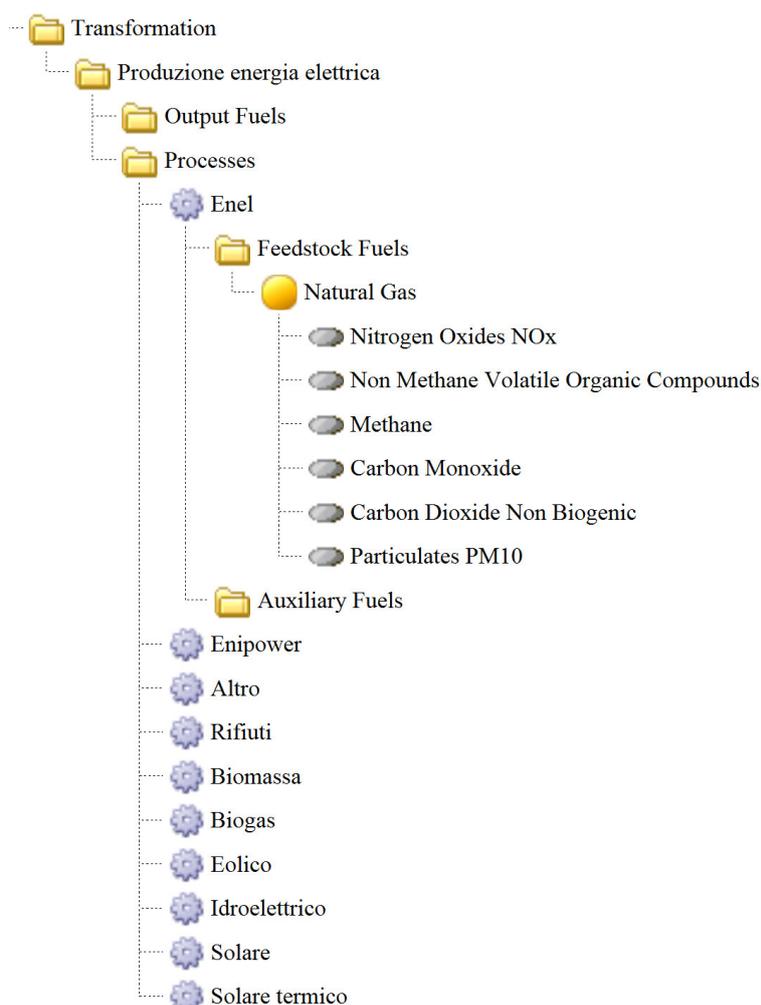


Figura 32: Albero del ramo di trasformazione della Provincia di Ravenna

- **Processi:** Sotto ogni modulo, si può creare qualsiasi numero di processi. I processi rappresentano le tecnologie individuali che convertono energia da una forma ad un'altra o emettono o distribuiscono energia, come impianti singoli o gruppi di impianti. I processi sono raggruppati sotto un unico ramo di categoria. Per ogni processo, si definiscono i dati della tecnologia come ad esempio la capacità, l'efficienza, i fattori di capacità, il capitale fisso e i costi di funzionamento e manutenzione.
- **“Feedstock Fuels”:** Ogni processo ha uno o più combustibili di “feedstock”. I “feedstocks” sono i combustibili convertiti all'interno del processo stesso, l'efficienza di un processo è definita come il rapporto del contenuto di energia totale di tutti i combustibili prodotti dal processo diviso il contenuto di energia totale di tutti i combustibili di “feedstock” consumati.

- Combustibili ausiliari: Ogni processo può avere uno o più combustibili ausiliari. I combustibili ausiliari sono usati per rappresentare il consumo del processo stesso di Trasformazione, come l'elettricità usata in un impianto di raffinazione del petrolio.
- Combustibili prodotti: Ogni modulo ha uno o più combustibili prodotti. I processi tentano di soddisfare la richiesta di combustibili del sistema inserito.

3.3.2.2.1 Costi di trasformazione

Si possono digitare i costi per ogni processo. Comunque si tenga presente che per un'analisi comparata di scenari, occorre digitare i costi per i processi che differiscono in termini di consumo o produzione di energia dallo scenario di riferimento (Baseline).

Tre tipi diversi di costi possono essere specificati in un'analisi delle Trasformazioni:

- Capitale fisso: il costo capitale per unità di capacità di ogni processo. I costi del capitale fisso sono riferiti ad uno stesso anno e sono usati per i calcoli dell'analisi costi-benefici, basata anche sulla durata di vita degli impianti e sul tasso di interesse addebitato sul costo di capitale.

La formula usata è:

$$\text{AnnualizedCost} = \text{Costi totali} \times \text{CRF}$$

$$\text{Dove } \text{CRF} = i \times k / (k - 1)$$

$$\text{Dove } k = (1 + i)^n$$

i = tasso di interesse

n = la durata di vita dell'impianto

- Spese di funzionamento e di manutenzione: Si possono inserire i costi di funzionamento fissi e variabili e i costi manutenzione (O&M). I costi fissi sono inseriti per unità di capacità. I costi variabili sono inseriti per unità di energia prodotta.
- Costo dei combustibili: I costi dei combustibili si usano solamente se si sceglie di ordinare i processi secondo i costi di ogni modulo. Per evitare che i costi ed i benefici dei combustibili siano conteggiati più volte, questi costi non vengono considerati nei calcoli dell'analisi costi-benefici di LEAP.

3.3.2.2.2 Carichi sull'ambiente

Tutte le apparecchiature nell'analisi della Domanda, ed ogni feedstock fuel, combustibile ausiliario e combustibile prodotto nell'analisi delle Trasformazioni sono fonti potenziali di inquinamento ambientale.

Ogni fattore di carico sull'ambiente è specificato come un effetto (es. un'emissione di sostanza inquinante) per unità di energia consumata o energia prodotta o per unità di distanza percorsa dai veicoli.

3.3.2.2.3 *Analisi delle risorse*

L'analisi delle risorse in LEAP considera la disponibilità di risorse primarie, incluse sia le fonti fossili che le fonti rinnovabili, così come le informazioni sui costi di produzione locale, di importazioni ed esportazioni di risorse primarie e dei combustibili secondari.

I rami dell'albero delle risorse sono suddivisi sempre in due categorie: risorse primarie e combustibili secondari ed i rami sotto queste due categorie sono generati automaticamente ed aggiornati direttamente da LEAP con i combustibili consumati e prodotti nelle categorie precedenti.

I dati da inserire per le risorse sono diversi a seconda che siano fossili o rinnovabili.

Per le risorse fossili si inseriscono i dati relativi alla riserva disponibile totale, mentre per le forme di energia rinnovabili si inseriscono i dati di energia annuale disponibile.

3.3.2.2.4 *Analisi costi-benefici*

Si può usare LEAP per compiere l'analisi dei costi-benefici sociali e l'analisi integrata sugli scenari creati. C'è una Vista Riassuntiva per paragonare i costi-benefici di ogni scenario.

L'analisi costi-benefici di LEAP calcola i costi di ogni parte del sistema energetico: il capitale, le spese di manutenzione e conduzione, l'acquisto e l'utilizzo delle tecnologie elencate nel sistema, nei rami della domanda e delle trasformazioni; i costi di estrazione delle risorse primarie e dei combustibili che vengono importati e i benefici dell'esportazione dei combustibili. In più si può ampliare l'analisi considerando le esternalità ambientali, assegnando costi all'emissione di sostanze inquinante ed ad ogni altro impatto diretto sociale o ambientale del sistema energetico.

Quando si comparano gli scenari, è importante che solamente gli scenari con le stesse assunzioni economiche siano confrontati.

L'analisi costi-benefici è basata sui costi sociali delle risorse, non sui prezzi finali di energia del consumatore.

I costi sociali e i prezzi non sono uguali. Per esempio, il prezzo dell'elettricità è diverso dai costi della produzione di elettricità, a causa di sussidi, trasferimenti di pagamenti e distorsioni di mercato.

L'analisi costi-benefici in LEAP non fornisce un'analisi finanziaria completa.

Aiuta invece, ad identificare una serie di scenari di politiche socialmente accettabili.

LEAP include tutti gli elementi di costo seguenti:

- Costi della domanda (esprese come il totale dei costi, costi per unità di attività, o i costi di energia risparmiata relativi ad ogni scenario).
- Costi del capitale di trasformazioni.
- Costi fissi e variabili di funzionamento e manutenzione.
- Costi delle risorse locali.

- Costi dei combustibili importati.
- Benefici dei combustibili esportati.
- Costi delle esternalità per le emissioni di sostanze inquinanti
- Altri costi definiti dall'utente, come i costi di amministrazione di un programma di efficienza energetica.

Nella vista di Sommario si visualizza il Valore Attuale Netto (NPV) di ogni scenario relativo ad un altro scenario selezionato. Il NPV è la somma di tutti i costi e benefici scontati in uno scenario meno quelli di un altro scenario (sommando tutti gli anni dell'analisi).

3.4 RISULTATI

3.4.1 SITUAZIONE ATTUALE

Nel caso studio della Provincia di Ravenna, nella categoria “Key Assumptions” sono stati inseriti solo i dati relativi alla popolazione (373446 persone al 2006) e al trend di crescita della popolazione stessa (+1.2% annuo).

3.4.1.1 DOMANDA - “CURRENT ACCOUNTS”

La caratterizzazione del sistema della domanda energetica della provincia di Ravenna ha preso in considerazione i diversi settori che lo compongono: il settore domestico, industriale, terziario, dell'agricoltura e infine dei trasporti.

Tutti i dati inseriti vengono riferiti al 2006, che rappresenta quindi l'anno di riferimento, il “current accounts”.

3.4.1.1.1 *Settore domestico*

La valutazione del livello di attività del settore domestico si basa sul numero di appartamenti e sulla popolazione residente. Questo valore è stato stimato a partire dai dati del censimento dell'Istat del 2001, che dichiarava un numero di abitazioni pari a 181168 nel 2001, per una popolazione totale di 347847, da cui si ottiene un valore di residenti per abitazione di 1.92.

Partendo dalla popolazione del 2006, pari a 373446, e dividendo per il valore di residenti per abitazione trovato prima, si ottiene un valore pari a 194501 abitazioni che nel software è stato arrotondato a 195000. A questo si associa il tasso di crescita delle abitazioni, che dal 2000 al 2006 si assesta all'1.37% annuo.

La domanda energetica per questo settore è stata poi scorporata in 6 usi finali che sono: l'illuminazione, la refrigerazione, la cottura, il condizionamento, il riscaldamento e infine una voce che comprende gli altri elettrodomestici (lavatrice, lavastoviglie, televisore, computer, videoregistratore, aspirapolvere, ecc...)

Per quanto riguarda le intensità energetiche di ogni uso finale sono stati considerati valori medi provenienti da diverse fonti, schematizzati in Tabella 18 insieme ai livelli di attività inseriti.

Uso finale	Consumi (Unità di misura	Livello di attività
Illuminazione	375	(kWh/anno*device)	15 device/abitazione
Refrigerazione	800	(kWh/anno*device)	1 device/abitazione
Cottura	600	(kWh/anno*edificio)	99% edifici: metano 1% edifici: GPLe gasolio
Condizionatori	200	(kWh/anno*device)	0.1 device/edificio
Riscaldamento	15000	(kWh/anno*edificio)	99% edifici: metano 1% edifici: GPLe gasolio
Altri elettrodomestici	1100	(kWh/anno*device)	1 device/abitazione

Tabella 18: Intensità energetica e livello di attività per i diversi settori della Domanda (Ricci Petitioni, 2008).

Per quanto riguarda il riscaldamento, è stata ipotizzata una superficie media di 100 m² ad abitazione ed un consumo di 150 kWh/m² all'anno.

Per quanto riguarda i vettori utilizzati per il riscaldamento e la cottura in provincia di Ravenna, sono state utilizzate le percentuali individuate da una precedente tesi (Presicce, 2007) riguardante le emissioni di inquinanti atmosferici in area urbana da parte degli impianti di riscaldamento: il caso di Ravenna: per il 99% viene utilizzato il metano, poi per lo 0,63% il GPL e il restante 0.37% il gasolio.

Nel software è possibile anche attribuire ad ogni uso finale le emissioni relative. Questo è stato fatto per il riscaldamento e per la cottura che non utilizzano elettricità.

Le emissioni per l'elettricità sono infatti attribuite al sistema di produzione dell'elettricità, non al suo utilizzo, fanno quindi parte del ramo trasformazioni, analizzato più avanti. Questo vale anche per i prossimi settori della domanda.

Quindi sono state selezionate le emissioni già contenute nel software per queste tipologie di dispositivi; i fattori di emissione sono quelli definiti dall'IPCC (Figura 33).

Effect	Abbreviation	Category	Unit	Global Warming Potential (tCO2E/t)		
				100 Year Integration	500 Year Integration	Cost
CFC 12 {Chlorofluorocarbon}	CCl2F2	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	10.600,0	5.200,0	0,000
CFC 13 {Chlorofluorocarbon}	CClF3	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	14.000,0	16.300,0	0,000
HCFC 21 {Hydrochlorofluor...	CHCl2F	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	210,0	65,0	0,000
HCFC 22 {Hydrochlorofluor...	CHClF2	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	1.700,0	540,0	0,000
HFC 134a {Hydrofluorocarb...	CH2FCF3	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	1.300,0	400,0	0,000
HFC 152a {Hydrofluorocarb...	CH3CHF2	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	120,0	37,0	0,000
HFC 23 {Hydrofluorocarbon}	CHF3	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	12.000,0	10.000,0	0,000
HFC 32 {Hydrofluorocarbon}	CH2F2	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	550,0	170,0	0,000
HFC 41 {Hydrofluorocarbon}	CH3F	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	97,0	30,0	0,000
Perfluoroethane	C2F6	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	11.900,0	18.000,0	0,000
Perfluoromethane	CF4	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	5.700,0	8.900,0	0,000
Perfluoropentane	C3F8	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	8.600,0	12.400,0	0,000
Sulfur Hexafluoride {SF6}	SF6	High Global Warming Potenti...	Kilogramme	22.200,0	32.400,0	0,000

Notes on: Sulfur Hexafluoride {SF6}

From: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggprt/emission.html>

Sulfur hexafluoride (SF₆) is used as an insulator in utility-scale electrical equipment and as a cover gas in magnesium smelting. It is not a halocarbon, but it is a powerful greenhouse gas. SF₆ has a 100-year GWP of 22,200 and a lifetime of 3,200 years. Like perfluoromethane, SF₆ occurs naturally in fluorites, which

References:

Click + to add a reference.

Figura 33: Database degli effetti sull'ambiente in LEAP: fattori di emissione.

3.4.1.1.2 Industria

Il livello di attività per il settore dell'industria è il numero di imprese che secondo il Registro statistico delle unità locali delle imprese dell'Istat era pari a 8403 nel 2004, ed è stato arrotondato a 9000 nel software, , con un tasso di aumento medio annuo del 3.42% (registrato dal 2001 al 2004).

La domanda energetica del settore dell'industria è stata scorporata nei vettori utilizzati da questo settore, quindi in elettricità, gasolio, GPL, metano, olio combustibile e lubrificanti (Tabella 19).

Le intensità energetiche per questi vettori sono state desunte grazie ai dati provenienti da TERNA e dal Ministero dello sviluppo economico (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009), riferiti al 2006.

Vettore energetico	Consumi	Unità di misura
Elettricità	136.5	ktep/anno
Gasolio	353.9	ktep/a
Metano	234,19	ktep/a
Benzina	45.1	ktep/a
Lubrificanti	74.3	ktep/a

Tabella 19: Consumi del settore industriale divisi per vettore energetico

3.4.1.1.3 Terziario

Dal Registro statistico delle unità locali delle imprese dell'Istat risultavano 24849 imprese attive nel 2004 nel settore commerciale e negli altri servizi, con un tasso di aumento medio annuo del 4.39%, da cui ho stimato per il 2006 un numero di imprese pari a 25941, arrotondato a 26000 nel software, con un tasso di aumento medio annuo del 4.39% (registrato dal 2001 al 2004)..

Anche per il terziario la domanda energetica è stata scorporata nei vettori utilizzati che sono elettricità, gasolio, GPL e metano, e le intensità energetiche sono state ottenute a partire dai dati TERNA e Ministero per lo sviluppo economico come riassunti nella Tabella 20 (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009).

Vettore energetico	Consumi	Unità di misura
Elettricità	49.5	ktep/anno
Gasolio	85	ktep/a
Metano	54.8	ktep/a
GPL	10.5	ktep/a

Tabella 20: Consumi del settore terziario divisi per vettore energetico

I fattori di emissione utilizzati sono quelli presenti nel software, provenienti dall'IPCC, per questo settore.

3.4.1.1.4 Agricoltura

In questo settore il livello di attività è la superficie totale delle aziende agricole nella provincia di Ravenna che risulta essere pari a 142800 ettari secondo l'annata agraria dl 2005-2006 del servizio agricoltura della Provincia di Ravenna, che nel software è stato arrotondato a 143000. Tra il 2000 e il 2006 il tasso di crescita del settore agricolo è stato pari a - 0.87% annuo.

La domanda energetica è suddivisa tra elettricità e gasolio, i cui dati sono stati elaborati a partire dai dati TERNA e Ministero dello sviluppo economico (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)(Tabella 21).

Vettore energetico	Consumi	Unità di misura
Elettricità	12.6	ktep/anno
Gasolio	73.1	ktep/a

Tabella 21: Consumi del settore agricolo divisi per vettore energetico

3.4.1.1.5 Trasporti

Questo settore presenta peculiarità specifiche per cui è stata organizzata una diversa struttura dei dati, possibile grazie all'opzione di analisi dei trasporti presente in LEAP.

I trasporti sono quindi stati suddivisi in trasporto passeggeri e trasporto merci (Figura 34).

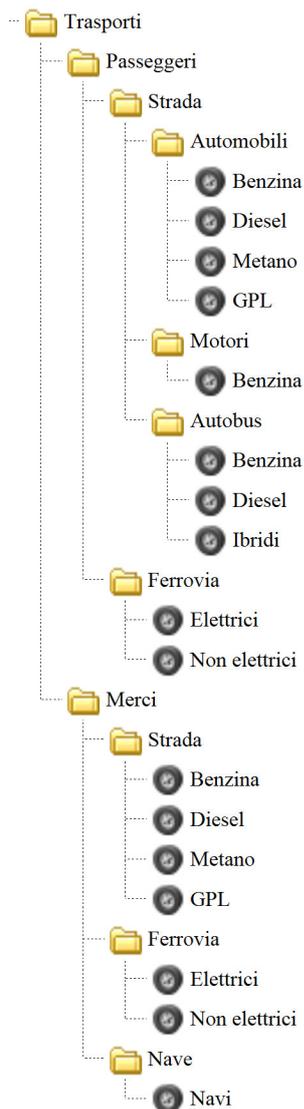


Figura 34: Struttura ad albero del settore trasporti per la Provincia di Ravenna

I fattori di emissioni derivano dall’EMEP-CORINAIR “Emission Inventory Guidebook” del 2007 (EEA, 2007) a seconda del tipo di veicolo e di combustibile utilizzato.

3.4.1.1.5.1 Passeggeri

La mobilità dei passeggeri è ulteriormente suddivisa in traffico su strada e traffico su ferrovia.

Il livello di attività per questo settore è rappresentato dal numero di veicoli immatricolati in provincia, questo dato è stato fornito dall’ACI.

I veicoli su strada, per il trasporto dei passeggeri, sono poi suddivisi in automobili, motocicli e autobus e all’interno di ogni classe di veicolo questi sono stati divisi a seconda del carburante che utilizzano.

Per ogni veicolo il software richiede di inserire i dati sul consumo di carburante e il chilometraggio percorso all'anno. Questi dati vengono riassunti in Tabella 22.

Veicolo	Carburante	Numero veicoli	Aumento annuo	L/100km	km annui
Auto		242143			
	benzina	139973	6 %	9	8800
	diesel	69916	17 %	6,4	5450
	metano	22723	8 %	8,8	18000
	gpl	9528	8 %	7,1	19000
Autobus		404	6 %	20	
	benzina	47	6 %		20000
	diesel	357	6 %		8000
Motocicli	benzina	38277	9 %	6	1000

Tabella 22: Dati inseriti per il settore della mobilità dei passeggeri su strada

I consumi delle auto sono dati ottenuti dal sito internet della Fiat e della Volkswagen, mentre il chilometraggio annuo è una stima ottenuta analizzando i valori medi dal sito internet www.autoitalia.it, poi rivendute, così come per i motocicli.

Per gli autobus i valori sono ottenuti da stime sui dati forniti da ATM.

I dati relativi all'aumento del numero dei veicoli sono stati ottenuti analizzando l'andamento delle immatricolazioni annue dell'ACI.

Dall'analisi dei veicoli immatricolati ogni anno è stato possibile costruire l'andamento dello stock di veicoli che viene inserito nel software, in modo da prevedere la sostituzione dei veicoli obsoleti con i nuovi. Anche la sopravvivenza dei veicoli è inserita nel software (Figura 35).

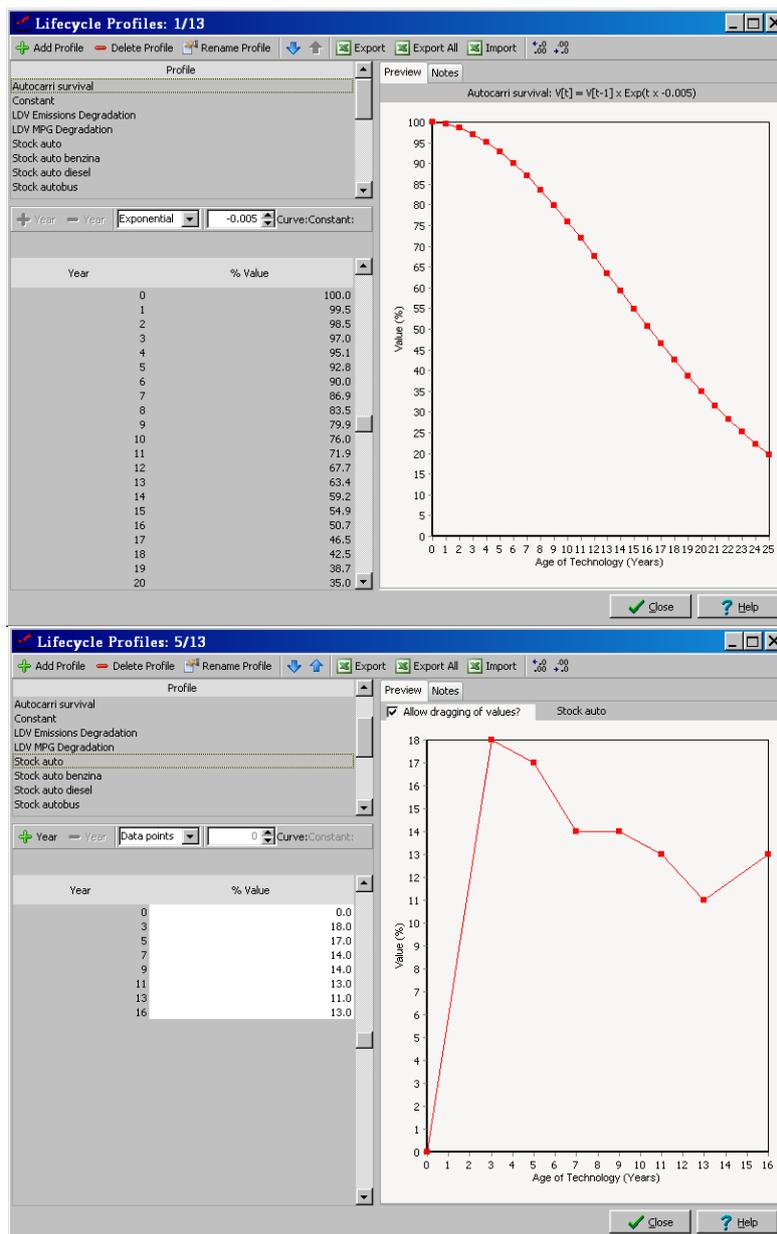


Figura 35: Andamento della sopravvivenza dei veicoli (in alto) e composizione al 2006 del parco auto in termini di età

Dati analoghi a quelli relativi agli autoveicoli sono stati inseriti anche per i treni elettrificati e diesel. La rete ferroviaria in provincia è divisa fra rete elettrificata e non elettrificata.

Per il trasporto su rotaia il livello di attività è il numero treni*chilometro.

I dati utilizzati sono riassunti in Tabella 23.

	Treni*km	Consumi
Treni passeggeri		
Elettrificati	900000	2500 kWh/100 km
Diesel	500000	50 L/100 km
Treni merci		
Elettrificati	382726	2500 kWh/100 km
Diesel	208813	50 L/100 km

Tabella 23: Dati inseriti sul trasporto ferroviario (Ricci Petitioni, 2008)

3.4.1.1.5.2 Merci

Nel trasporto delle merci è stata fatta una divisione tra strada, rotaia e nave.

Il numero di autocarri immatricolati in provincia è stato reso disponibile dall'ACI.

I dati inseriti nel software sono riportati nella Tabella 24.

	Carburante	Numero veicoli	Aumento annuo	L/ 100 km	km annui
Autocarri		44608			
	diesel	40136	8 %	25	12000
	benzina	2861	8 %	25	20000
	metano	1135	8 %	20	20000
	gpl	476	8 %	20	40000

Tabella 24: Dati inseriti per il settore della mobilità delle merci su strada

Il numero di navi e il consumo che queste hanno durante la fase di manovre nel porto è stato ottenuto da un'elaborazione sui dati dell'Autorità portuale di Ravenna. Sono stati considerati solamente i consumi dovuti alle manovre in porto, per cui si è ipotizzata una percorrenza molto ridotta (1 km).

	Numero veicoli	Aumento annuo	Consumi
Navi	7967	5 %	1 L/km

Tabella 25: Dati inseriti sulle navi in manovra nel porto di Ravenna

3.4.1.2 TRASFORMAZIONE - "CURRENT ACCOUNTS"

Il sistema di produzione di energia elettrica a Ravenna è stato ricavato dai dati relativi al 2006 forniti dalla Provincia di Ravenna e rielaborati in Provincia di Ravenna e CIRSA (2009).

Oltre ai due grossi impianti di produzione di energia elettrica a gas naturale, gli altri piccoli impianti a gas naturale sono stati raggruppati insieme.

Lo stesso è stato fatto per gli impianti che attuano combustione di oli vegetali, che sono stati raggruppati in un'unica voce, denominati Biomasse, e per i rifiuti, il biogas, l'eolico e il fotovoltaico.

I dati inseriti nel software sono riassunti nella Tabella 26 e Figura 36.

		GWh/anno	Efficienza %
Enel	gas naturale	3903	50
Enipower	gas naturale	5312	50
Altro	gas naturale	50.8	35
Rifiuti		55.4	25
Biomasse		757.8	25
Biogas		15.6	25
Eolico		4	40
Idroelettrico		1	75
Fotovoltaico		3.8	10
Assimilate		213.7	35

Tabella 26: Dati inseriti sul sistema di produzione di energia elettrica

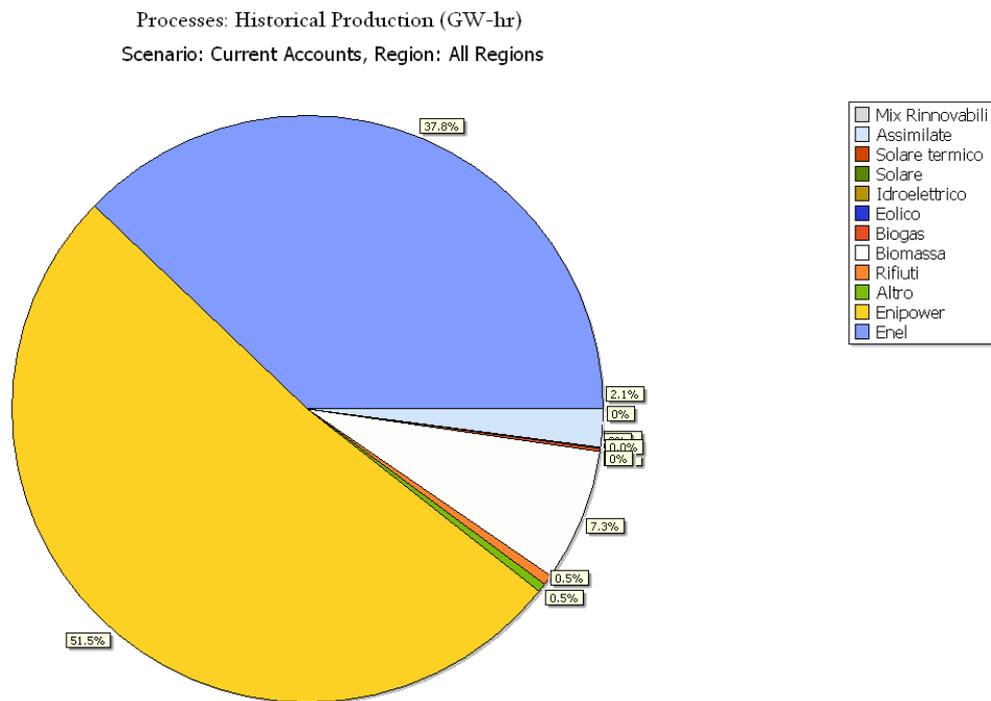


Figura 36: Ripartizione della produzione di energia elettrica

3.4.2 BILANCIO ENERGETICO PROVINCIALE

La soluzione dei molteplici problemi posti dalla programmazione energetica non può prescindere da una conoscenza approfondita del sistema energetico della realtà territoriale indagata, ossia delle caratteristiche delle infrastrutture energetiche esistenti così come degli aspetti relativi alla produzione, alla trasformazione, al trasporto, alla distribuzione ed al consumo finale di fonti energetiche.

I policy makers hanno la necessità di visualizzare in modo semplice ma efficace il sistema energetico del territorio che governano, utilizzando a tal fine il Bilancio Energetico (B.E.).

In questo contesto, il B.E. esplica la sua insostituibile funzione conoscitiva comunicando in un quadro riepilogativo quanta e che tipo di energia è stata consumata in un dato periodo di tempo (ad esempio un anno) e come essa è stata prodotta, reperita sui mercati, trasformata e consumata, all'interno della Provincia, offrendo un'immagine immediata e sintetica del settore energetico.

Prima di entrare nel merito specifico della realizzazione del Bilancio Energetico Provinciale (B.E.P.), si riporta una valutazione sintetica del sistema energetico della Provincia di Ravenna e sulla sua evoluzione storica per il periodo 2000-2006. Da esso si ricavano i dati necessari alla stesura del B.E.P. stesso.

I consumi energetici complessivi in Provincia di Ravenna sono stati nel 2006 pari a 3,207.2 ktep circa, corrispondenti ad un aumento del 28% rispetto al 2000. Se si considerano i soli consumi finali (ovvero l'energia fornita al consumatore finale, per qualunque utilizzo, escludendo quindi i consumi e le perdite per la produzione di elettricità o per il funzionamento degli impianti di produzione e delle reti) essi ammontano a circa 1,615 ktep, corrispondenti ad un incremento dello 0.8% rispetto al 2000 (Tabella 27 e Figura 37).

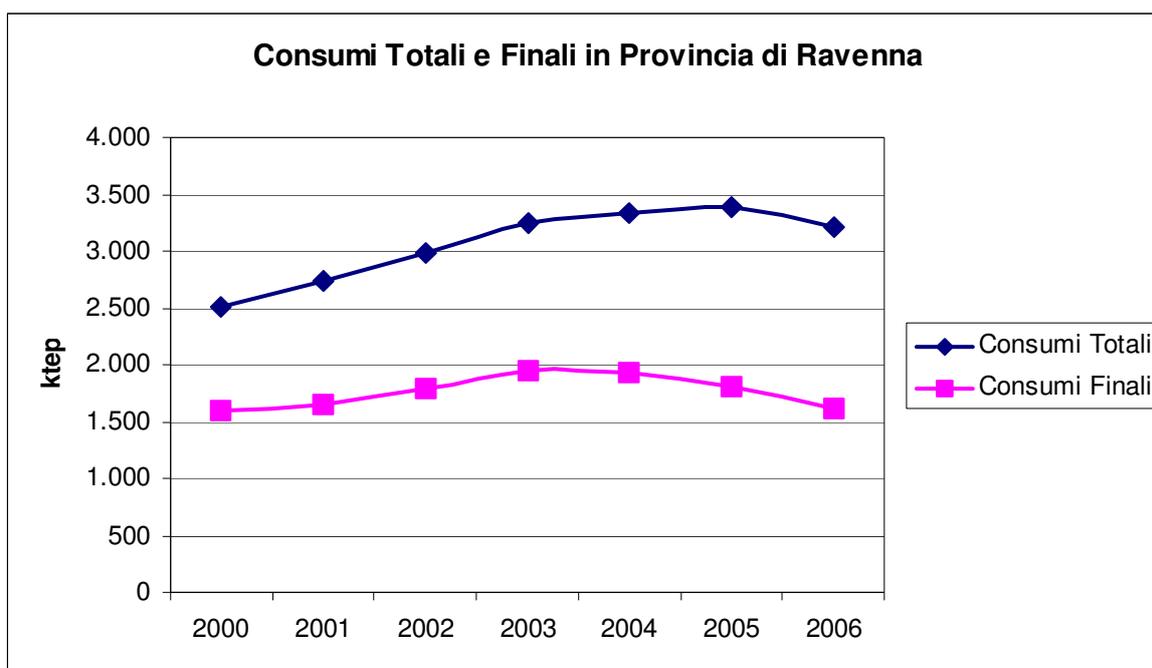


Figura 37. Consumi totali e finali di energia in Provincia di Ravenna – anni 2000-2006 (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

Calcolando il consumo di energia per abitante (Figura 38), si trova che questo ha un andamento simile ai consumi finali complessivi, per cui è cresciuto fino al 2003, quando si consumavano 5.56 tep pro capite all'anno, per poi calare fino ad arrivare, nel 2006, a valori (4.37 tep/abitante) inferiori a quelli del 2000 (nell'intervallo 2000-2006 si è avuta una riduzione del 5.5%).

Il dettaglio dell'analisi svolta ha portato alla disaggregazione dei consumi per vettore energetico utilizzato (energia elettrica, gas naturale, prodotti petroliferi, ecc.) e per settore di attività (residenziale, terziario, industria e trasporti) qualora possibile con i dati a disposizione.

ktep	Metano Industriale	Metano termoelettrico	Metano rete distribuzione	Gasolio rete ordinaria trasporti	Gasolio rete autostradale	Gasolio extra rete	Gasolio riscaldamento	Gasolio agricolo	Benzina rete ordinaria	Benzina rete autostradale	Benzina extra rete
2000	400.0	200.0	320.0	73.2	17.2	235.2	84.3	82.6	119.7	12.3	14.5
2001	400.0	600.0	330.0	83.5	18.1	257.7	86.7	72.7	132.1	12.4	5.2
2002	450.0	800.0	340.0	97.6	27.8	286.2	90.3	87.2	117.2	15.2	25.0
2003	450.0	1,000.0	350.0	100.7	18.6	296.1	106.6	161.4	116.5	10.1	84.2
2004	419.7	1,255.8	346.2	106.4	15.3	368.3	106.0	102.4	110.0	6.7	93.7
2005	273.1	1,562.3	366.3	108.6	13.7	371.6	121.0	85.6	99.3	5.4	91.0
2006	234.2	1,518.4	334.1	108.8	18.9	353.9	86.0	73.1	90.4	6.9	45.1

ktep	Olio combustibile e lubrificante	GPL autotrazione	GPL non autotrazione	E.elettrica agricoltura	E.elettrica industria	E.elettrica terziario	E.elettrica domestico	TOTALE	Totale solo consumi finali
2000	703.9	23.0	13.1	7.3	125.3	40.0	34.0	2,505.8	1,601.8
2001	499.7	17.6	13.0	6.1	126.7	45.9	35.0	2,742.4	1,642.7
2002	391.9	14.5	13.2	11.1	131.0	46.4	35.4	2,980.0	1,788.1
2003	292.9	12.3	11.8	11.8	137.8	48.5	36.5	3,245.9	1,953.0
2004	146.0	8.6	13.9	12.8	135.2	51.0	37.7	3,335.9	1,934.1
2005	27.0	7.6	13.8	12.5	139.5	52.2	37.3	3,387.7	1,798.4
2006	74.3	8.4	12.1	12.6	136.5	55.3	38.2	3,207.2	1,614.5

Tabella 27. Consumi energetici complessivi in ktep in provincia di Ravenna. Serie storica 2000-2006 (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

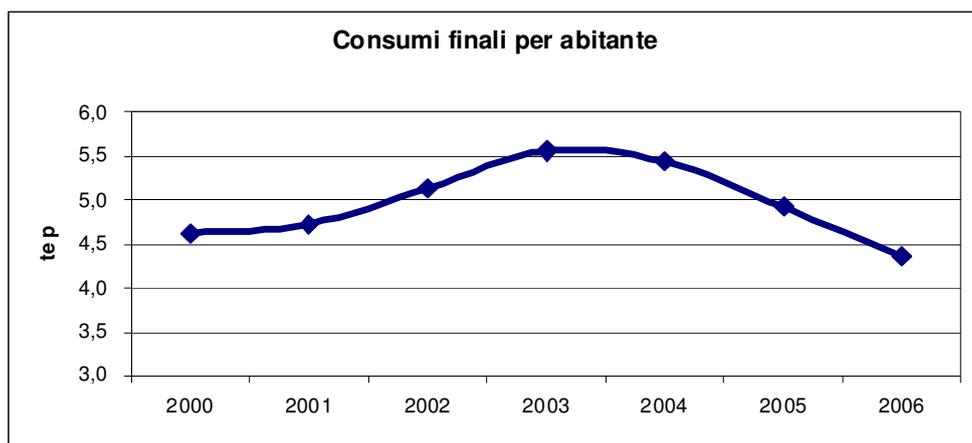


Figura 38. Usi finali di energia pro capite in Provincia di Ravenna (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

Per quanto riguarda l'andamento dei consumi totali per tipologia di vettore energetico, nel periodo in esame metano (+127%), energia elettrica (+17%) e gasolio (+30%) seguono una dinamica di forte crescita, seppure con una leggera flessione nell'ultimo biennio. Olio combustibile e lubrificante (-89%) e GPL (-43%) sono al contrario contraddistinti da un marcato andamento decrescente, mentre la benzina (-3%) si mantiene pressoché stabile (Figura 39).

Gli oli fanno registrare al 2005 un calo dei consumi del 96% rispetto al 2000, dovuti soprattutto alla diminuzione dell'uso di olio combustibile nel settore termoelettrico. Nel 2006, le vendite di oli mostrano un aumento, ma è probabile che questo sia dovuto ad un aumento dei quantitativi stoccati per quell'anno, e non ad un reale trend di crescita.

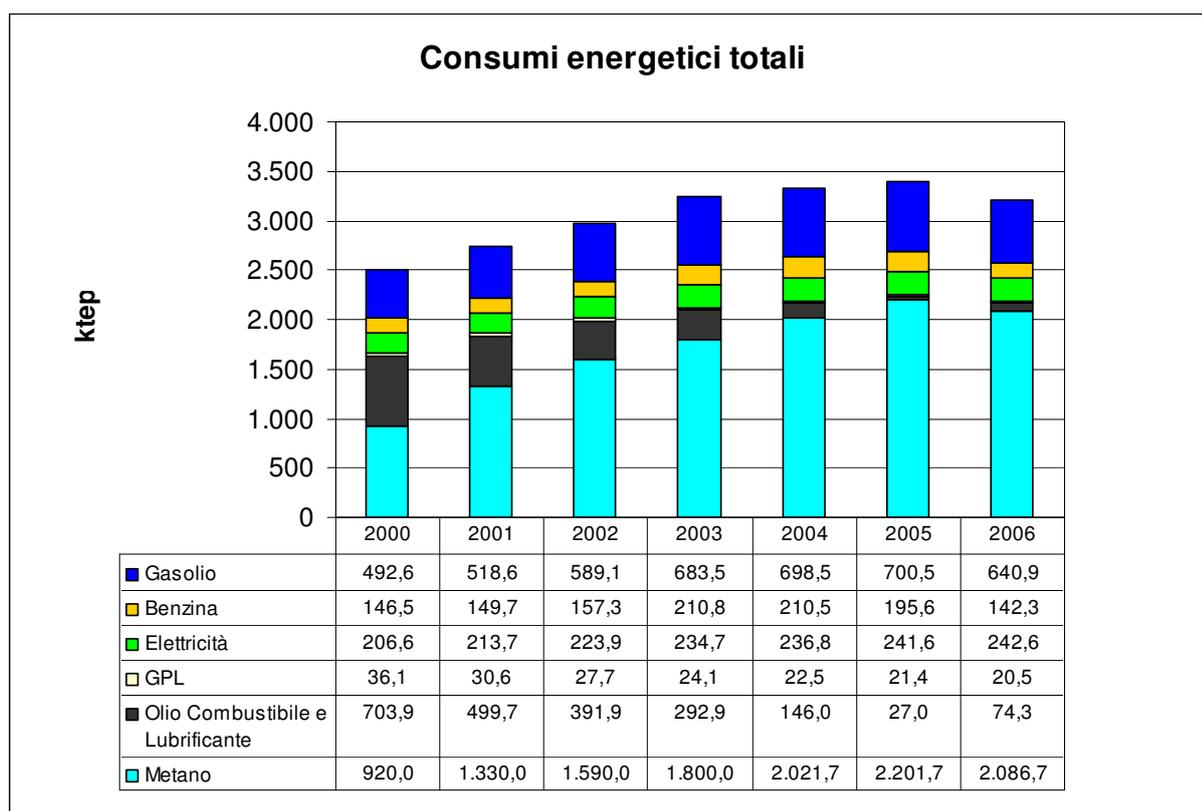


Figura 39. Consumi divisi per vettore energetico in provincia di Ravenna (formato numerico 7.000.000,00)

Nel 2006 la ripartizione dei consumi totali di energia in Provincia di Ravenna vede il metano come il vettore più utilizzato, con una quota parte del 65.1%. Gasolio ed elettricità occupano il secondo e terzo posto con rispettivamente il 20% e 7.6%, e a seguire benzina (4.4%), oli (2.3%) e GPL (0.6%) (Figura 41).

Discorso differente è da fare se si valutano i soli consumi finali: gasolio e metano si confermano i vettori più utilizzati, con una quota parte del 39.7% e del 35.2% rispettivamente nel 2006. L'energia elettrica occupa il 15% del totale, la benzina l'8.8% e il GPL l'1.3%, mentre assente è il contributo degli oli, il cui uso è da attribuirsi interamente alla produzione di energia elettrica o ad usi non energetici (Figura 42). Nonostante la quota di metano resti una percentuale rilevante nella ripartizione dei consumi finali, in termini quantitativi essa risulta molto inferiore rispetto a quella dei consumi totali: solo il 50.3% dei consumi totali è infatti da attribuirsi al consumatore finale. Esaminando l'andamento nel tempo dei consumi finali di energia (Figura 40), si osserva come questi siano in calo, a partire dal 2003, a seguito soprattutto di una diminuzione nei consumi dei combustibili fossili. Questo andamento va però verificato su un intervallo temporale più lungo, per valutare gli effetti dell'andamento climatico sulla richiesta di riscaldamento e condizionamento.

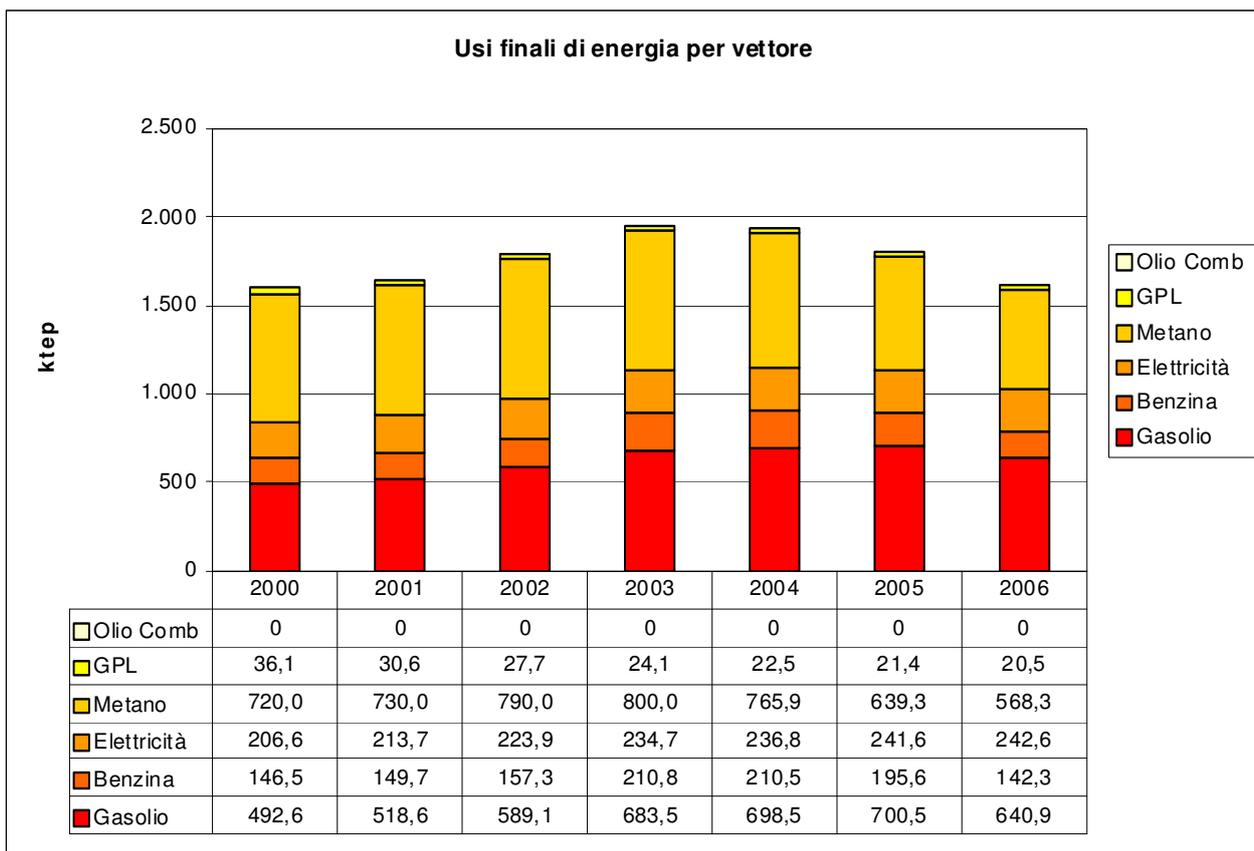


Figura 40. Usi finali di energia in Provincia di Ravenna dal 2000 al 2006. Suddivisione per vettore energetico (formato numerico 7.000.000,0)

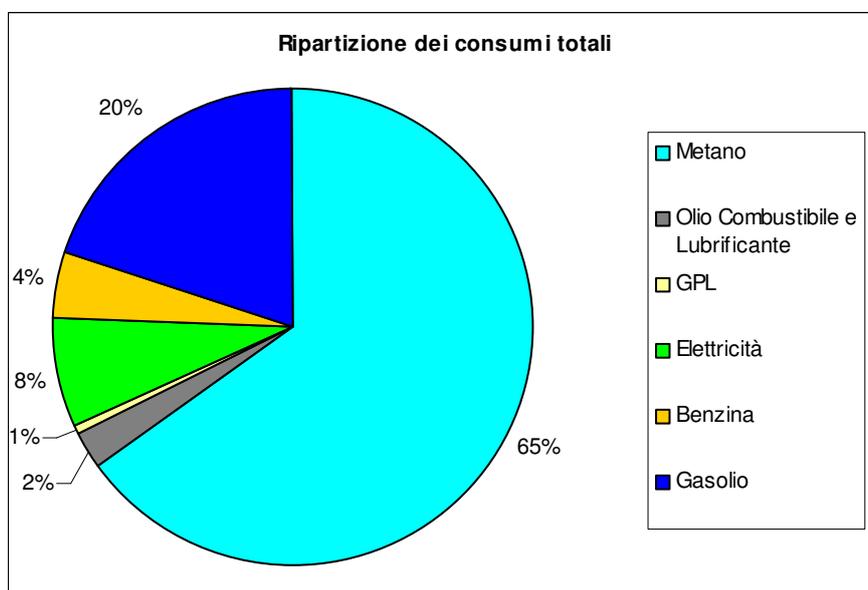


Figura 41. Ripartizione dei consumi totali registrati nel 2006 in Provincia di Ravenna

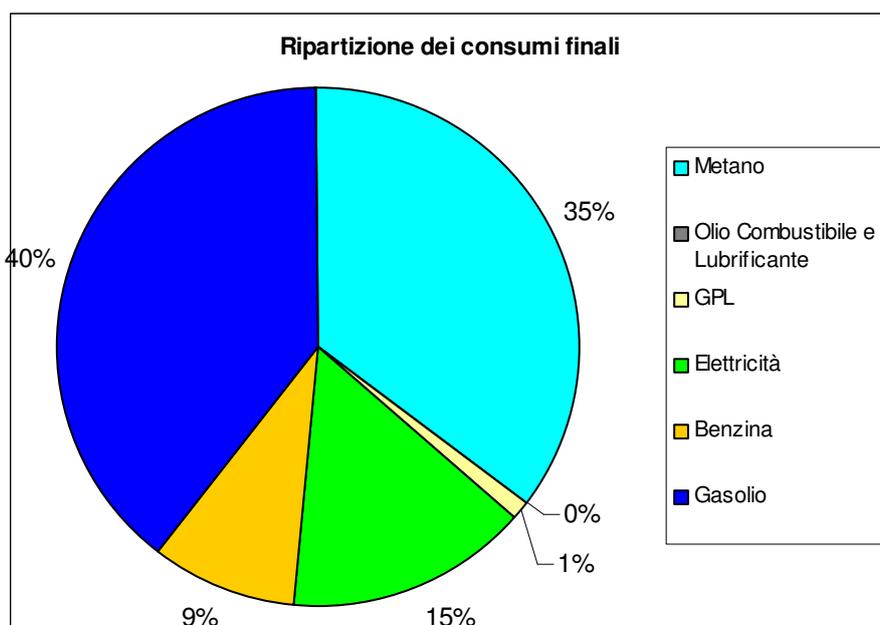


Figura 42. Ripartizione dei consumi finali registrati nel 2006 in Provincia di Ravenna

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica all'interno del territorio provinciale, essa dipende per la quasi totalità da fonti fossili (89.8% circa), con un contributo preponderante delle due centrali termoelettriche ENEL Produzione S.p.a. e ENIPOWER S.p.a., responsabili del 99.5% della produzione da fonte convenzionale.

L'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili o assimilate all'interno del territorio provinciale (circa il 10.2% del totale) deriva essenzialmente dalla combustione di biogas e biomasse. Una parte è da attribuire all'impianto idroelettrico e ai due impianti eolici situati nel comune di Brisighella, nonché a vari impianti fotovoltaici e ad alcune fonti assimilate alle rinnovabili quali il gas tail, la combustione di rifiuti.

La Tabella 28 e la Figura 43 rappresentano in maniera sintetica il contributo delle varie fonti alla produzione di energia elettrica nel territorio provinciale.

Tipologia di fonte	MWh(e) prodotti/anno	ktep
Fossile	9,265,805	796.9
Rinnovabile	782,200	67.3
Assimilate	269,071	23.1
Totale	10,317,120	887.3

Tabella 28. Produzione di energia elettrica in Provincia di Ravenna. Suddivisione fonte energetica. Fattore di conversione: 1 MWh(e)=0.08 ktep.

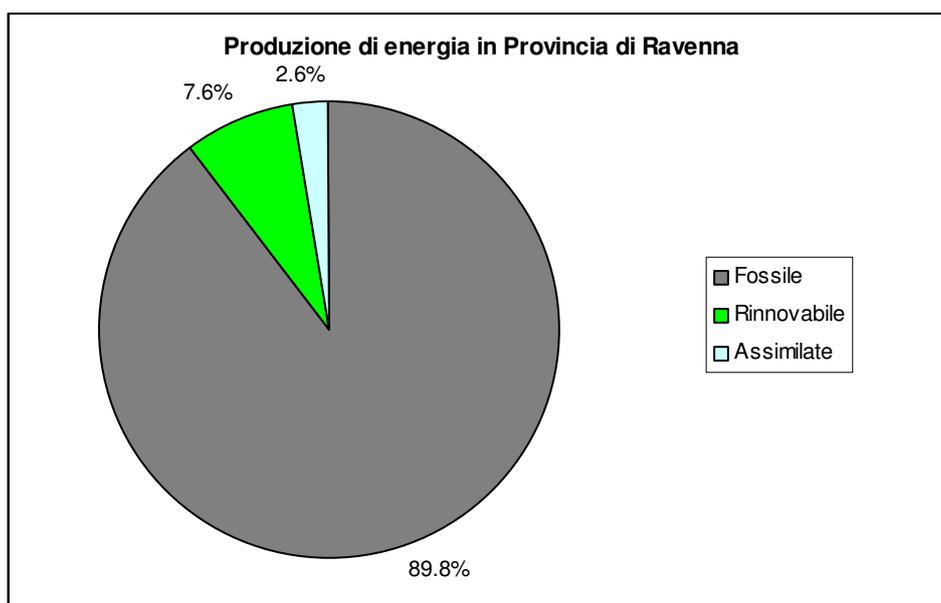


Figura 43. Produzione di energia elettrica in Provincia di Ravenna. Anno 2006. Suddivisione per fonte energetica

I bilanci energetici nazionali e regionali, nella loro versione standard sintetica, sono costituiti da una tabella composta da tre sezioni.

La prima sezione (in cui è riportata l'offerta delle fonti energetiche primarie e derivate) evidenzia la disponibilità di fonti energetiche per il territorio considerato. Questa è composta dalla Produzione (la quantità di energia effettivamente prodotta sul territorio regionale), dal saldo in entrata (acquisto da altre regioni o da paesi esteri di fonti energetiche) e dal saldo in uscita (fonti energetiche in uscita dal territorio).

Una seconda sezione è costituita dal sistema della trasformazione delle fonti primarie in prodotti energetici; qui si computano i processi di trasformazione, le perdite di trasformazione (le perdite insite nel tipo di processo tecnologico di trasformazione utilizzato, i consumi e le perdite propri del funzionamento degli impianti di trasformazione, di autoproduzione e di trasporto e distribuzione) ed i consumi non energetici.

La terza sezione è costituita dal sistema dei consumi finali; qui confluiscono tutte le forme di prodotti energetici (primarie e derivate) che sono impiegate nei settori agricoltura, industria, civile e trasporti.

In ogni sezione si fa riferimento alle seguenti classi omogenee di fonti energetiche:

- solidi (comprende carbone fossile, lignite, coke di cokeria, gas di cokeria, gas d'altoforno e altri prodotti solidi);
- liquidi (comprende il petrolio greggio, olio combustibile, gasolio, distillati leggeri, benzine, carboturbo, petrolio da riscaldamento, G.P.L., gas di raffineria e altri prodotti petroliferi);
- gassosi (comprende il gas naturale e il gas d'officina);

- rinnovabili (comprende la legna, il carbone da legna e l'energia elettrica prodotta da fonte idraulica, nucleare e geotermica);
- energia elettrica.

Nei Bilanci Energetici Regionali viene confrontata per ogni fonte energetica la rispettiva disponibilità (poste attive) con i relativi impieghi (poste passive), in modo tale da ottenere l'identità fondamentale di un bilancio energetico caratterizzata dall'uguaglianza tra disponibilità ed impieghi.

Le poste attive (disponibilità) sono individuate da:

- produzione;
- saldo in entrata;
- saldo in uscita;
- variazione delle scorte.

Le poste passive (impieghi) sono individuate da:

- trasformazioni;
- bunkeraggi;
- consumi e perdite del settore energetico;
- usi non energetici (consumi finali non energetici);
- usi energetici (consumi finali energetici).

Utilizzando lo stesso sistema di rendicontazione applicato per il Bilancio Energetico Nazionale (Ministero Sviluppo Economico, 2008), si riporta il bilancio energetico della Provincia di Ravenna, per l'anno 2006.

Sulla base dei dati e delle informazioni raccolte sul sistema energetico della Provincia di Ravenna (vedi i capitoli relativi nel Quadro Conoscitivo del Piano d'Azione per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile) è stato elaborato il Bilancio Energetico Provinciale (B.E.P.) relativo all'anno 2006, riportato nella Tabella 29. Nel Bilancio, come descritto nei paragrafi precedenti, sono riportati i flussi energetici che interessano la Provincia relativamente alla produzione, importazione, esportazione, trasformazione ed agli impieghi finali disaggregati per settori economici e fonti.

Disponibilità e impieghi	Fonti energetiche (ktep)					
	Combustibili solidi (a)	Prodotti petroliferi (b)	Combustibili gassosi (c)	Rinnovabili (d)	Energia elettrica	Totale
Produzione			3,390.2	217.7	1,735.7	5,343.6
Saldo in entrata		1,505.0				1,505.0
Saldo in uscita		627.0	1,304.0		644.7	2,575.7
Consumo interno lordo		878.0	2,086.3	217.7	1,091.0	4,272.9
Trasformazione in energia elettrica			- 1,518.0	- 217.7	1,735.7	-
Consumi/perdite del settore energia					- 848.4	- 848.4
Usi non energetici		74.3				74.3
Agricoltura		73.1			12.6	85.7
Industria		399.0*	234.2		136.5	769.7
Civile		98.1	313.6		88.2	499.9
Trasporti		233.5	20.5		5.3	259.3
Consumi finali energetici		803.7	568.3	-	242.6	1,614.5

(a) I combustibili solidi comprendono: carbone fossile, lignite, coke da cokeria, prodotti da carbone non energetici e i gas derivati

(b) I prodotti petroliferi comprendono: olio combustibile, gasolio, benzine, petrolio da riscaldamento, GPL, gas residui di raffineria e altri prodotti petroliferi

(c) I combustibili gassosi comprendono: il gas naturale e il gas di officina

(d) Le rinnovabili comprendono: le biomasse, il carbone da legna, eolico, solare, fotovoltaico, RSU, biogas, produzione idroelettrica, geotermoelettrica, ecc. La produzione idroelettrica, eolica e fotovoltaica è valutata secondo il fattore di conversione 1 MWh = 0.23 tep.

(e) L'energia elettrica è valutata a 2,200 kcal/kWh per la produzione primaria (trasformazione in energia elettrica) e il saldo in entrata e in uscita. Per i consumi finali energetici si valuta a 860 kcal/kWh.

* Il valore è composto dai consumi di gasolio e benzine "extra rete".

Tabella 29. Bilancio Energetico della Provincia di Ravenna (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

In base alla tabella del Bilancio Energetico Provinciale, nel 2006 il consumo interno lordo della Provincia ammonta a 4,272.9 ktep. Questo valore è più elevato di quello dei consumi totali riportato in questo documento (3,207.2 ktep). La differenza è dovuta al fatto che nella tabella del B.E.P. sono conteggiate nel consumo interno lordo anche l'energia perduta nel processo di trasformazione in energia elettrica e le fonti rinnovabili.

Questo tipo di rappresentazione è dovuto al fatto che ogni sezione della tabella può essere letta indipendentemente dalle altre, che forniscono approfondimenti specifici sulle trasformazioni energetiche o sui consumi finali.

Per quanto riguarda la produzione e consumo di energia elettrica, in Figura 44 è evidenziato come le perdite del processo di trasformazione ammontino al 49% dell'energia investita nel processo. L'energia elettrica effettivamente prodotta costituisce quindi il 51% dell'energia investita, e viene suddivisa tra i consumi interni (14%) e l'esportazione verso il resto della regione (37%).

Ricordiamo inoltre che nella voce "Trasformazione in energia elettrica" si è tenuto conto del fatto che 1 kWh ha una resa calorica all'utenza finale di circa 860 kcal, ma per produrlo serve una quantità di energia maggiore (circa 2,200 kcal se si considera l'efficienza media nazionale delle centrali di trasformazione, pari al 39%).

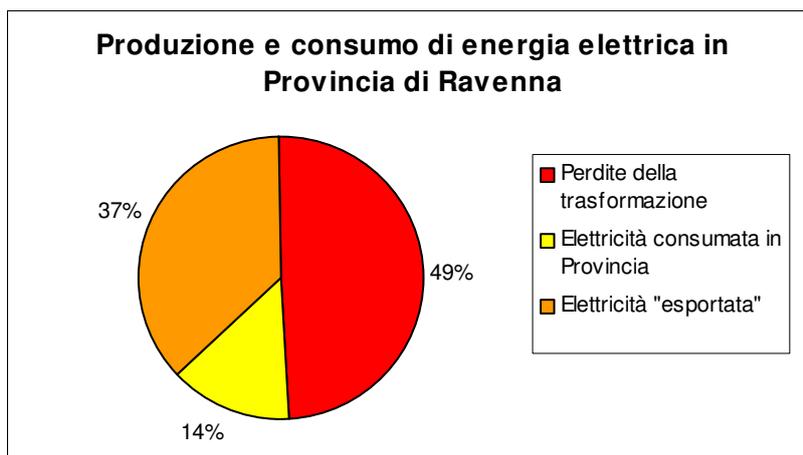


Figura 44. Produzione e consumo di energia elettrica in Provincia di Ravenna – Valori % per l'anno 2006

Valutando i consumi finali per tipologia di fonte (Figura 45) si osserva come i prodotti petroliferi risultino i predominanti (49.8%), seguiti dai combustibili gassosi (35.2%) e dall'energia elettrica (15.0%). Il contributo delle fonti di energia rinnovabile nei diversi settori risulta nullo, in quanto esse vengono utilizzate per la produzione di energia elettrica e conteggiate nella sezione "trasformazione in energia elettrica".

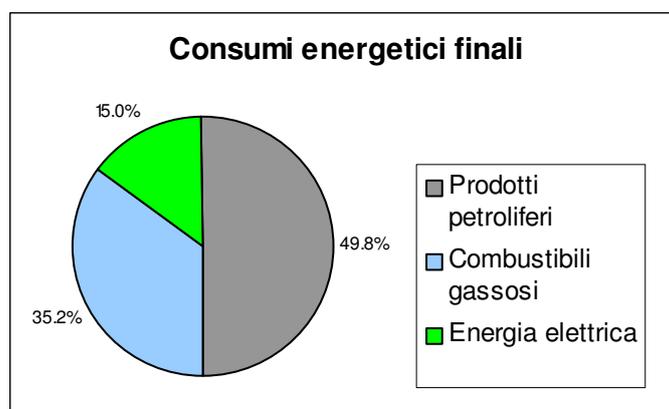


Figura 45. Consumi finali per tipologia di fonte in Provincia di Ravenna – Valori % per l'anno 2006

Tra i settori di impiego il più energivoro risulta essere quello dell'industria, che contribuisce per il 48% ai consumi finali; il settore civile nel suo complesso incide per il 31%, i trasporti per il 16% ed il settore agricolo per il restante 5% (Figura 46).

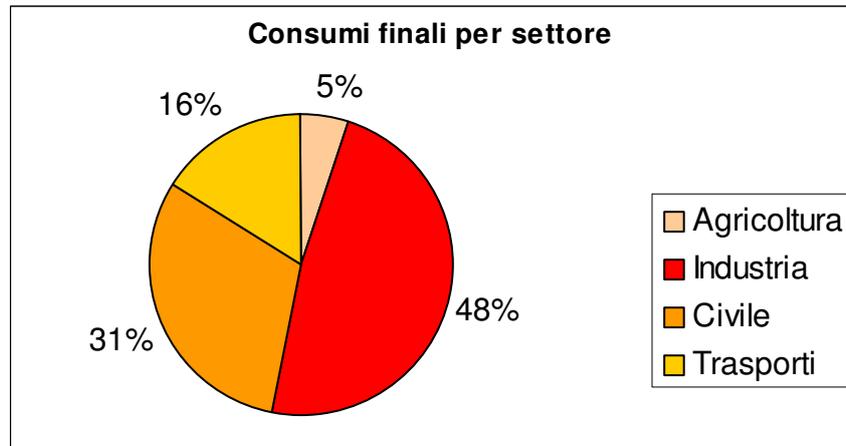


Figura 46. Consumi finali per settore in Provincia di Ravenna – Valori % per l'anno 2006

In Figura 47 sono rappresentati in modo schematico tutti i flussi energetici che interessano la Provincia di Ravenna. Nella figura, i confini provinciali sono rappresentati dal rettangolo tratteggiato, e le frecce che lo attraversano in entrata od in uscita indicano quei flussi energetici che provengono da altri territori (ex prodotti petroliferi) o che sono destinati all'esportazione fuori provincia (ex. metano estratto localmente o energia elettrica prodotta). Nella figura, tutti i valori dei flussi sono riferiti all'anno 2006, tranne quelli relativi alle fonti di energia rinnovabili ed assimilate, che sono invece relative all'anno 2008. La dimensione delle frecce è proporzionale all'entità del flusso.

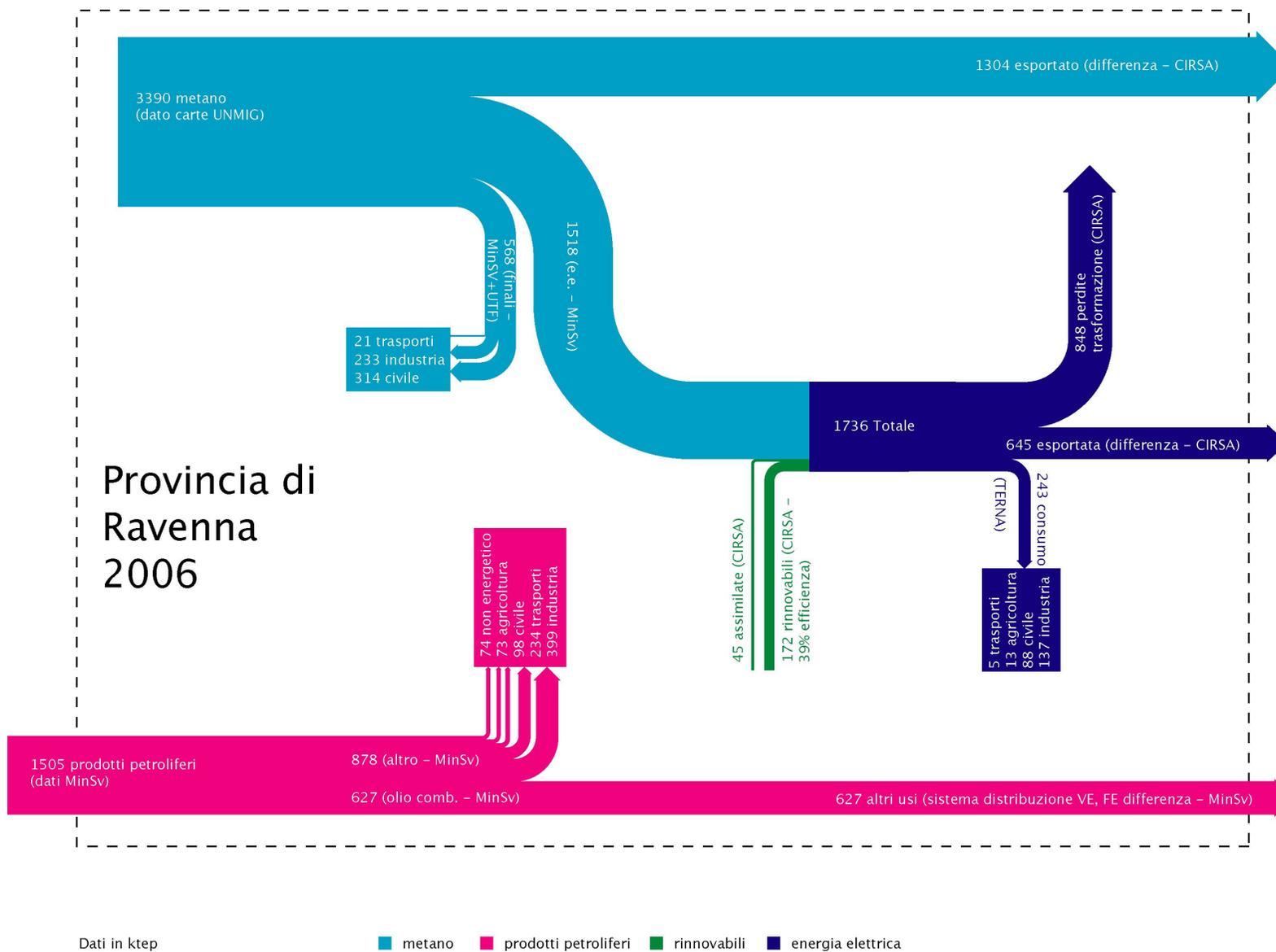


Figura 47. Rappresentazione schematica dei flussi di energia in Provincia di Ravenna

3.4.3 I TRE SCENARI COSTRUITI

Nella redazione dello studio conoscitivo del Piano Energetico della Provincia di Ravenna, sono stati costruiti 3 scenari di possibile evoluzione futura del sistema, utilizzando il software LEAP:

- Business as Usual: lo scenario tendenziale in assenza di modifiche alle politiche energetiche attuali;
- Applicazione del Piano Energetico: scenario che prevede la piena applicazione del Piano, per arrivare al raggiungimento degli obiettivi internazionali, nazionali e regionali in tema di energia (aumento della produzione da fonti rinnovabili, diminuzione dei consumi, riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra (GHGs)). Questo scenario può essere definito di tipo “anticipativo” in quanto, una volta fissati gli obiettivi da raggiungere, si è calcolato attraverso LEAP lo sforzo necessario per ottenerli.
- Autonomia energetica: vista la particolare situazione della Provincia di Ravenna, che si configura come una esportatrice di energia (sotto forma sia di gas metano che di elettricità), è evidente che grossa parte del “sistema energetico” è strutturata in modo da soddisfare le esigenze non del territorio, ma del resto della nazione. Anche le conseguenti emissioni di GHGs, quindi, pur avvenendo in Provincia di Ravenna, sono dovute ad usi finali che si svolgono fuori provincia. Ancora, molti degli obiettivi internazionali ed europei sono quantificati in % rispetto alla situazione attuale (un esempio su tutti, il Protocollo di Kyoto o gli obiettivi “20 20 by 2020” della Comunità Europea): per scalarli a livello provinciale, il conteggio di quella parte di energia destinata altrove porta gli obiettivi provinciali ad essere molto più impegnativi. In base a queste considerazioni, è stato costruito uno scenario “autarchico”, che prevede in particolar modo la produzione di energia elettrica al solo scopo di soddisfare il fabbisogno locale, con la conseguente dismissione di parte delle centrali termoelettriche esistenti.

Sono stati costruiti 3 scenari quantitativi, perché contengono al loro interno informazioni numeriche, e politici in quanto prevedono l'assenza o meno di interventi che potrebbero derivare da scelte politiche delle amministrazioni locali.

Per creare uno scenario all'interno del software LEAP, occorre inserire le funzioni matematiche secondo cui le variabili del “current accounts” cambiano nel tempo.

Nel software sono già contenute diverse espressioni di interpolazione, tassi di crescita, funzioni esponenziali, funzioni logiche, funzioni a gradini, ecc... (Figura 48).

Inoltre è possibile inserire qualsiasi funzione tramite la finestra “Expression Builder”.

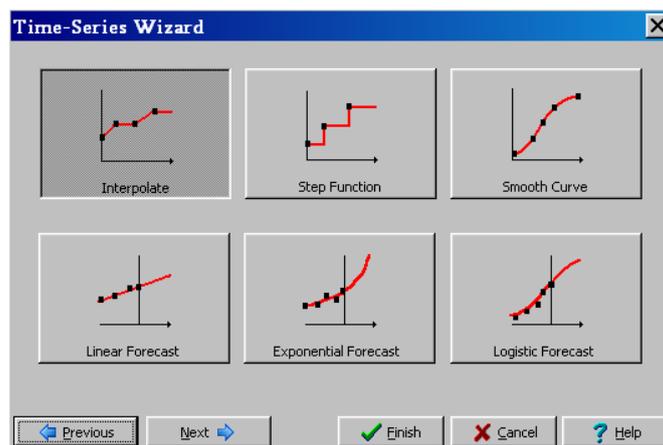


Figura 48. Alcune delle funzioni “predefinite” in LEAP, selezionabili attraverso il Time-Series Wizard

Una prima versione degli scenari è stata definita nell’ambito del lavoro di tesi specialistica di Anna Ricci Petioni (Ricci Petioni, 2008) che viene quindi in parte ripreso in questo capitolo. Si è deciso di valutare lo scenario fino al 2020, coerentemente con l’orizzonte temporale degli ultimi obiettivi fissati dall’Unione Europea (ad esempio il documento “2 volte 20 entro il 2020) e su specifica richiesta della Provincia di Ravenna.

Si descrivono di seguito i dati inseriti in LEAP per definire la situazione attuale (i “current accounts”) e lo scenario “Business as Usual”.

3.4.3.1 SCENARIO BAU

L’evoluzione tendenziale del sistema, in assenza di interventi (Scenario BAU – “Business As Usual”), si basa sulle tendenze recenti del sistema economico ed energetico, assumendo alcune ipotesi relative all’evoluzione sociale, demografica ed economica del territorio.

Le assunzioni che stanno alla base dello scenario di non intervento sono le seguenti:

- il sistema energetico mantiene le stesse voci della domanda che continuano il loro sviluppo secondo i tassi registrati nel 2000;
- la popolazione continua a crescere secondo gli attuali tassi di crescita demografica;
- non viene inserita nessuna nuova tecnologia che possa implicare variazioni della domanda energetica o variazioni delle emissioni in atmosfera del sistema di utilizzo dell’energia;
- si ipotizza un leggero efficientamento dei consumi dovuti ai settori industriale (2% annuo), terziario (1% annuo), agricolo (1% annuo) e dei trasporti (1% annuo), a seguito del normale avanzamento tecnologico;
- non viene ipotizzata nessuna politica di potenziamento dei mezzi pubblici o altri interventi della pubblica amministrazione che possano incentivare modificazione nei comportamenti del consumatore;
- il sistema di produzione di energia elettrica non subisce alcuna variazione, in termini di capacità massima installata e di composizione della produzione, tranne un aumento nella

presenza di impianti a biomasse, che rispecchia le procedure autorizzative attualmente in corso e che porta ad un raddoppio della potenza elettrica autorizzata.

I risultati dei calcoli relativi allo scenario BAU di non intervento sono riportati di seguito.

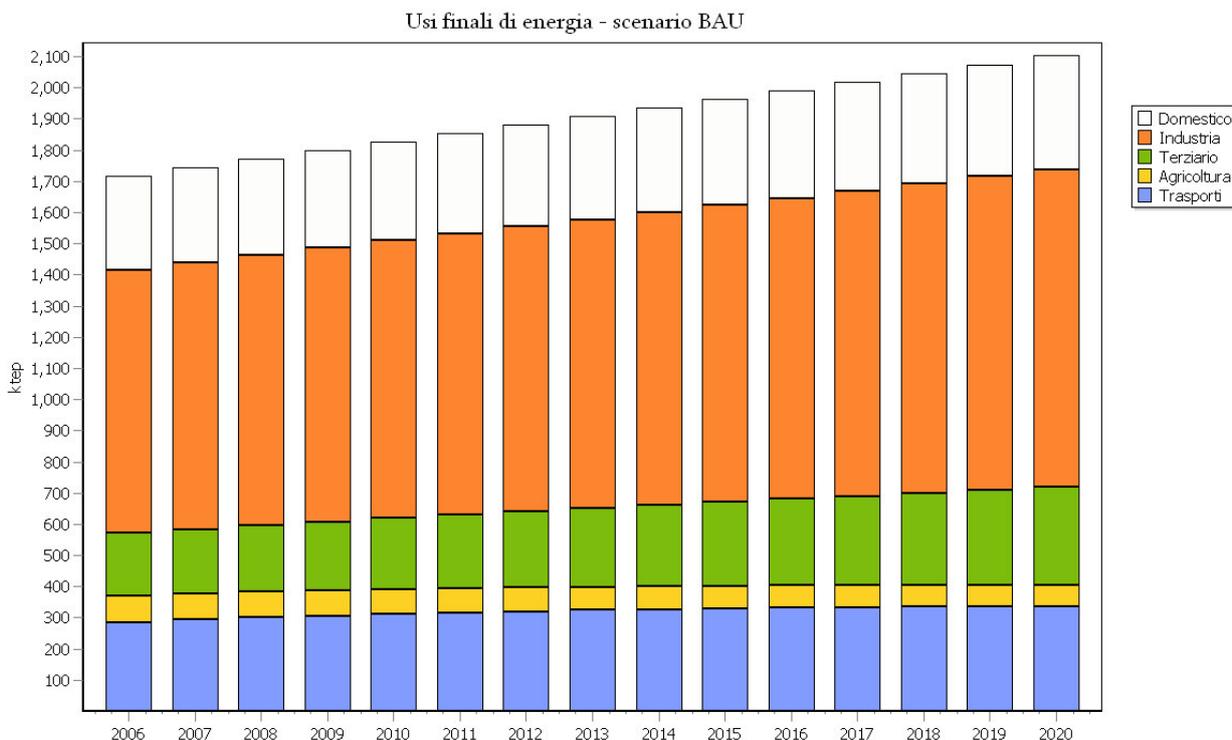


Figura 49: Domanda finale di energia nello scenario Business as usual

Si può osservare in Figura 49 e Figura 53 come gli usi finali di energia aumentino del 24% nel periodo considerato (2007-2020).

Il settore dell'agricoltura, vista la contrazione del settore, presenta una diminuzione dei consumi. Il settore dei trasporti, invece, presenta un iniziale aumento, che poi raggiunge una stabilizzazione a causa della raggiunta saturazione.

Il settore che aumenta i propri consumi in maniera maggiore (+59%) è quello del terziario.

Produzione di elettricità - scenario BAU

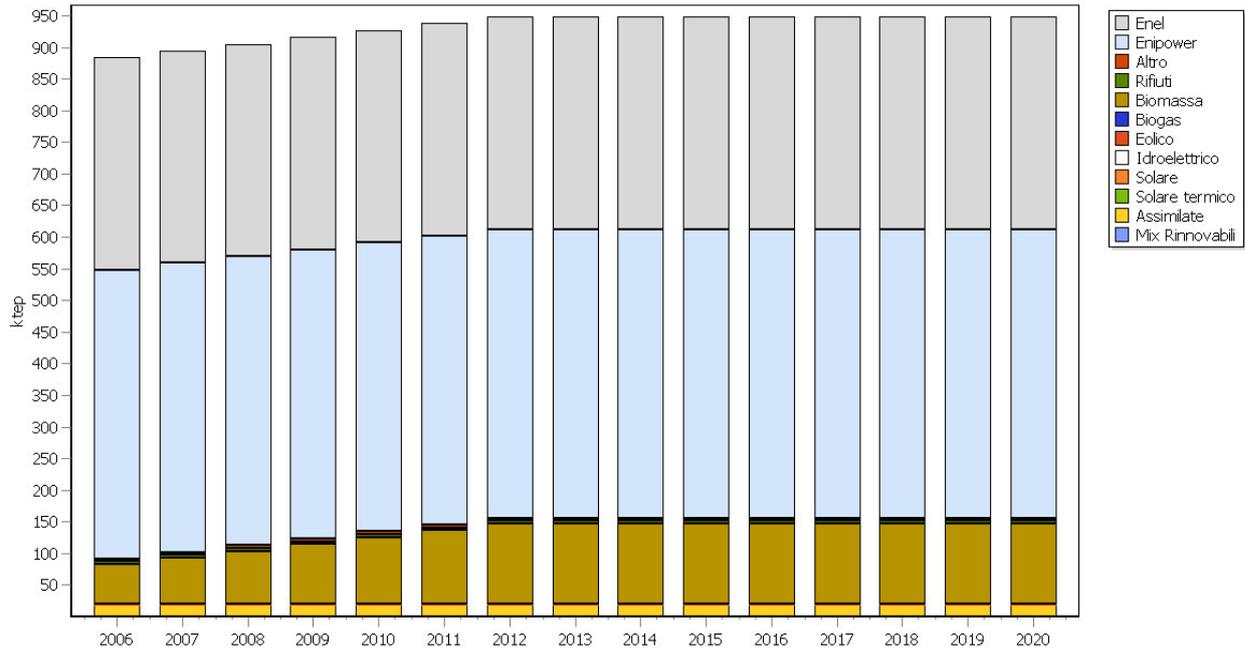


Figura 50: Produzione di energia elettrica nello scenario Business as usual

Nella Figura 50 viene illustrato il sistema di produzione di energia elettrica, che in base alle assunzioni fatte resta immutato, ad esclusione dell'utilizzo delle biomasse. Non tutta l'energia elettrica prodotta in Provincia viene però utilizzata all'interno della stessa. In Figura 51 viene mostrata la differenza tra domanda e offerta di energia elettrica. Risulta come la domanda, al 2020, da parte della Provincia di Ravenna vada a coprire il 34% della produzione, lasciando quindi un'abbondante quota per l'esportazione al resto d'Italia.

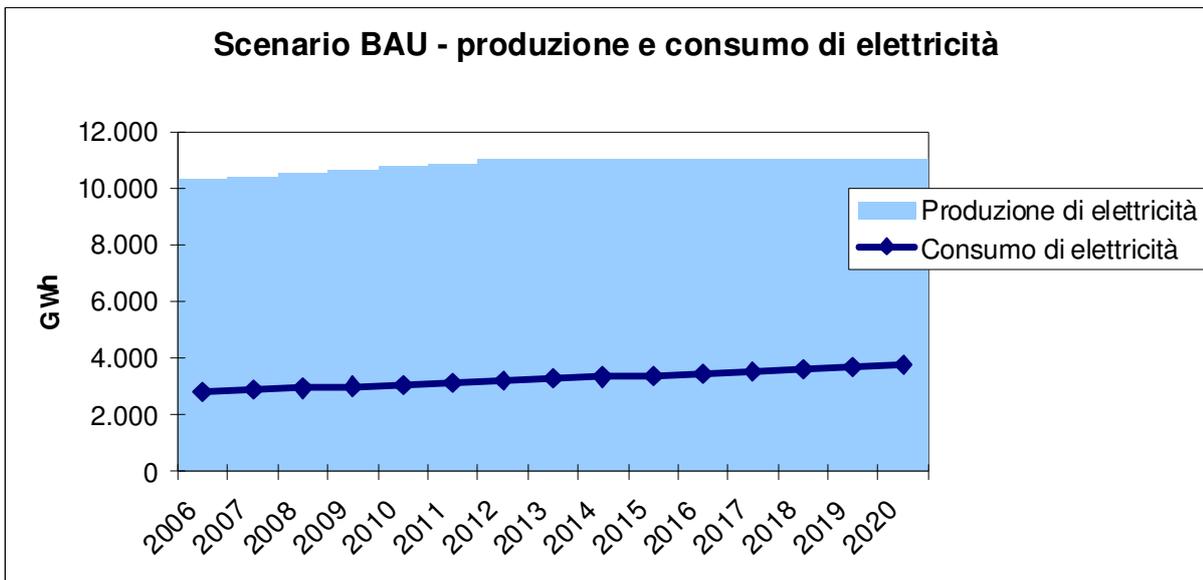


Figura 51: Confronto tra domanda e produzione di energia elettrica nello scenario Business as usual

Per quanto riguarda le emissioni di gas serra, visto che la produzione di energia da fonti fossili è supposta costante, la crescita delle emissioni è totalmente dovuta alla domanda di energia, e passa da 8 milioni di tonnellate di CO₂eq a 9 milioni circa.

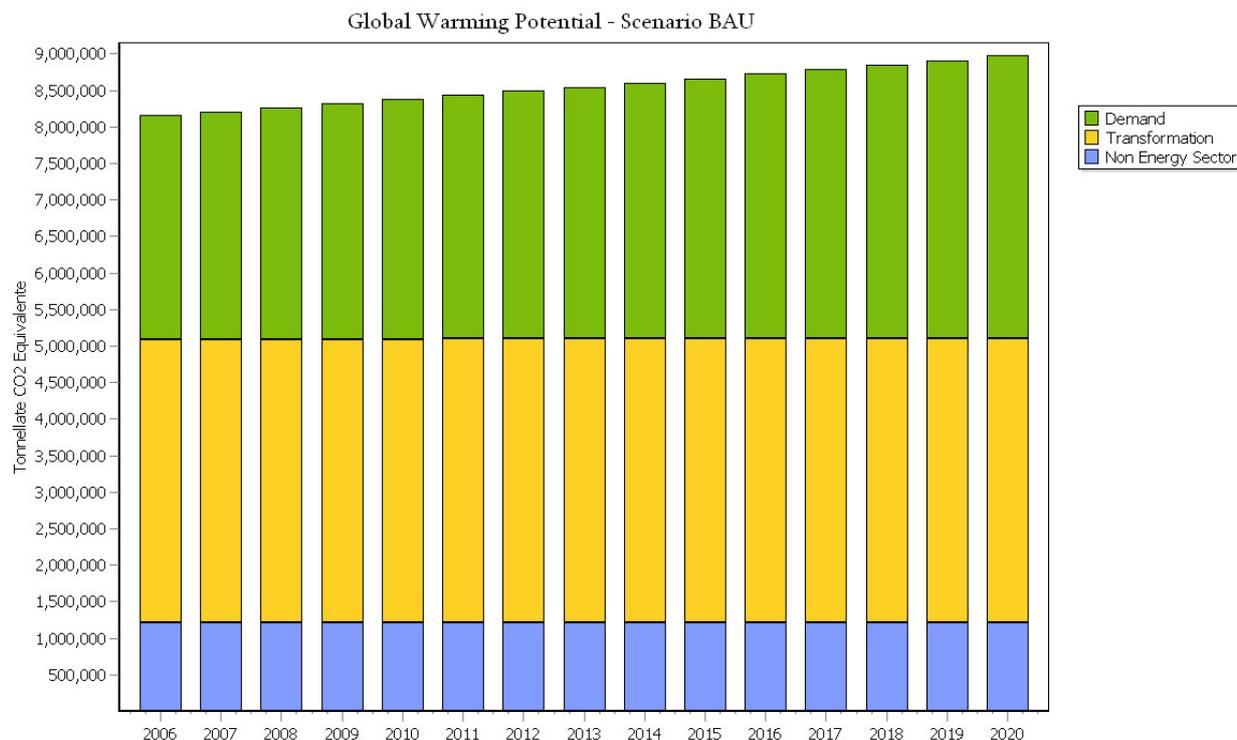


Figura 52: Emissioni in atmosfera nello scenario Business as usual

Le condizioni previste di aumento dei consumi e delle emissioni, associate al mantenimento degli attuali sistemi di produzione di elettricità, non permettono di raggiungere gli obiettivi internazionali, europei e nazionali in materia di energia, che sono indirizzati al risparmio energetico, alla riduzione delle emissioni di gas serra e all'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia. Da queste previsioni nasce la necessità di definire altri scenari, che ipotizzino l'applicazione di nuove politiche energetiche.

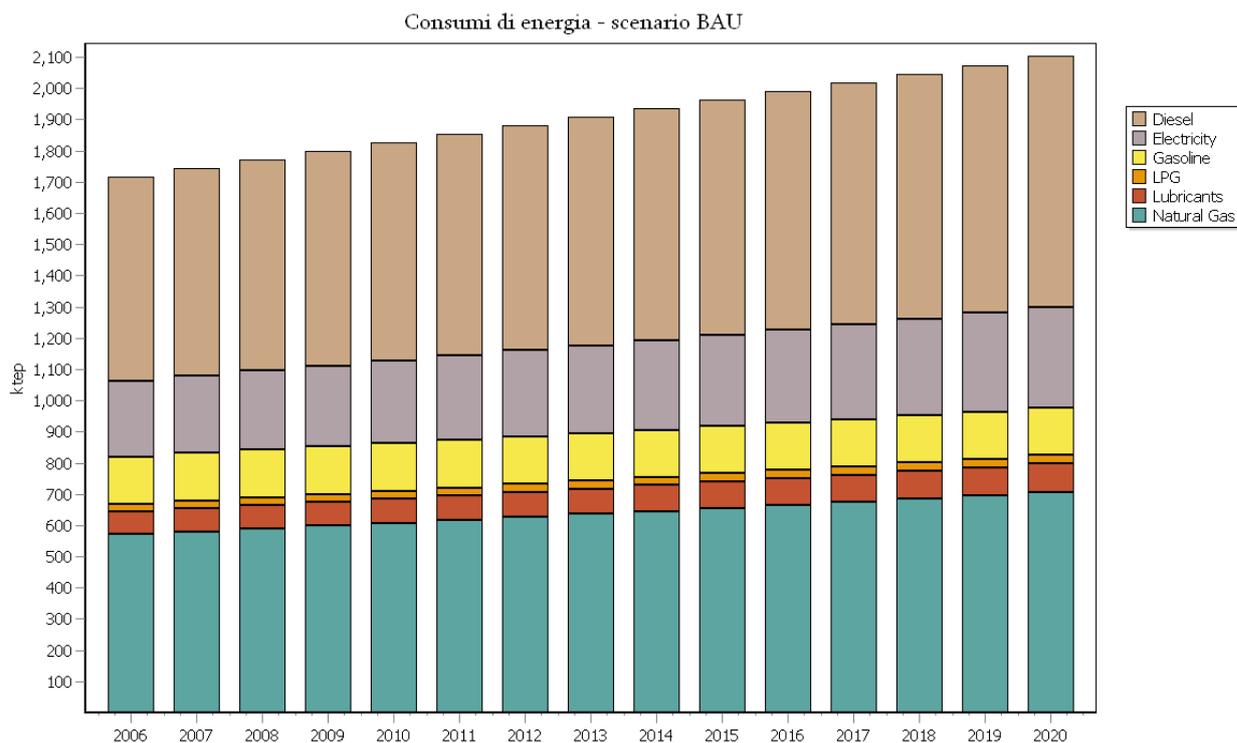


Figura 53. Domanda finale di energia nello scenario Business as usual, aggregata per vettore energetico

3.4.3.2 SCENARIO DI APPLICAZIONE DEL PIANO ENERGETICO

Come anticipato nel capitolo 3, lo scenario di applicazione del Piano Energetico è di tipo anticipativo, in quanto è stato costruito a partire dagli obiettivi che si intendeva raggiungere al 2020, procedendo a ritroso per individuare un mix di azioni adeguato al raggiungimento di tali obiettivi. Gli obiettivi sono sinteticamente riportati in Tabella 30, Tabella 31 e Tabella 32, aggiornati al gennaio 2009.

Quadro di riferimento internazionale ed europeo		
Normativa	N°	Obiettivo di riferimento
Protocollo di Kyoto		Riduzione media dell'8% dei valori di emissioni di gas ad effetto serra, rispetto ai livelli del 1990, fra il 2008 e il 2012.
Libro Bianco - COM (1997) 599		Implementazione al 12% (attualmente 6%) del contributo delle fonti energetiche rinnovabili al consumo interno lordo dell'Unione Europea entro il 2010
Piano d'azione per migliorare l'efficienza energetica nella Comunità europea – COM (2000) 247	1	Raggiungimento del potenziale economico di miglioramento dell'efficienza energetica tra il 1998 e il 2010 di circa il 18% del consumo annuo totale del 1995 (Ciò eviterebbe di consumare oltre 100 Mtep, ossia un volume annuale di emissioni pari a quasi 200 Mt, circa il 40% dell'impegno dell'UE stabilito a Kyoto).
	2	Raggiungimento dell'obiettivo comunitario di un raddoppio dell'impiego della cogenerazione, fino ad arrivare entro il 2010 al 18% della produzione di energia elettrica dell'UE
Libro Verde - COM (2000) 769	1	Raggiungimento della quota del 12 % in energie nuove e rinnovabili nel bilancio energetico entro il 2010
	2	Raggiungimento del 22 % nella produzione di elettricità da fonte rinnovabile entro il 2010
	3	Raggiungimento del 20% del consumo totale di combustibile in biocarburanti e altri combustibili di sostituzione, compreso l'idrogeno, entro il 2020
Piano d'azione per la biomassa - COM (2005) 628		Coprire l'8% del fabbisogno energetico entro il 2010 con biomasse
Direttiva 2006/32/CE		Obiettivo nazionale indicativo globale di risparmio energetico pari al 9 % per il nono anno di applicazione della presente direttiva
Piano d'azione per l'efficienza energetica: concretizzare le potenzialità - COM (2006) 545	1	Riduzione del 20% del consumo annuo di energia primaria entro il 2020
	2	Obiettivo vincolante di riduzione delle emissioni inquinanti dei veicoli, in modo da raggiungere la soglia di 120 g di CO ₂ /km entro il 2012
Le energie rinnovabili nel 21° secolo: costruire un futuro più sostenibile - COM (2006) 848	1	Obiettivo per le energie rinnovabili del 25% del consumo energetico totale dell'UE per il 2020
	2	Obiettivo generale giuridicamente vincolante per l'UE di una quota del 20% di fonti energetiche rinnovabili nel consumo interno lordo entro il 2020
	3	Obiettivo minimo per i biocarburanti per il 2020 fissato a 10% del consumo totale di benzina e di gasolio per il trasporto.
Una politica energetica per l'Europa - COM (2007) 1	1	Riduzione delle emissioni di gas serra derivanti dal suo consumo di energia del 20% entro il 2020 rispetto ai valori del 1990.
	2	Riduzione delle emissioni di gas serra derivanti dal suo consumo di energia del 30% entro il 2030 rispetto ai valori del 1990.
	3	Riduzione delle emissioni di gas serra derivanti dal suo consumo di energia del 60-80% entro il 2050 rispetto ai valori del 1990.

Quadro di riferimento internazionale ed europeo		
Normativa	N°	Obiettivo di riferimento
Politica energetica per l'Europa - PEE 2007-2009	1	Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra di almeno il 20% entro il 2020 rispetto al 1990
	2	Obiettivo vincolante che prevede una quota del 20% di energie rinnovabili nel totale dei consumi energetici dell'UE entro il 2020
	3	Obiettivo vincolante che prevede una quota minima del 10% per i biocarburanti nel totale dei consumi di benzina e gasolio per autotrazione dell'UE entro il 2020
Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio modifica della Direttiva 2003/87/CE per migliorare ed estendere il sistema di emission trading della CE (Eu Ets) - COM (2008) 16		Riduzione al 2020 del 21% rispetto alle emissioni del 2005 (nuovo anno di riferimento), che significa riduzione del 12% rispetto alle attuali soglie fissate per il periodo 2008-2012
Proposta di Decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni dei gas ad effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra entro il 2020 - COM (2008) 17		Riduzione per l'Italia al 2020 del 13% rispetto al 2005 dei livelli di emissioni di gas serra per le fonti non disciplinate dalla direttiva 2003/87/CE
Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili - COM (2008) 19	1	Italia: Frazione di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali di energia, 2005 (S_{2005}) = 5.2%; Obiettivo di frazione di energia da fonti rinnovabili sul totale dei consumi finali di energia, 2020 (S_{2020}) = 17%
	2	Frazione di energia da fonti rinnovabili nel settore dei trasporti nel 2020 di almeno il 10% dei consumi finali di energia nel settore dei trasporti in quello Stato membro
20 20 entro il 2020 - Le opportunità dell'Europa per il cambiamento climatico	1	Riduzioni delle emissioni del 10% rispetto ai livelli del 2005 entro il 2020 per i settori non rientranti nel sistema di scambio delle quote, come l'edilizia, i trasporti, l'agricoltura e i rifiuti
	2	Obiettivo del 20% delle energie rinnovabili entro il 2020 sul consumo energetico finale dell'UE
	3	Obiettivo minimo del 10% di biocarburanti nel settore dei trasporti entro il 2020 per ogni Stato membro
	4	Riduzione del 20% dei consumi energetici entro il 2020 migliorando l'efficienza energetica

Tabella 30. Il contesto degli obiettivi internazionali ed europei in materia di energia (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

Quadro di riferimento nazionale		
Normativa	N°	Obiettivo di riferimento
Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle Fonti rinnovabili		Obiettivo al 2008-2012 di incrementare l'impiego di energia da fonti rinnovabili fino a circa 20.3 Mtep, rispetto ai 11.7 Mtep registrati nel 1997 (+8.6 Mtep)
Delibera CIPE 137/1998	1	Riduzione del 6.5% del totale delle emissioni di gas ad effetto serra, rispetto ai valori del 1990, fra il 2008 e il 2012 (riduzione di 95/112 Mt di CO ₂ al 2008-2012)
	2	Aumento di efficienza nel parco termoelettrico (riduzione di 20/23 Mt CO ₂ al 2008-2012)
	3	Riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti (riduzione di 18/21 Mt CO ₂ al 2008-2012)
	4	Produzione di energia da fonti rinnovabili (riduzione di 18/20 Mt di CO ₂ al 2008-2012)
	5	Riduzione dei consumi energetici nei settori industriale/abitativo/terziario (riduzione di 24/29 Mt di CO ₂ al 2008-2012)
	6	Riduzione delle emissioni nei settori non energetici (riduzione di 15/19 Mt di CO ₂ al 2008-2012)
	7	Assorbimento delle emissioni di CO ₂ dalle foreste (riduzione di 0.7 Mt di CO ₂ al 2008-2012)
Legge 1 giugno 2002 n° 120		Obiettivo nazionale da raggiungere entro il 2012, di riduzione del 6.5% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 (da 520 a 486 milioni di tonnellate/anno di CO ₂ emessa)
Piano nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra - 2003-2010	1	Obiettivo di riduzione per l'Italia: emettere al più 487.1 Mton eq CO ₂ nel periodo 2008-2012, calcolato come media annuale
	2	L'Emilia Romagna si impegna a ridurre le emissioni al 2010 nel settore civile di 2 MtCO ₂ rispetto al valore del 1990
Decreto legislativo 30/05/2005 n°128		Incremento del 2.5% di biocarburanti entro il 2010
Decreto legge 10/01/2006 n°2		Implemento annuale dell'immissione al consumo di biocarburanti di origine agricola di un punto percentuale fino al 5% entro il 2010
Decreto Ministero dello Sviluppo Economico - 19 febbraio 2007		Obiettivo nazionale di potenza nominale fotovoltaica cumulata da installare stabilito in 3,000 MW entro il 2016
Decreto Ministero dello Sviluppo Economico - 21 dicembre 2007		Obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, che devono essere perseguiti dalle imprese di distribuzione di gas naturale ed energia elettrica
		2008: 1.2 Mtep elettricità; 1 Mtep gas
		2009: 1.8 Mtep elettricità; 1.4 Mtep gas
		2010: 2.4 Mtep elettricità; 1.9 Mtep gas
		2011: 3.1 Mtep elettricità; 2.2 Mtep gas
		2012: 3.5 Mtep elettricità; 2.5 Mtep gas

Tabella 31. Il contesto degli obiettivi nazionali in materia di energia (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

Quadro di riferimento regionale		
Normativa	N°	Obiettivo di riferimento
Atto di coordinamento dei compiti attribuiti agli Enti locali in materia di contenimento dei consumi di energia, ai sensi del comma 5, art. 30, del d.lgs n. 112/98 (del 18/03/2002)	1	Obiettivi di risparmio energetico per il settore civile: risparmio al 2010 pari a 550,000 tonnellate equivalenti di petrolio
	2	Obiettivo per il sistema abitativo di riduzione dei consumi energetici di 330,000 tonnellate equivalenti di petrolio corrispondenti ad una quantità di emissioni evitate di CO ₂ pari a circa 700,000 tonnellate
Piano Energetico Regionale (14-11-2007)	1	Contributo regionale agli obiettivi di Kyoto: riduzione del 6.5% delle emissioni climalteranti registrate nel 1990, tagliando oltre 6 milioni di tonnellate di CO ₂ equivalenti
	2	Obiettivi quantificati di risparmio energetico al 2010 nei diversi settori
	3	Obiettivi quantificati di valorizzazione delle fonti rinnovabili al 2010 rispetto al 2000
	4	Obiettivi di qualificazione del sistema elettrico regionale al 2010/2015: aumento della produzione elettrica con fonti rinnovabili dagli attuali 1.23 TWh a 2.8 TWh al 2010
	5	Obiettivi di qualificazione del sistema elettrico regionale al 2010/2015: aumento della cogenerazione dagli attuali 1.4 TWh a 5 TWh al 2010
	6	Raggiungimento dell'autosufficienza elettrica della Regione entro il 2010 con un implemento della produzione elettrica di circa 12.6 TWh

Tabella 32. Il contesto degli obiettivi della regione Emilia Romagna in materia di energia (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)

Nel corso della collaborazione con la Provincia di Ravenna per la stesura del Piano Energetico Provinciale, gli obiettivi sono stati scalati a livello locale, basandosi su fattori quali il numero di abitanti, l'estensione, la percentuale dei consumi regionali imputabile alla Provincia. Questo ha portato, insieme ad alcune indicazioni di tipo politico fornite dalla Provincia, a definire gli obiettivi locali indicati in Tabella 33.

	Organismo emittente	Obiettivo di riferimento	Obiettivo quantificato sui consumi totali	Obiettivo quantificato sui consumi finali
Rinnovabili	Comunità Europea	Raggiungimento della quota del 12 % in energie nuove e rinnovabili nel bilancio energetico entro il 2010 (Libro Verde COM (2000) 769)	385 ktep = +294 ktep	
	Comunità Europea	Raggiungimento del 22 % nella produzione di elettricità da fonte rinnovabile entro il 2010 (Libro Verde COM (2000) 769)	2,270 GWh = +1,218 GWh (522ktep = +280 ktep)	
Riduzione consumi	Comunità Europea	Riduzione del 20% dei consumi energetici del 2005 entro il 2020 migliorando l'efficienza energetica - COM (2008) 30		- 423 ktep
	Emilia Romagna	Obiettivi quantificati di risparmio energetico al 2010 nei diversi settori - PER		- 180 ktep
Emissioni	Emilia Romagna	Contributo regionale agli obiettivi di Kyoto: riduzione del 6.5% delle emissioni climalteranti registrate nel 1990 al 2012, tagliando oltre 6 milioni di tCO ₂ eq - PER	- 671,645 t CO ₂ eq	

Tabella 33. Sintesi degli obiettivi quantificati individuati per la Provincia di Ravenna in coerenza con gli obiettivi fissati a livello internazionale, europeo, nazionale e regionale

Lo scenario di “applicazione del Piano” è contrapposto allo scenario BAU, e prevede l’effetto dell’applicazione delle azioni indicate nel Piano.

Le assunzioni che stanno alla base di questo scenario sono le seguenti:

- il sistema energetico mantiene le stesse voci della domanda, che continuano il loro sviluppo secondo i tassi registrati nel 2000;
- la popolazione continua a crescere secondo gli attuali tassi di crescita demografica;
- si prevede un miglioramento dell’efficienza nel settore domestico, in particolare nell’illuminazione e nel riscaldamento. Anche nel condizionamento è previsto un aumento dell’efficienza, pur continuando a prevedere una maggior diffusione di questa tecnologia. Un

miglioramento dell'efficienza è previsto anche nel settore industriale, come illustrato in Figura 54. Nel settore terziario è previsto, entro il 2020, la riduzione del 20% delle intensità energetiche per il riscaldamento, mentre restano invariate quelle per l'elettricità. In agricoltura non sono previsti aumenti di efficienza nelle tecnologie utilizzate. Per quanto riguarda i trasporti, si ipotizza una diminuzione annua del 6% nei consumi medi per chilometro e una leggera flessione (-1%) nelle vendite di auto a benzina e diesel, a seguito delle politiche volte a favorire la diffusione di veicoli a metano e quelle legate all'applicazione dell'accordo di programma sulla qualità dell'aria, valido per la regione Emilia Romagna. Per quanto riguarda il trasporto merci, è ipotizzato un miglioramento dell'efficienza dei veicoli diesel.

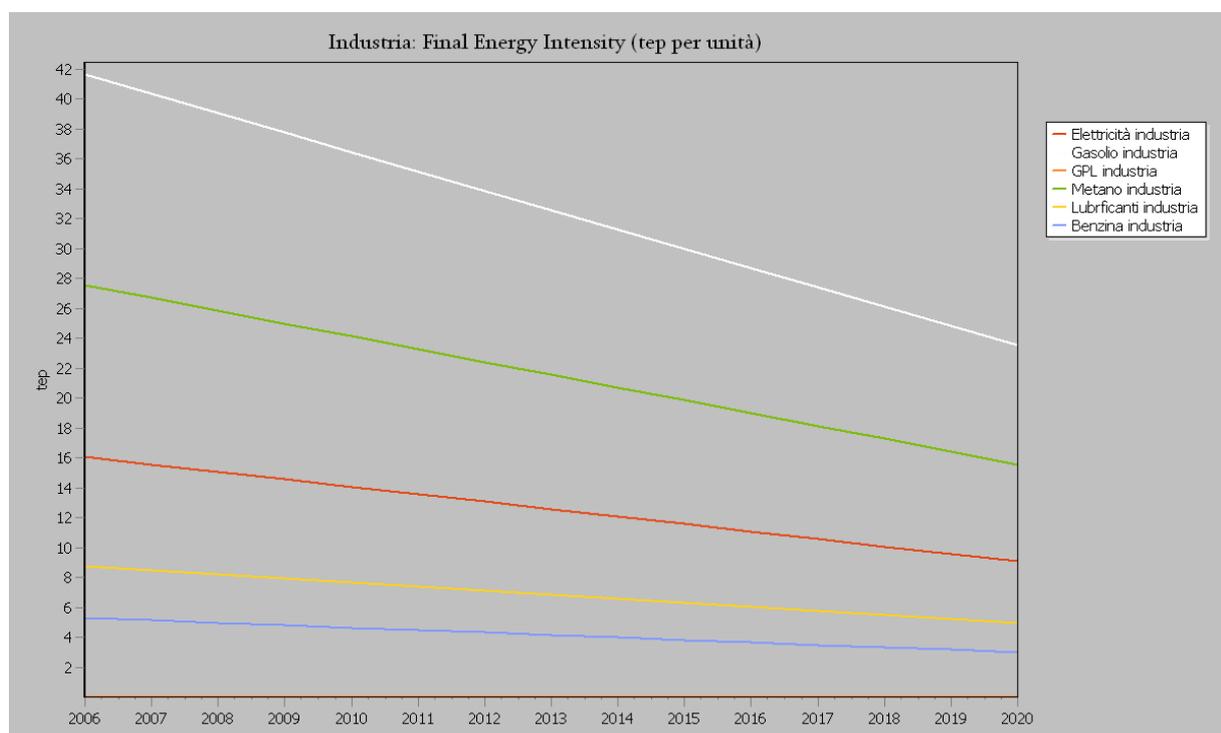


Figura 54. Andamento dell'intensità energetica del settore industria nello scenario di applicazione del Piano

- il sistema di produzione di energia elettrica viene fatto evolvere come illustrato in Figura 55 per quanto riguarda la potenza installata;

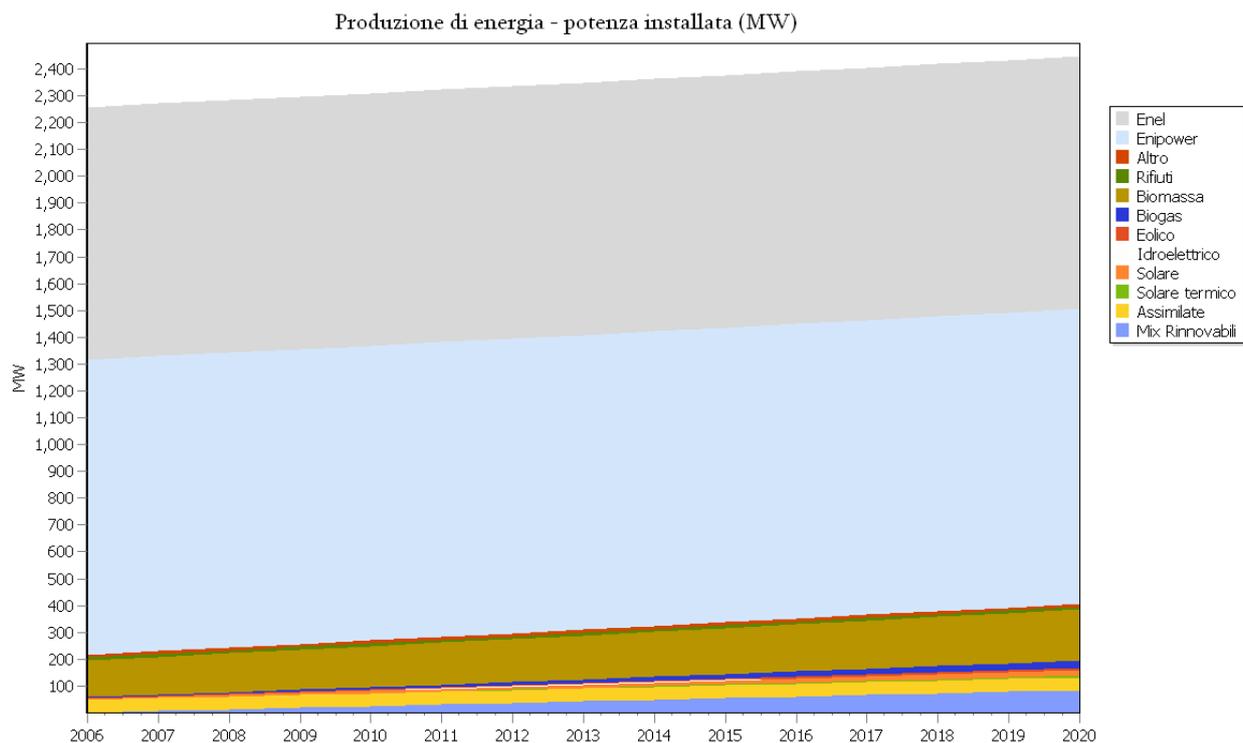


Figura 55. Dati inseriti in LEAP per la produzione di energia elettrica – scenario di applicazione del Piano

Per quanto riguarda le fonti rinnovabili, il Piano prevede un aumento di 280 ktep/anno nella produzione di energia da queste fonti. Si tratta di un obiettivo ambizioso, tanto che è stato valutato come solo parte di questo quantitativo (circa 70 ktep) possa originare dalle azioni proposte nel Piano, lasciando il resto ad iniziative spontanee sul territorio.

Nel lavoro di predisposizione del Piano Energetico (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009) molto spazio è stato dato al tema delle biomasse. Il trend di crescita dell'energia prodotta da biomasse illustrato in questo scenario deriva da 2 valutazioni:

- da un lato, una valutazione di tipo normativo-autorizzativo, che ha indagato le procedure di autorizzazione in corso presso la Provincia di Ravenna (in base al D.Lgs 112/98, art.31 e L.R. 26/04, art.3). Si tratta prevalentemente di impianti alimentati a biomasse non di scarto, ma acquistate appositamente e che vengono trasportate via mare fino al porto di Ravenna (olio di palma, ad esempio);
- da un lato, una valutazione sul potenziale energetico delle biomasse di scarto prodotte ogni anno in Provincia dai settori agro-industriale (scarti e sottoprodotti a matrice organica), civile (frazione biodegradabile dei rifiuti da raccolta differenziata ed indifferenziata, e fanghi di depurazione), forestale e zootecnico (deiezioni animali) (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009).

In Figura 56 è rappresentato lo scenario di evoluzione della produzione di energia in Provincia di Ravenna, valutata nell'ipotesi di sommare la nuova produzione di rinnovabili a

quella già esistente (da fonti fossili e da fonti rinnovabili). In tal caso le fonti fossili non vengono sostituite, ma si verificherebbe un aumento della produzione di energia.

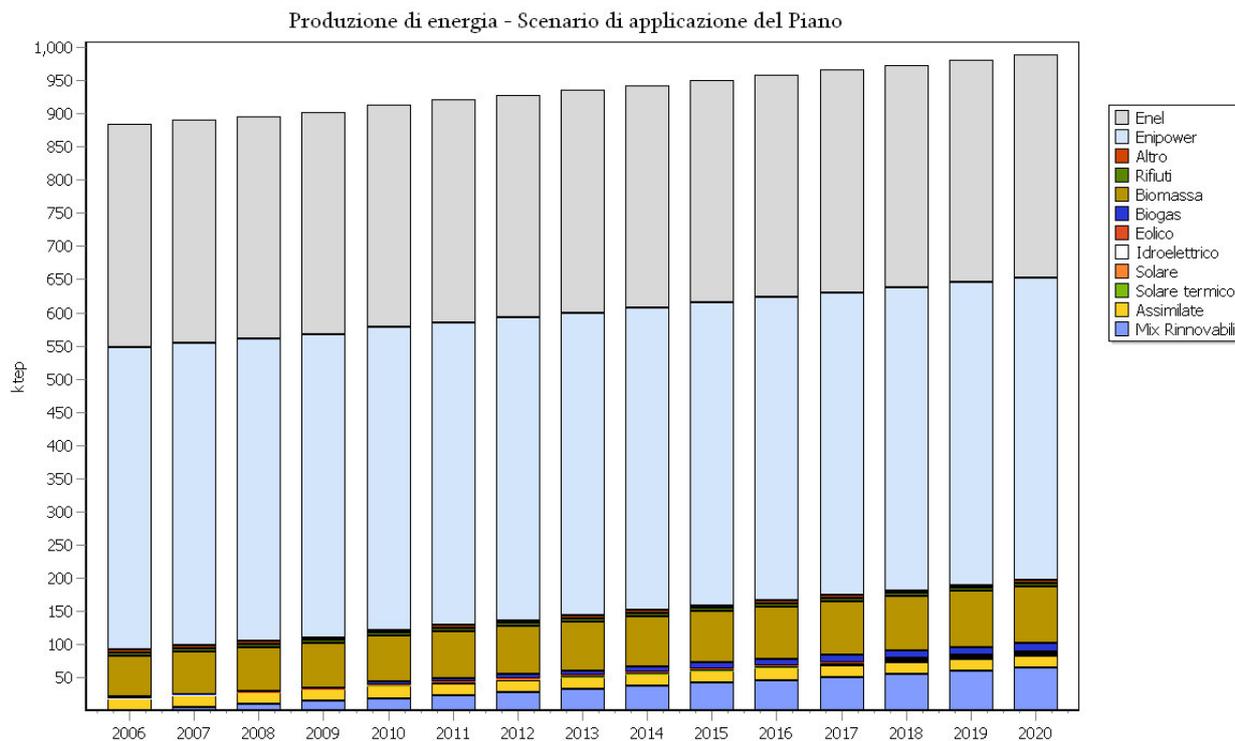


Figura 56. Scenario di applicazione del piano. Produzione di energia in Provincia di Ravenna

Non tutta l'energia elettrica prodotta in Provincia verrà però utilizzata all'interno della provincia stessa, come accade anche nella situazione attuale.

In Figura 57 viene mostrata la differenza tra domanda e offerta di energia elettrica. Risulta come la domanda al 2020 da parte della Provincia di Ravenna vada a coprire una quota compresa tra il 28 ed il 33% della produzione, lasciando quindi un'abbondante quota per l'esportazione al resto della Regione.

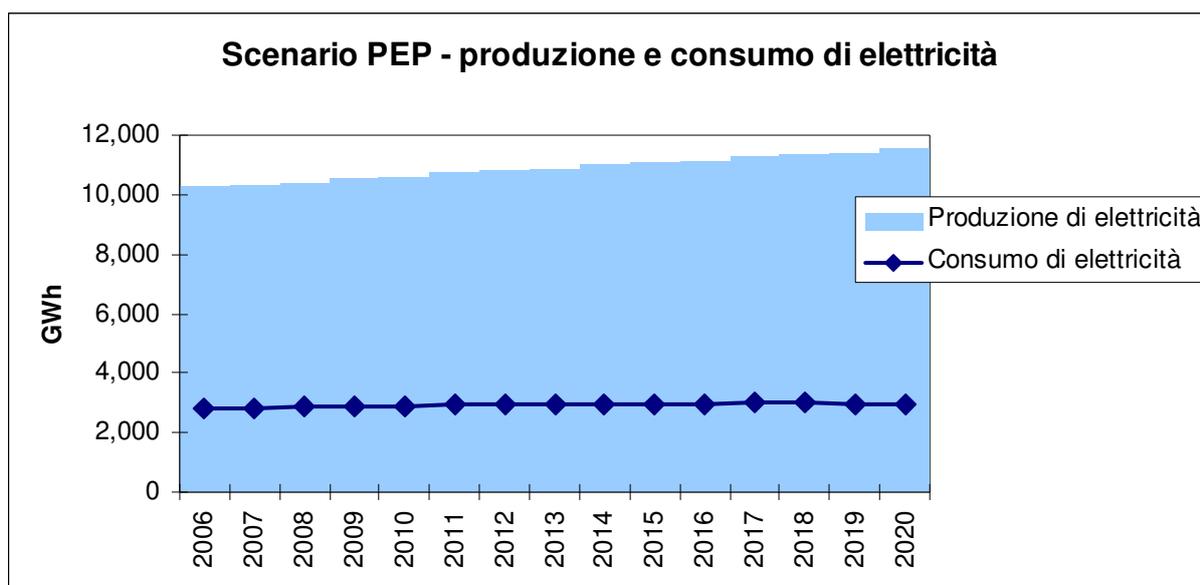


Figura 57. Differenza tra la domanda e la produzione di energia elettrica nello scenario di applicazione del Piano

L'obiettivo di risparmio per la Provincia di Ravenna è fissato a 180 ktep, da risparmiare negli usi finali di energia. Il risultato della simulazione effettuata da LEAP è mostrato in Figura 58.

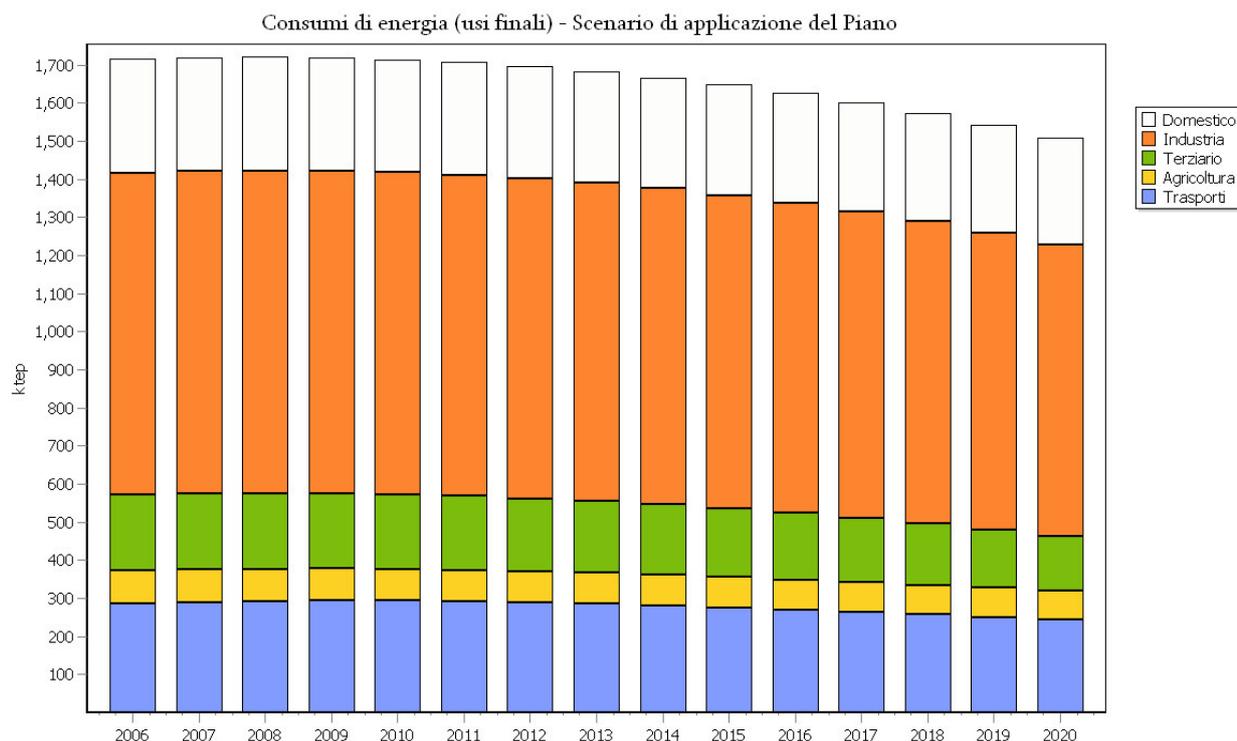


Figura 58. Scenario di applicazione del Piano. Usi finali di energia

Se si considerano le sole esigenze di energia della Provincia di Ravenna, è logico assumere che l'aumento di produzione di energia da fonti rinnovabili debba accompagnarsi ad una proporzionale riduzione della produzione di energia da fonti fossili. E' vero però che la scelta di

ridurre la produzione delle centrali termoelettriche che utilizzano fonti convenzionali non è dipendente dalla Provincia, ed è vero anche che a livello regionale e nazionale il deficit elettrico non consente il depotenziamento delle centrali esistenti.

D'altra parte, senza poter intervenire sulla produzione di energia da fonti convenzionali, la Provincia difficilmente potrà raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni fissati dal protocollo di Kyoto. L'andamento delle emissioni di GHGs è riportato in Figura 59. L'aumento di produzione di energia da fonti rinnovabili non dà ulteriori contributi alle emissioni, ma nemmeno le riduce, a meno che non si preveda una sostituzione delle fonti fossili, cosa questa che non è contemplabile in una situazione in cui, a livello italiano, la produzione di elettricità è inferiore alla richiesta.

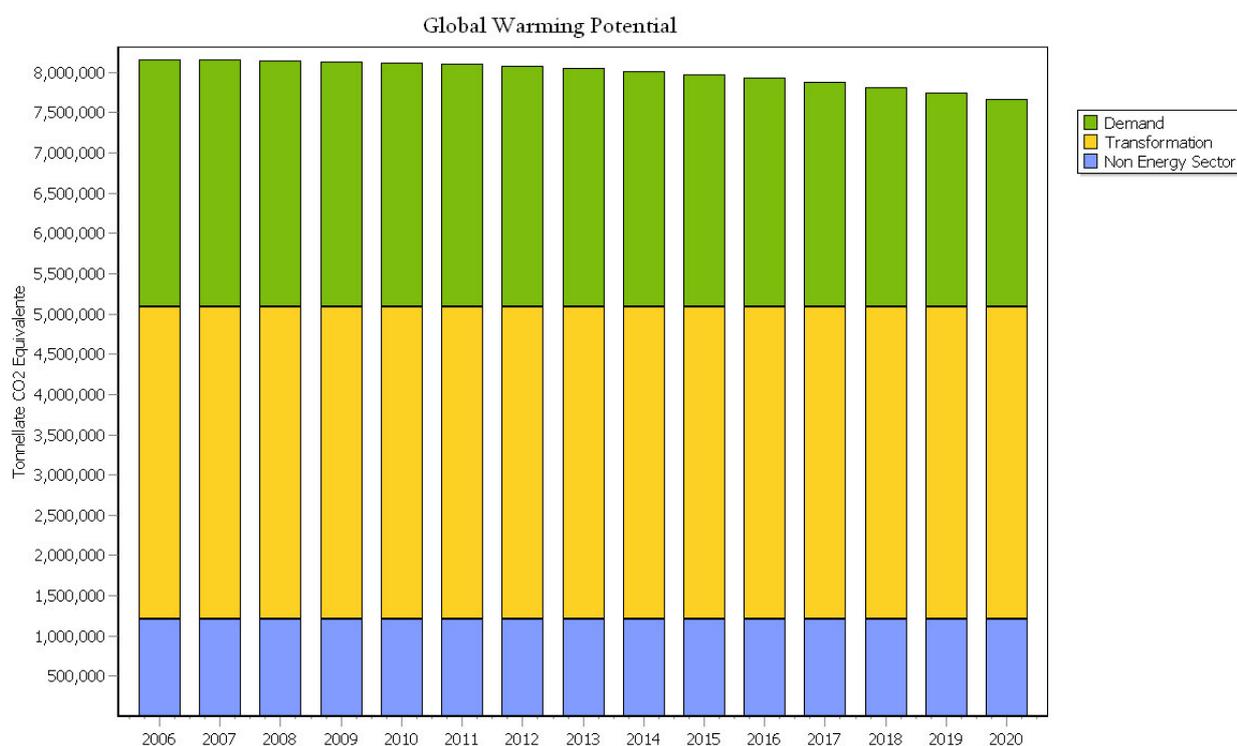


Figura 59. Scenario di applicazione del Piano: andamento delle emissioni di CO₂eq

Confrontando l'obiettivo fissato dal Protocollo di Kyoto con i risparmi ottenibili dalle azioni proposte nel Piano energetico, si osserva come queste riescano a raggiungere solamente il 40% circa dei tagli alle emissioni necessari (1,320,693 tCO₂eq su 3,234,667 tCO₂eq), anche considerando che la nuova produzione di energia da fonti rinnovabili vada a sostituire in parte la produzione da fonti convenzionali, e che quindi a tutta la nuova produzione da fonti rinnovabili corrisponda anche una riduzione delle emissioni di CO₂ (Figura 60).

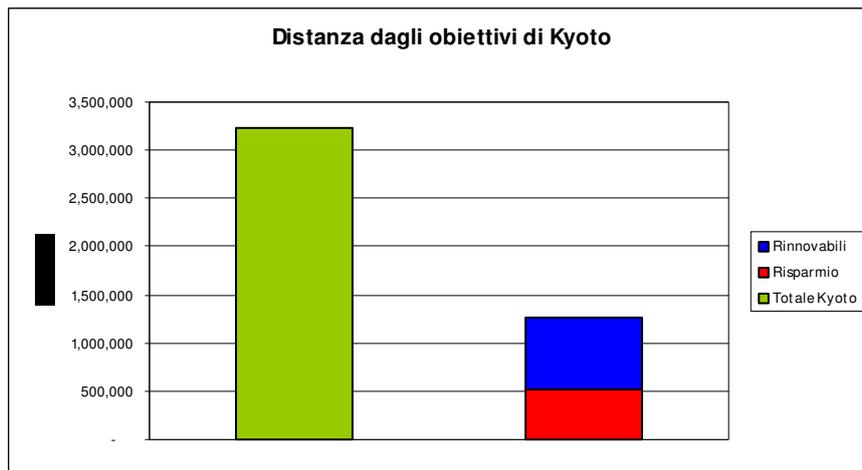


Figura 60. Obiettivi di Kyoto scalati a livello provinciale e confronto con gli effetti delle azioni del Piano energetico

Va però evidenziato come l'obiettivo di riduzione dei GWGs è stato calcolato sul totale delle emissioni di gas serra provenienti dalla Provincia di Ravenna, secondo le metodologie IPCC e Corinair; una parte di queste emissioni è però dovuta alla produzione di elettricità, che viene consumata in gran parte (71%) fuori Provincia. L'amministrazione Provinciale non ha la possibilità di intervenire sulle strategie di consumo e produzione di energia di altri territori.

Se si ricalcola la traduzione provinciale dell'obiettivo di riduzione fissato dal Protocollo di Kyoto, escludendo le emissioni provocate dalla produzione di elettricità che poi non viene consumata sul territorio provinciale, le azioni definite nel Piano sono sufficienti al raggiungimento dell'obiettivo (Figura 61).

Le emissioni complessive della Provincia, escludendo questa quantità, passano da 8,314,945 a 5,751,923 tCO₂eq. Lo sforzo necessario per raggiungere l'obiettivo fissato dal Protocollo di Kyoto si riduce quindi a - 671,645 tCO₂eq.

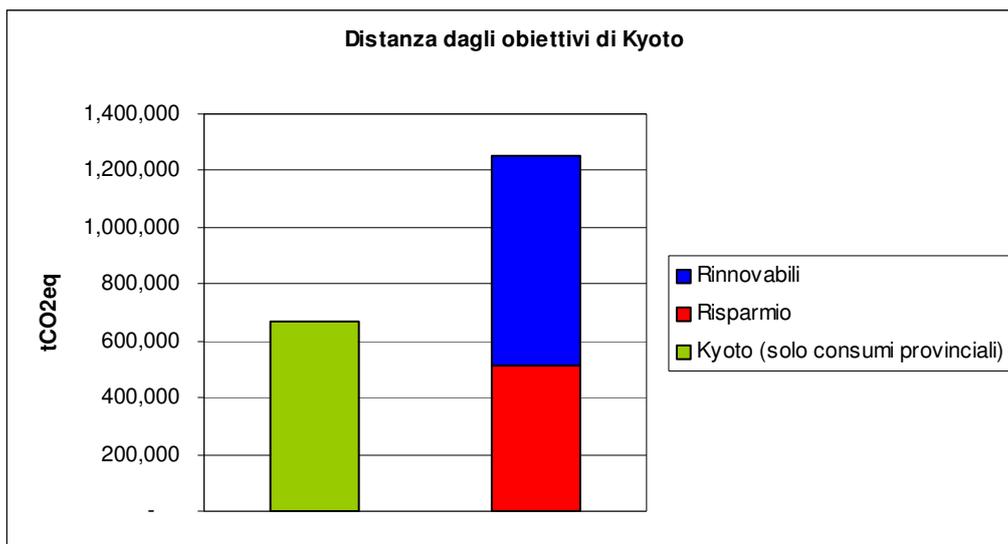


Figura 61. Obiettivi di Kyoto scalati a livello provinciale e confronto con gli effetti delle azioni del Piano energetico. Sono escluse le emissioni dovute alla produzione di energia elettrica non destinata al consumo interno

Una breve considerazione va dedicata al consumo dei diversi vettori energetici in questo scenario, che tra i 3 realizzati è quello che prevede più azioni per il risparmio energetico : si ha in particolare una riduzione dei consumi di metano, gasolio e benzina, mentre i consumi di elettricità aumentano. Questo perché, pur avendo inserito dei trend di miglioramento dell'efficienza dei dispositivi elettrici, la loro crescente diffusione (in particolare dei condizionatori estivi) porta ad un complessivo aumento dei consumi di questo vettore (Figura 62).

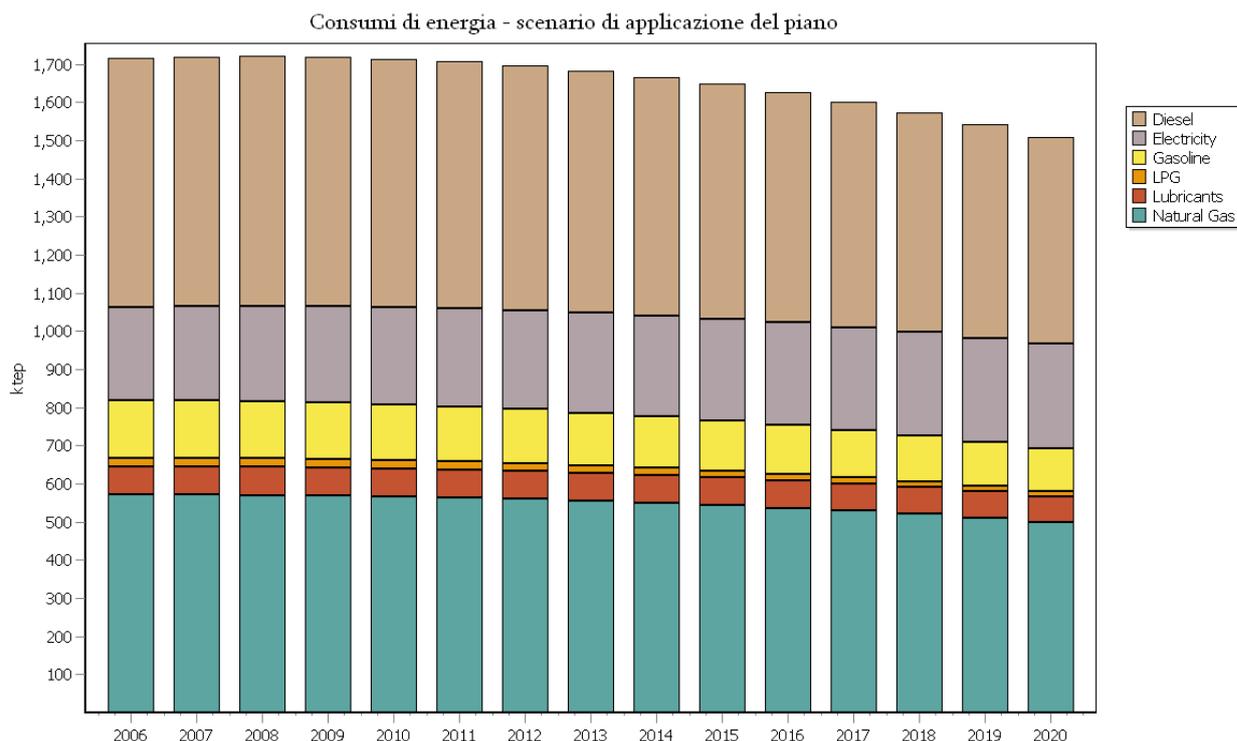


Figura 62. Domanda finale di energia nello scenario di applicazione del piano, aggregata per vettore energetico

3.4.3.3 SCENARIO DI “AUTOSUFFICIENZA ENERGETICA”

Lo “scenario di autosufficienza energetica” è stato costruito a scopo conoscitivo, anche se non rappresenta una vera e propria evoluzione probabile del sistema considerato: se a livello provinciale la produzione di elettricità è estremamente sovradimensionata rispetto alle esigenze del territorio, a livello italiano la situazione è opposta, con la necessità di importare energia elettrica dall'estero, con conseguenti perdite di trasporto e costi economici.

Le assunzioni che stanno alla base di questo scenario sono le seguenti:

- i consumi di energia hanno le stesse assunzioni dello scenario BAU;
- le due centrali ENEL ed ENIPOWER vengono ridimensionate, a partire dal primo anno di simulazione, a circa il 10% della loro capacità;

I risultati del software LEAP per quanto riguarda la produzione di elettricità sono riportati in Figura 63. L'effetto complessivo risulta essere che, a partire dal 2013, l'energia elettrica prodotta da biomasse supera quella prodotta da metano.

A questo livello di approfondimento, non sono state inserite differenziazioni tra le diverse tecnologie per la produzione di energia da biomasse. Va comunque sottolineato che dal punto di vista ambientale questa sostituzione non è necessariamente caratterizzata come positiva, ma che vanno presi in considerazione almeno i seguenti parametri:

- produzione delle biomasse (residuali o dedicate);
- origine delle biomasse (locali o importate);

- produzione di inquinanti atmosferici locali.

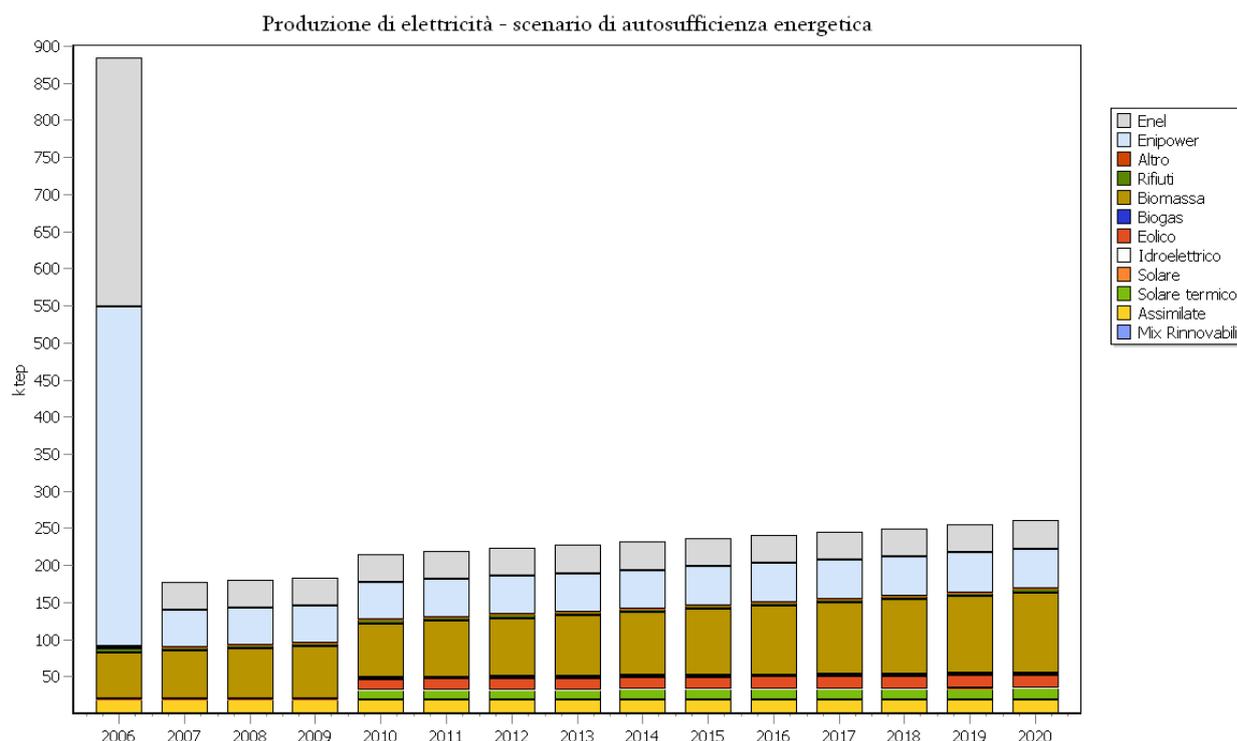


Figura 63. Produzione di energia elettrica – scenario di autosufficienza energetica

Le emissioni di gas serra per questo scenario sono rappresentate in Figura 64. Si riducono le emissioni dovute alla produzione di energia, mentre aumentano quelle dovute agli usi finali, visto che i consumi di questo scenario seguono quelli dello scenario BAU, che sono in crescita.

Questo scenario è stato costruito anche per rispondere all'obiezione di molti cittadini del territorio di Ravenna, che vedono nelle centrali ENEL ed ENIPOWER gli unici 2 soggetti che si devono impegnare per migliorare le proprie prestazioni ambientali, visto che hanno impatti tanto maggiori dei singoli cittadini. La simulazione con LEAP ha mostrato come, a livello locale, la semi-chiusura delle centrali permetta sì di tagliare fortemente le emissioni di GHGs, ma non di raggiungere gli obiettivi basati sulla riduzione degli usi finali di energia.

Inoltre, se l'analisi venisse allargata a livello nazionale od europeo, ecco che le emissioni risparmiate a Ravenna sarebbero da allocare a qualche altra centrale.

In ultima analisi, quindi, è necessario che le politiche energetiche si concentrino anche sulla riduzione della domanda di energia, che a sua volta, attraverso la regolazione del mercato, può portare ad una contrazione dell'offerta di energia stessa.

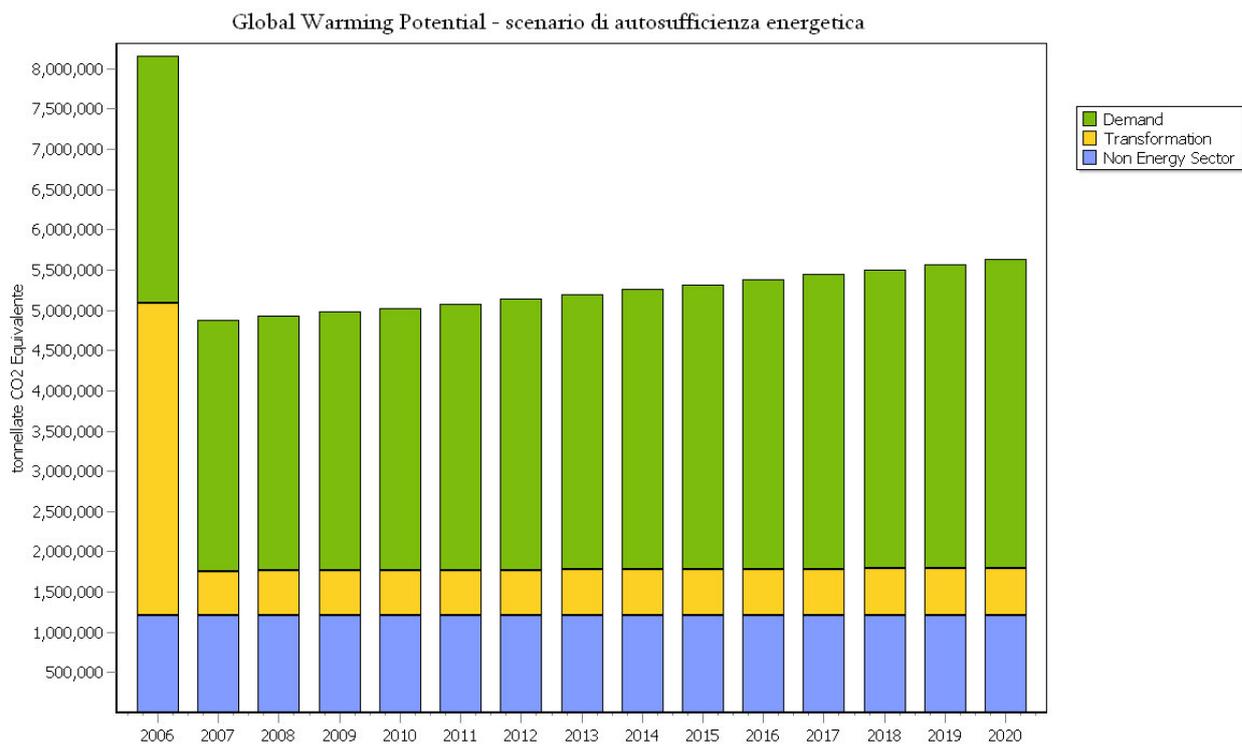


Figura 64. Emissioni in atmosfera di GHGs nello scenario di autosufficienza energetica

3.5 DISCUSSIONE

Gli scenari sono strumenti utili per rendere consapevoli i portatori di interesse sulle possibili conseguenze di determinate azioni, per aiutare nella visualizzazione di questi effetti. Uno strumento come questo, nelle mani di una pubblica amministrazione, può guidare verso la scelta della politica migliore per le specificità locali.

La flessibilità di un software come LEAP consente di adattarsi ad ogni sistema e anche a diversa quantità e qualità di dati. Più il sistema viene dettagliato e più sono disponibili dati attendibili, maggiore sarà l'accuratezza dello scenario costruito.

Migliori sono i dati di partenza minori sono le approssimazioni e quindi gli errori di simulazione, e quindi più vicino alla realtà sarà il sistema descritto e la sua evoluzione nel tempo.

Il software LEAP permette di condurre analisi molto più dettagliate di quelle realizzate in questo lavoro: in particolare, non sono stati inseriti dati relativi ai costi delle tecnologie e dell'energia prodotta, per cui non è stata condotta una analisi costi-benefici dei possibili interventi sul sistema energetico.

Il reperimento dei dati ha costituito una parte difficile del lavoro complessivo: per la frammentarietà dei dati, custoditi da un grande numero di enti o privati, per la scarsa omogeneità, data da diversi livelli di dettaglio o di aggregazione; per i lunghissimi tempi di acquisizione dei dati attraverso richieste formali; per la diversa frequenza di aggiornamento dei dati stessi.

Gli scenari prodotti per la Provincia di Ravenna contengono al loro interno alcune stime e ipotesi, proprio per sopperire a questa disomogeneità o carenza di informazioni. Questi scenari ci danno comunque una idea di alcune possibili evoluzioni nel tempo dei consumi energetici della Provincia e delle emissioni in atmosfera.

Lo scenario "Business as usual" prospetta una evoluzione del sistema energetico che non porta al raggiungimento degli obiettivi previsti dalla normativa internazionale, comunitaria e nazionale. Lo scenario di applicazione del piano è costruito appositamente per raggiungere questi obiettivi, ma per fare questo richiede andamenti ambiziosi.

La struttura del sistema energetico di Ravenna è modellata dal fatto che produce molta più energia elettrica di quella che effettivamente consuma. Questa situazione è condivisa da altre realtà in tutto il mondo: l'accentramento in grossi sistemi produttivi è tipico dei processi che modellando la nostra società. In un'ottica di sostenibilità locale occorrerebbe promuovere interventi che mirino all'autosufficienza di ogni realtà locale, come già è previsto dalla normativa nazionale e comunitaria per lo smaltimento dei rifiuti, ad esempio.

La presenza di giacimenti di metano nel territorio rende sconsigliabile la possibilità di ridimensionare le centrali termoelettriche che lo utilizzano.

L'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili nel territorio è caratterizzato prevalentemente dall'uso di biomasse, in parte locali e residuali ma per la maggior parte importate appositamente. Nello sviluppo degli scenari, si è tenuto conto di questa struttura ed anche dell'interesse che è dimostrato sul territorio per la realizzazione di nuovi impianti alimentati a biomassa. Non in questo lavoro, ma nel Piano Energetico della Provincia di Ravenna (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009), sono state fornite indicazioni per la compatibilità ambientale di questi impianti: biomassa residuale o coltivata con bassi input di materia ed energia, biomassa di origine locale e con pochi km di trasporto, tecnologie che non prevedano la combustione diretta. E' importante che nella Provincia venga dedicata attenzione alle altre fonti rinnovabili di energia, che hanno il pregio di non provocare emissioni in atmosfera, per indirizzare le iniziative imprenditoriali verso alternative all'uso delle biomasse.

La produzione di energia da fonti rinnovabili deve essere affiancata da una diminuzione della domanda di energia. Il risparmio di energia inserito negli scenari si basa sulla riduzione dei consumi in tutti i settori, in particolare quelli domestico e terziario. Per ottenerlo, se da un lato si prevedono interventi per l'efficientamento energetico degli edifici, dall'altro è necessario un cambiamento nelle abitudini di consumo della cittadinanza.

Dal punto di vista della capacità di rispondere agli obiettivi fissati dalle normative europee o nazionali, la Provincia di Ravenna si trova in una particolare situazione, dovuta soprattutto alla estrazione di metano, allo stoccaggio di metano ed alla presenza di due importati centrali termoelettriche. Questi fattori, che fanno sì che le emissioni di GHGs della Provincia siano le più alte della regione Emilia Romagna, fanno anche sì che gli obiettivi basati sulle emissioni attuali o passate, o sulla produzione di energia, si rivelino decisamente ambiziosi, e forse nemmeno indicati per il territorio.

Alcune tecnologie per la produzione o la distribuzione di energia non sono state prese in considerazione in questo lavoro (cioè non sono state incluse nel mix di produzione di energia degli scenari prodotti), soprattutto perché ad oggi non sono diffuse sul territorio analizzato o perché ancora non diffuse in generale. Questo lavoro, ad esempio, ha preso in piccola considerazione il riscaldamento ed il raffrescamento centralizzati (teleriscaldamento e teleraffrescamento), principalmente per la scarsa diffusione di tali sistemi nel territorio considerato. Il riscaldamento è stato quindi inteso come una serie di caldaie domestiche a metano o gasolio, ed il raffrescamento come una serie di condizionatori elettrici. La possibilità di sfruttare il calore di scarto delle centrali elettriche per il riscaldamento di quartieri o di realizzare impianti di riscaldamento centralizzati per aree urbane e commerciali è invece molto

interessante, nell'ottica di ridurre i consumi complessivi e le emissioni inquinanti. Un'altra possibilità interessante è la sostituzione delle caldaie domestiche con piccolissimi impianti di cogenerazione, che oltre a riscaldare le abitazioni producano anche una quota di energia elettrica.

Per il futuro, anche nell'ottica della pianificazione energetica del territorio della Provincia di Ravenna, sarà importante aggiungere dettaglio allo studio, differenziando maggiormente gli impianti di produzione e prevedendo anche impianti per la produzione di calore diversi dalle tradizionali caldaie.

L'importanza del settore del riscaldamento e raffrescamento per i consumi energetici, a fianco della produzione di energia elettrica e dei consumi per i trasporti, è sottolineata nella Direttiva europea RES che promuove l'uso delle fonti rinnovabili (Direttiva 2009/28/CE).

Ci sono poi 2 temi che non sono stati approfonditi per totale mancanza di dati: la diffusione dei pannelli solari termici e l'utilizzo attuale di biomasse a livello domestico, per stufe o camini.

In entrambi i casi, non esistendo un sistema di incentivi centralizzato (come il Conto Energia per il solare fotovoltaico) e non essendoci la necessità di acquisire autorizzazioni, non si hanno conoscenze sulla diffusione degli impianti. Tutte le altre Province italiane sono in questa condizione. Esistono alcuni lavori sull'uso delle biomasse che si basano sui rilevamenti del censimento ISTAT 2001 (ISTAT, 2001) ed introducono varie assunzioni sulla frequenza di utilizzo delle biomasse e sui quantitativi utilizzati (per la regione Piemonte, Mussinatto *et al.*, 2007) o che si basano su questionari a campione (per la regione Lombardia, Caserini *et al.*, 2005). Entrambi gli studi citati riconoscono all'uso delle biomasse per riscaldamento domestico un contributo non insignificante all'inquinamento atmosferico, in particolare da PM, CO, NOx.

Se per la Provincia di Ravenna il tempo e le risorse disponibili non hanno permesso di stimare né la diffusione del solare termico né l'uso domestico di biomasse, la conoscenza di questi dati è di fondamentale importanza per monitorare le azioni a favore della diffusione delle energie rinnovabili. Negli ultimi anni, i pannelli solari termici si stanno rapidamente diffondendo, grazie anche all'offerta di caldaie già predisposte per integrare il riscaldamento dell'acqua fornito dai pannelli. Anche nel campo dell'uso domestico di biomasse, le caldaie a pellet sono molto utilizzate. In sintesi, per poter definire completa la conoscenza del sistema energetico della Provincia di Ravenna, è importante acquisire, o almeno stimare con un metodo esplicitato, la diffusione ed il tasso di crescita di questi dispositivi.

4 ANALISI DI SOSTENIBILITÀ DEL SISTEMA ENERGETICO

4.1 INTRODUZIONE

Partendo dalla definizione di Sviluppo Sostenibile data dalla commissione Brundtland come è uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni (WCED,1987), allo sviluppo sostenibile vengono riconosciute come componenti intrinseche quelle economica, sociale ed ambientale.

Una interessante distinzione concettuale è quella tra sostenibilità forte e debole (Pearce e Atkinson, 1993; Neumayer, 1993): la sostenibilità forte rappresenta l'approccio più ambientale, o eco-centrico, perché prevede la non-sostituibilità tra capitale naturale e capitale artificiale, e richiede quindi la conservazione del capitale naturale e degli ecosistemi; la sostenibilità debole, al contrario, contempla la sostituibilità del capitale naturale con quello prodotto, e si concentra quindi sul mantenimento di parametri quali il consumo pro-capite ed i livelli di benessere.

Al di là delle variazioni nella definizione, una volta definito lo sviluppo sostenibile deve anche essere misurato, per valutare quali politiche vi portino più o meno vicino, quali nazioni siano più o meno sostenibili, e così via.

E' naturale che una valutazione di tal genere ha senso quasi solamente nel caso si adotti la definizione di sostenibilità debole: in caso contrario, la totalità dei paesi industrializzati che basano le loro economie sui combustibili fossili sono per definizione "insostenibili".

Visto che le componenti della sostenibilità sono molteplici, per misurarla si ricorre generalmente alla combinazione di più indicatori in indici di sostenibilità.

Va comunque segnalato che la parola sostenibile viene utilizzata sempre più spesso e nei contesti più svariati, per cui a volte la si trova applicata a situazioni che poco hanno a che fare con la definizione originaria. Ad esempio, gli indici di sostenibilità del "Dow Jones", ideati nel 1999, sono una serie di indici che seguono le performance finanziarie delle principali compagnie "ispirate a principi di sostenibilità, e servono per aiutare a gestire prodotti finanziari".

Spesso, inoltre, si parla di sostenibilità ma si fa riferimento a una sola delle sue 3 componenti, frequentemente quella ambientale o quella economica. Anche nel lavoro del gruppo di ricerca di cui faccio parte, il "Cruscotto della Sostenibilità" creato per il Comune di Faenza (<http://g5.ambra.unibo.it/KRUSKOT>) è basato su qualità dell'aria, produzione di rifiuti e consumo di acqua, e quindi si occupa prevalentemente della componente ambientale della sostenibilità.

Esempi di indici che valutano la sostenibilità nel suo complesso sono l'indice definito dalla Fondazione Enrico Mattei (FEEM SI), il Dashboard of Sustainability creato dal JRC dell'EEA, l'indice di sostenibilità ISSI.

L'indice FEEM SI ha la peculiarità di essere inserito in un modello computazionale di equilibrio generale (una estensione del “Intertemporal Computable Equilibrium System – ICES”), il che permette di proiettare nel futuro i risultati, mantenendo le variabili collegate tra loro da una serie di vincoli, che fanno sì che al variare di una (ad esempio la spesa pubblica nel settore ambientale) varino conseguentemente anche le altre (nell'esempio, la spesa pubblica nei settori sociale ed economico).



Figura 65. Il set di indicatori del FEEM SI

L'indice FEEM SI è composto da un set di 18 indicatori (Figura 65) che coprono le tre macro-componenti della sostenibilità e derivano da set di indicatori completi e affidabili, quali i World Development Indicators (WDI) della World Bank o il Core Set di indicatori della EEA. Gli indicatori sono normalizzati in scala 0-1 con una normalizzazione specifica per ciascun indicatore, basata su un benchmarking con valori di letteratura che rappresentano le situazioni “molto insostenibili” (valore zero) e “target” (valore 1). Gli indicatori sono poi aggregati in base

a dei pesi soggettivi assegnati a diverse combinazioni degli stessi, in modo da non basare l'aggregazione sul principio della and-ness (non sostituibilità tra gli indicatori) o della or-ness (compensazione tra indicatori) ma di regolarla in base alla "scala di valori" degli utilizzatori (FEEM, 2009).

Il Dashboard of Sustainability (Figura 66) è un software realizzato dal "Joint Research Centre" – JRC della Commissione Europea, che permette di presentare le relazioni tra le tematiche ambientali, economiche e sociali in modo molto comunicativo e diretto. Gli indicatori, raggruppati per comparto, sono rappresentati con un colore (da verde a rosso) che ne descrive la performance (non in base ai target, perché gli autori ritengono che spesso i target non hanno una solida base scientifica, o nemmeno un vasto consenso sociale) e una dimensione che invece ne indica l'importanza, in base ad un peso (attualmente però sono assegnati uguali pesi ad ogni indicatore, in attesa di ottenere pesi differenziati attraverso delle indagini tra esperti e pubblico, basata su un processo di "Budget Allocation". Gli indicatori sono poi composti in un indice unico in base ad una media pesata. Oltre alle tre componenti ambientale, economica e sociale, il "Dashboard" ne prevede anche una "istituzionale".

Il software può funzionare con diversi set di indicatori, tutti orientati alla misura della sostenibilità, tra cui il set della "United Nations Commission for Sustainable Development (UNCSD)" o quelli relativi ai "Millennium Development Goals".

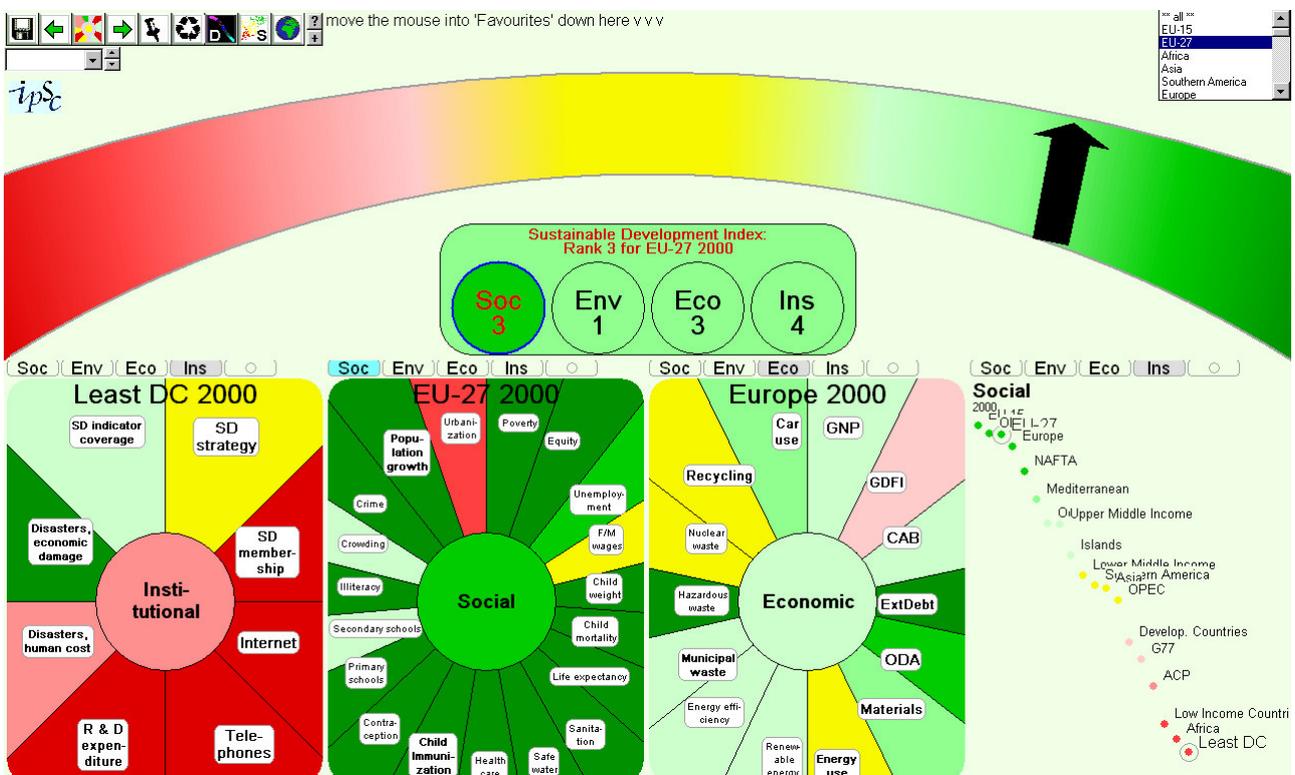


Figura 66. Una schermata del Dashboard of Sustainability

L'indice ISSI (Figura 67), un indice unico di performance, si basa sullo schema a 4 livelli degli indicatori di sostenibilità proposto dal Progetto Indicatori del Centro Comunitario di Ispra e dall' UN CSD. (CNEL, 2005) Gli indicatori utilizzati fanno parte dei dati trattati da ISTAT, APAT, ENEA, (Enti italiani), Eurostat ed EEA (Enti europei).

Per ciascuno sono definiti degli obiettivi in termini di target e tempo di conseguimento, ed si misura la distanza dell'indicatore dall'obiettivo. Nel complesso si valuta l'avanzamento di un territorio nella direzione della sostenibilità. Gli obiettivi per ciascun indicatore sono individuati sulla base delle normative esistenti, dei documenti programmatici e strategici nazionali ed europei e, per gli indicatori territoriali, delle Agende 21 locali ovvero delle indicazioni degli esperti del gruppo di lavoro. A partire da tutti gli indicatori ce fanno parte della base informativa, sono calcolati degli indici di dominio (ambiente, economia, società) ed un indice globale in base alla distanza degli indicatori dal target. L'unità di misura della distanza è funzione della dinamica interna dei fenomeni osservati. La metodologia vettoriale di combinazione, inoltre, tiene conto delle eventuali dipendenze statistiche riscontrate tra i diversi indicatori, e non attribuisce pesi ai diversi indicatori (Barbabella *et al.*, 2006). La composizione vettoriale di tutti i target configura un target multidimensionale che è un vettore dipendente dal tempo (CNEL, 2005).

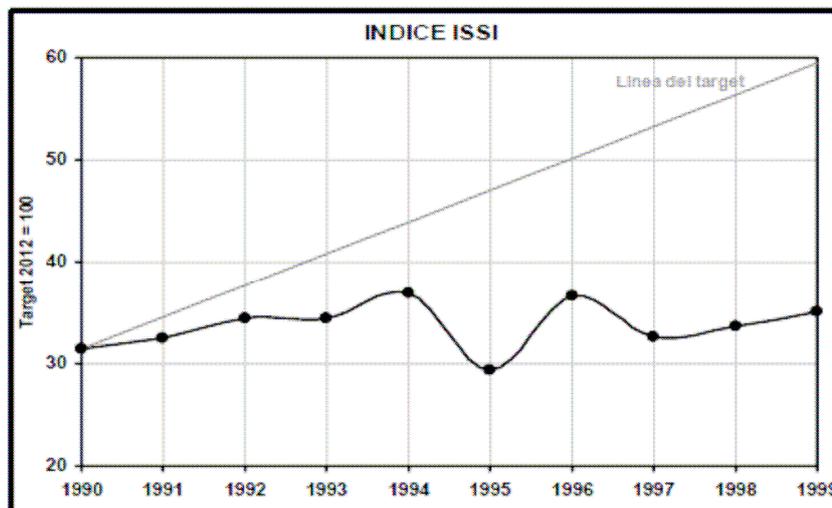


Figura 67. Serie storica dell'indice ISSI (CNEL, 2005)

Nel campo della sostenibilità ambientale, si segnalano invece l' "Index of Environmental Performance" della Yale University e l' "EMergy Index of Sustainability" (EIS).

L' Environmental Performance Index (EPI) (Figura 68) è un indice composito, che comprende 25 indicatori di sostenibilità ambientale, suddivisi in indicatori di "Ecosystem Vitality" (in un certo senso, indicatori di stato secondo la struttura DPSIR, visto che misurano lo stato di salute degli ecosistemi, ma anche la gestione delle risorse) ed "Ecosystem Health" (quelli che

potrebbero essere indicatori di impatto nella struttura DPSIR, visto che misurano gli effetti delle condizioni ambientali sulla salute umana). A ciascun indicatore corrisponde un target di lungo termine.

Gli indicatori sono raggruppati in 10 categorie di politiche ambientali ed ulteriormente nelle due classi citate sopra. Infine, si ottiene l'indice unico.

Anche qui, per normalizzare i dati si utilizza la distanza dal target riportata su una scala da 0 a 100. Agli indicatori sono attribuiti dei pesi espliciti.

E' interessante notare che gli autori sottolineano la mancanza di dati a livello globale relativi a tematiche quali la sicurezza nucleare, la perdita di specie, la gestione dei rifiuti. Per questo, il set di indicatori potrebbe in futuro essere modificato, quando queste aree saranno coperte da una adeguata copertura informativa.

L'EPI deriva dall'ESI, l' "Environmental Sustainability Index" (ESI) calcolato dal 1999 al 2005 dal "Center for Environmental Law and Policy" della Yale University.

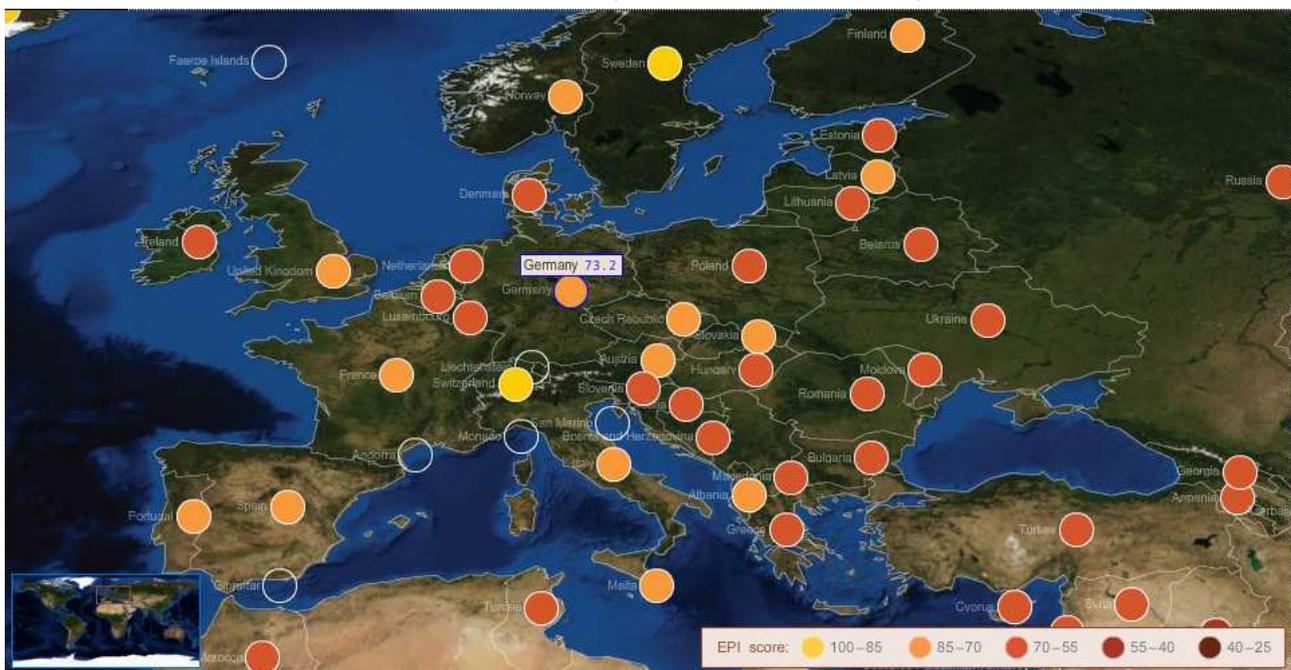


Figura 68. Schermata della mappa con i valori 2010 dell'EPI per i paesi europei. Tratto da <http://epi.yale.edu/>

L' "EMergy Index of Sustainability" (EIS) è stato definito, tra gli indici dell'analisi eMergetica (Brown e Ulgiati, 2004b), come il rapporto tra "EMergy Yield Ratio" e "Environmental Loading Ratio" ($EIS = EYR / ELR$). Misura il contributo di un processo al sistema complessivo (attraverso lo EYR) calcolato per unità di ELR, cioè di pressione imposta all'ambiente locale.

A differenza degli altri indici citati sopra, l'indice EIS può essere applicato a territori (nazioni, regioni, provincie, ecc) ma anche a singoli processi.

In questo lavoro, vista la tipologia di dati disponibili e la grande flessibilità dell'utilizzo dell'indice EIS, viene calcolato questo indice per il sistema energetico della Provincia di Ravenna, a completamento dell'analisi eMergetica del sistema stesso.

Visto che in questo e nel precedente capitolo si parla frequentemente di 'energia' ed 'eMergia', per aiutare il lettore a non confondere i due termini si è cercato di utilizzare sempre una 'M' maiuscola per evidenziare meglio il termine eMergia.

4.2 SINTESI EMERGETICA

4.2.1 INTRODUZIONE

L'eMergia è una misura universale del lavoro della natura e della società, sulla base di una misura comune. Il testo base in cui vengono presentati i concetti e i metodi dell'eMergia è il libro del 1996 "Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making" di Howard T. Odum. Odum, ecologo di formazione, si è occupato nei suoi studi di ecologia, modellistica ecologica, ingegneria ecologica, teoria generale dei sistemi ed ecologia dei sistemi. Dall'unione di queste discipline sono derivati l'utilizzo di diagrammi per rappresentare i sistemi e la proposta dell'analisi eMergetica.

La teoria generale dei sistemi, che fa soprattutto riferimento al lavoro di Ludwig von Bertalanffy del 1968 "General System theory: Foundations, Development, Applications", è una teoria multidisciplinare che si occupa di sistemi complessi, siano essi naturali o antropici (un organismo, un ecosistema, un macchinario, una società, ecc.), e permette di descriverli ed esaminarli in quanto insiemi di elementi e delle loro relazioni, che portano ad un output di qualche genere. Questo approccio permette di evidenziare i collegamenti reciproci tra i diversi elementi del sistema considerato, e consente inoltre di identificare andamenti, comportamenti e proprietà comuni a tutti i sistemi.

Sia il lavoro della natura che quello della società possono essere visti come una serie di trasformazioni di energia, collegate tra loro in una rete di flussi. Ad ogni trasformazione, una parte dell'energia in ingresso viene dissipata per la 2° legge della termodinamica, e una parte viene incamerata nell'output del processo. Questi passaggi sono rappresentati sinteticamente in Figura 69, dove compare anche un "control input" che regola il processo, e l'energia dissipata è rappresentata dalla freccia che punta verso il basso.

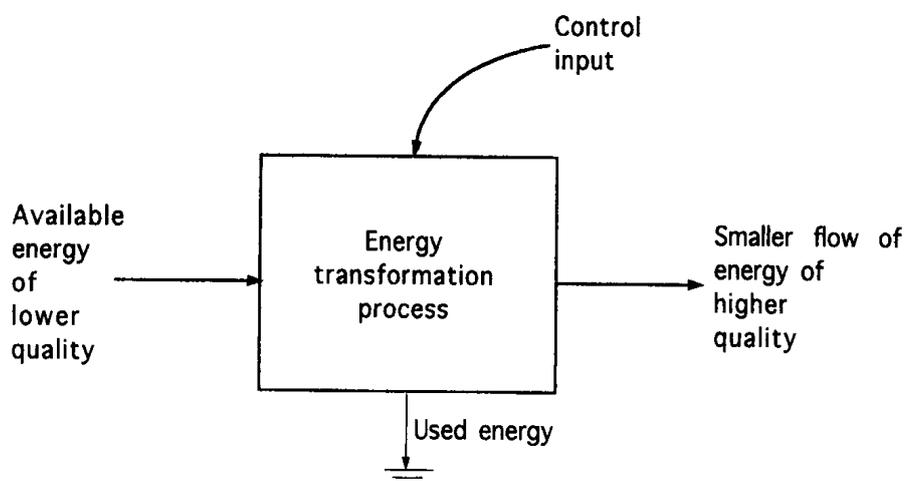


Figura 69. Sintetica rappresentazione di una trasformazione di energia. (Brown, 2006)

Prendendo in considerazione tutte le trasformazioni energetiche nella biogeosfera, queste possono essere ordinate gerarchicamente in base alla “qualità” dell’energia che si ottiene. Un esempio per comprendere: servono molti Joules di energia solare per produrre 1 solo Joule di materia organica vegetale, ed allo stesso modo servono molti Joules di materia organica vegetale per produrre 1 solo Joule di materia organica animale, o ancor di più per produrre dei combustibili fossili; molti Joules di combustibili fossili sono necessari per ottenere 1 solo Joule di energia elettrica.

In Figura 70 è rappresentata una rete di flussi di energia, che mostra vari elementi ordinati gerarchicamente: può rappresentare allo stesso modo sia un sistema ecologico sia un sistema sociale (gli elementi possono ad esempio essere città di diverse dimensioni). Se pensiamo ad una catena trofica, troviamo che lo schema di Figura 70 rappresenta, semplicemente disposta in orizzontale, la piramide trofica, con i produttori primari sulla sinistra e i diversi livelli di consumatori nelle colonne più a destra. Molti produttori primari sostengono l’esistenza di un numero minore di consumatori. Lo stesso si applica anche ad un territorio antropizzato: a tanti insediamenti agricoli corrispondono alcuni paesi di medie dimensioni e solo 1 grande città.

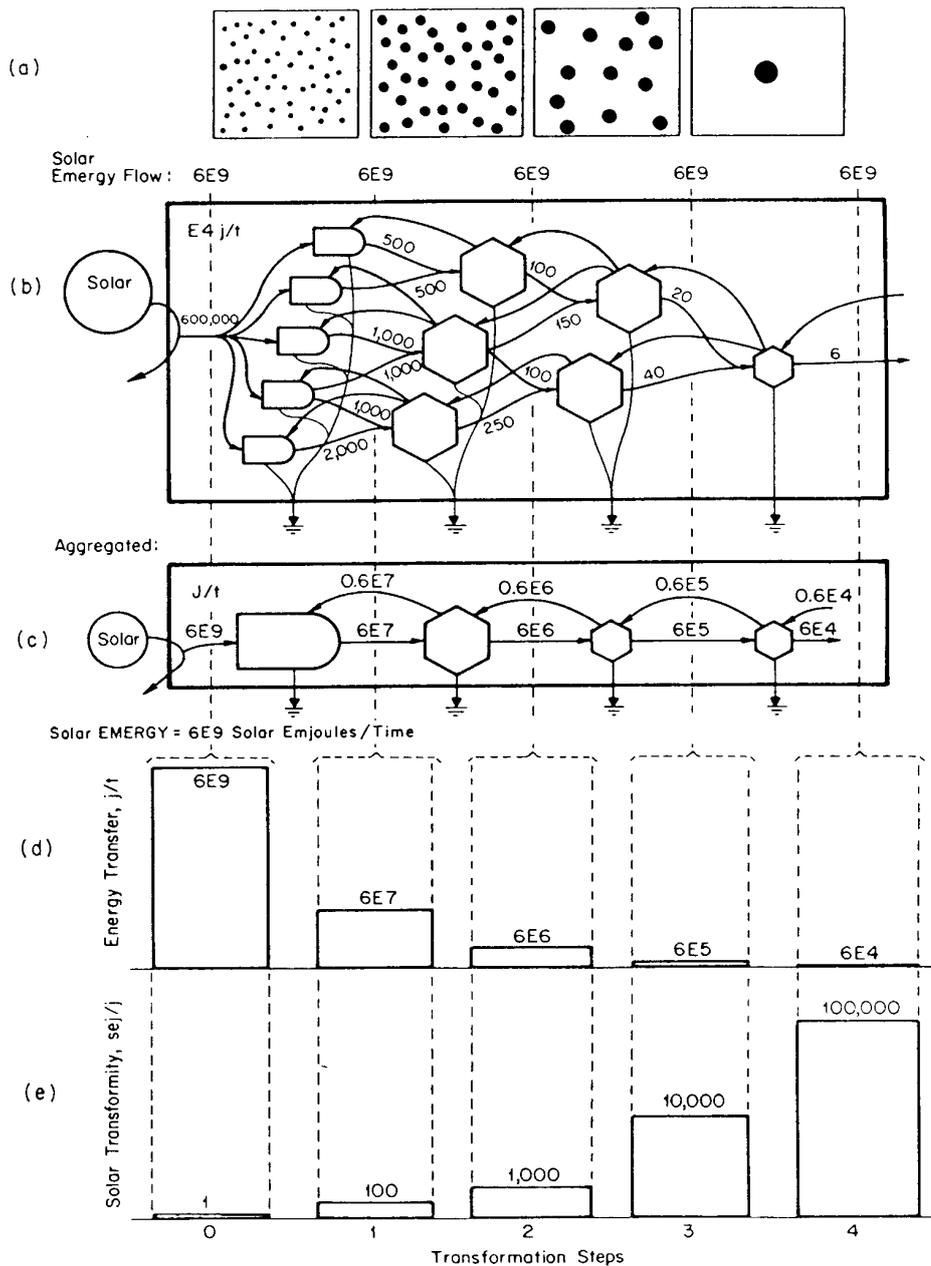


Figura 70. Concetto di gerarchia delle trasformazioni di energia. (a) unità separate in base alla dimensione; (b) le unità come rete di scambi di energia; (c) serie di trasformazioni con indicati i valori complessivi di energia scambiata; (d) energia contenuta in ogni successiva categoria di unità; e (e) valore delle “transformity”. (Brown e Ulgiati, 2004b)

La semplice analisi energetica di una risorsa ambientale o di un processo non è esaustiva nel differenziare qualitativamente i diversi tipi di energia: 1 Joule di energia e 1 Joule di energia diversa, per l'analisi energetica sono la stessa cosa, perché per rendere confrontabili diversi tipi di energia, tutti vengono misurati in base alla loro capacità di generare calore. Non si può però affermare che, per altri tipi di utilizzo, l'energia contenuta in una molecola di ATP sia

equivalente all'energia elettrica o a quella solare o a quella contenuta nei combustibili fossili (Brown e Ulgiati, 2004a).

L'energia è definita come la capacità di compiere lavoro, ed è misurata in unità di calore (1 Cal = quantità di calore necessario ad aumentare 1gr di acqua di 1°C - Joule = 4.187 Cal). Tutte le forme di energia possono infatti essere convertite completamente in calore. Esprimere in questo modo l'energia non dà però informazioni sulla capacità di compiere altri tipi più complessi di lavoro: si considerano tutti i sistemi come se fossero macchine termiche. Questo tipo di misura non è adeguato a descrivere la capacità di lavoro dell'energia usata in processi più complessi (ex alimentare un elettrodomestico, accendere una lampadina, provocare movimento, alimentare sistemi biologici, ecc). Si viene quindi a parlare di "qualità" dell'energia. L'analisi eMergetica permette di prendere in considerazione questa qualità, perché per generare una unità di energia di alta qualità se ne consumano varie di qualità inferiore, e questo si rispecchia in un valore di transformity più elevato ed in una eMergia maggiore per unità di energia. In linguaggio classico, si può esprimere questo fatto parlando di efficienza nella conversione. In termini eMergetici, si trova che una energia di alta qualità ha richiesto più eMergia per essere creata, e di conseguenza ha una transformity più elevata.

Tornando ai diagrammi di Figura 70, ad alimentare di energia tutta la rete dei flussi c'è solamente l'energia in ingresso da sinistra, rappresentata dal cerchio "Solar": è l'energia solare che, in prima battuta, alimenta tutti i processi che si svolgono sulla Terra.

Il sole è la principale fonte di energia che alimenta i processi della biosfera. Altri contributi significativi arrivano dall'energia gravitazionale della luna e dal calore terrestre. Tutte le altre fonti di energia devono essere ottenute da depositi di energia trasformata in precedenza nella biosfera (Rydberg e Haden, 2006).

Per ottenere tanti produttori primari, o un unico grande consumatore terziario (tornando all'esempio ecosistemico) l'energia servita è precisamente la stessa; l'energia contenuta è invece molto diversa, e va diminuendo ad ogni successivo passaggio di trasformazione.

L'eMergia è stata definita proprio per misurare l'energia servita per generare un elemento, cosa molto diversa dall'energia contenuta nell'elemento stesso: in generale, più trasformazioni sono state necessarie per generare un dato elemento, maggiore sarà l'energia complessiva che è stata necessaria, e quindi la sua eMergia. Questo dipende dalla scala spazio-temporale di formazione e delle risorse ambientali ed energetiche richieste per produrre quell'elemento.

Visto che l'energia disponibile sulla Terra deriva dall'energia solare, l'eMergia viene definita come l'energia di un tipo, usualmente appunto quella solare, che è stata necessaria, direttamente o indirettamente, per generare un prodotto o servizio

L'unità di misura, per differenziare dal Joule, è il Solar eMergy Joule o Solar Equivalent Joule (sej).

La quantità di energia solare che è stata necessaria per generare 1 unità di un qualcosa viene definita come eMergia specifica (sej / unit) o “Transformity” (sej / J).

Le “transformities” possono essere viste sia come indicatori di efficienza che come indicatori di posizione gerarchica, sempre nell’ambito di sistemi complessi (Ulgiati e Brown, 2009), almeno quando questi sono sistemi auto-organizzati che seguono il principio di massima potenza di Lotka. Nei sistemi modificati da forti pressioni esterne, invece, molti elementi possono scomparire ed in generale la struttura del sistema può presentarsi alterata e semplificata. Anche le “transformities” si presentano modificate, ed allora la loro variazione può essere interpretata come una misura della perdita di integrità e complessità del sistema (Ulgiati e Brown, 2009).

L’analisi eMergetica valuta la performance ambientale complessiva di un sistema in modo olistico, includendo tutti gli input ambientali gratuiti quali l’energia solare, il vento, la pioggia, oltre che il supporto ambientale che sottostà al lavoro e ai servizi della società, tutti elementi che non sono presi in considerazione in una normale analisi dei flussi di materia ed energia (Cavalett e Ortega, 2010).

La sintesi eMergetica definisce un sistema in cui il valore delle cose è basato non tanto sul ricevente quanto sul donatore: il valore delle cose non dipende da quanto saremmo disposti a pagarle, ma da quanto è stato investito per generarle. (Brown e Heredeem, 1996).

Quando un sistema viene analizzato dal punto di vista dei flussi di eMergia, si parla di “Sintesi eMergetica”, ad indicare il fatto che il sistema non viene scorporato e analizzato nelle sue componenti, ma piuttosto studiato nel suo insieme, tenendo soprattutto conto delle relazioni tra le varie componenti (scambi, feedback, regolazioni).

La sintesi eMergetica permette di valutare contemporaneamente i contributi ad un sistema che arrivano dal sistema economico e quelli che invece vengono “gratuitamente” dalla natura.

La sintesi eMergetica è costituita dalle seguenti fasi (Brown e Ulgiati, 2004b):

- “System Diagram”: il sistema oggetto di studio viene rappresentato nelle sue componenti e nei flussi di energia e materia che lo caratterizzano, in modo da individuare tutti gli input che contribuiscono a generare un dato prodotto o servizio. La raffigurazione grafica, che riprende la struttura di un circuito, aiuta a comprendere e chiarire sistemi anche molto complessi. La struttura e la simbologia dei diagrammi sono state definite da H.T. Odum, a partire dagli anni ’70. (Brown, 2004). La simbologia attualmente consolidata per i diagrammi di sistema è illustrata in Figura 71. I diagrammi sono anche utilizzati come base per modelli di simulazione, fornendo una rappresentazione delle relazioni e dei processi.

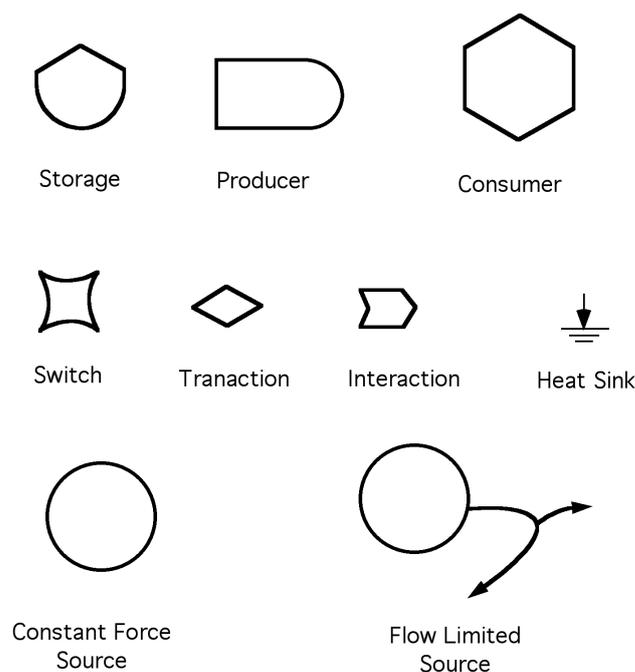


Figura 71. La simbologia utilizzata nei “system diagram”. Da www.emergysystems.org

I diagrammi sono rappresentati secondo un ordine sinistra → destra che rispecchia la posizione dei diversi elementi nella “gerarchia energetica”. Da sinistra a destra diminuisce anche il flusso totale di energia, a seguito delle successive trasformazioni, ma ne aumenta la “qualità”.

La visione “per diagrammi” è di importanza molto rilevante, perché permette di esplorare il sistema oggetto di studio, in termini di confini, elementi e relazioni. Una volta definito l’oggetto di studio, diventa più facile modellizzarlo e condurre delle simulazioni (Engel e Odum, 1999), identificare e quantificare i flussi, riconoscere gli input e gli output del sistema.

- “EMergy Evaluation Table”: in questa tabella vengono riportati tutti i flussi di materia, energia, lavoro che risultano nel diagramma. I flussi sono prima riportati nella loro unità di misura originaria (J, kWh, giorni, kg, ecc) e poi convertiti in flussi di eMergia attraverso i corrispondenti valori di transformities (sej/J) o specific eMergy (sej/unit). Tutti i flussi sono riferiti ad un intervallo di tempo, che solitamente è l’anno. Se sono riportati anche degli storages (depositi), questi vengono valutati se il loro tempo di ricambio è superiore all’anno. Ad esempio, nel caso si consideri un deposito corrispondente a delle infrastrutture, si valuta il loro tempo di sostituzione (ad esempio, 30 anni) e quindi si considera che ogni anno “fluisca” 1/30esimo dello stock presente.

- Indici eMergetici: per valutare le performance di un sistema, i flussi presenti vengono raggruppati in alcune macro-categorie, come rappresentato in Figura 72. Si distinguono (LaRosa *et al.*, 2008):

- gli input ambientali rinnovabili (R), che sono disponibili localmente e gratuiti;

- i contributi ambientali locali non rinnovabili (N), che sono locali ma non sempre gratuiti;
- gli input di beni e servizi importati dall'economia (F), che sono sempre importati e mai gratuiti
- L'output del sistema è lo Yield (Y), che rappresenta la somma dell'eMergia di tutti gli input.

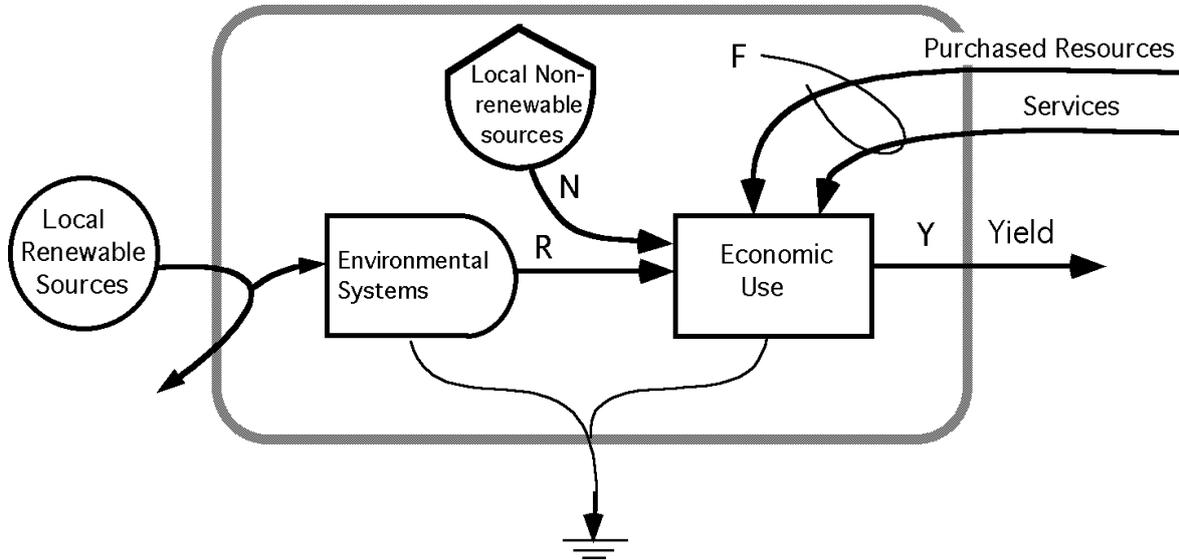


Figura 72. Raggruppamento dei flussi per il calcolo degli indici eMergetici. (Brown e Ulgiati, 2004b)

Vari rapporti possono essere calcolati, tra cui:

- EYR – “EMergy yield ratio” = Y/F . Rapporto tra tutta l’eMergia che fluisce in un sistema (Y) e la parte importata (F). Questo rapporto misura il contributo del processo all’economia, grazie allo sfruttamento di risorse locali. I possibili valori ed il loro significato sono riportati in Figura 73. Ogni volta che un prodotto è trasformato, riceve un input addizionale di eMergia e la sua transformity aumenta. Diversa è la situazione per il EYR: se l’input di eMergia è arrivato dall’ambiente, allora anche lo EYR cresce; se invece sono le attività economiche a fornire l’eMergia aggiuntiva, lo EYR cala, essendo definito come Y/F , il rapporto tra Y (eMergia del prodotto finale) ed F (l’eMergia spesa dall’economia per produrlo).

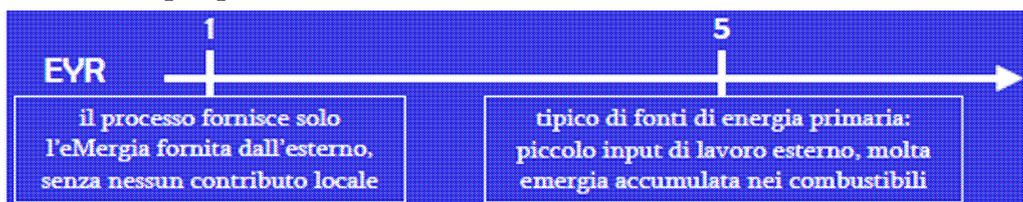


Figura 73. EMergy yield ratio

- ELR – “Environmental Loading Ratio” = $(F+N)/R$. Indicatore della pressione di un processo sull’ambiente in cui si svolge, o dello stress degli ecosistemi a seguito delle attività produttive considerate (Figura 74). Valori molto elevati possono essere dovuti a grandi flussi di energia concentrata in combustibili fossili, in un ambiente locale relativamente piccolo (Brown e Ulgiati, 1997).



Figura 74. Environmental Loading Ratio

- EIS – “EMergy Index of Sustainability” = EYR/ELR . Misura il contributo del processo all’economia per unità di carico ambientale (Figura 75).

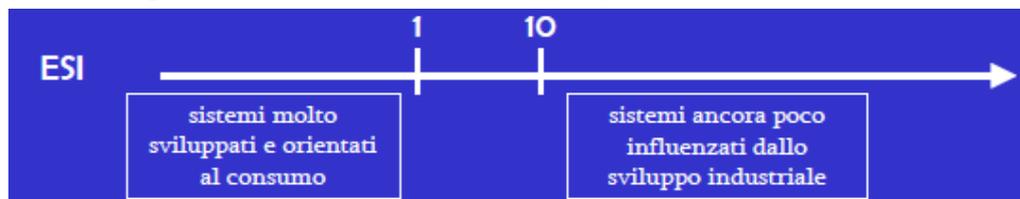


Figura 75. EMergy Index of Sustainability

- “EMergy Investment Ratio” = $F/(R+N)$. Rapporto tra gli input esterni (F) e quelli locali. Questo indice è utile per valutare se il processo sfrutta le risorse locali, o se rispetto a delle alternative, fa buon uso dell’eMergia investita;
- “EMpower density” = $Y/area$.
- % Ren – “Percent renewable eMergy” = R/Y . Questo indice è anch’esso un indice di sostenibilità, che cresce all’aumentare della frazione di eMergia totale che è di origine locale e rinnovabile.
- “EMprice” – eMergia che si riceve in cambio del denaro speso (sej/\$). Questo valore può essere confrontato con l’ “eMergy-to-money ratio” per valutare se, rispetto al valore medio di 1sej, nel caso considerato i sej sono scambiati a maggiore o minor prezzo.

4.2.1.1 PRINCIPIO DEL “MAXIMUM EMPOWER”

I sistemi auto-organizzati tendono a sviluppare una rete di connessioni che usano l’energia derivante da azioni di “feedback” per aiutare il processo a sfruttare più risorse o a usarle in modo più efficiente; così facendo i sistemi riescono a sopravvivere e competere con successo, garantendo allo stesso tempo il proprio mantenimento.

Anche considerando i flussi di eMergia, i sistemi auto-organizzati tendono alla massimizzazione dei flussi stessi. Questo è stato esplicitato da H.T. Odum nel principio del “maximum eMpower”, derivato dal principio della massima potenza dell’ecologista Lotka (Lotka, 1922), .

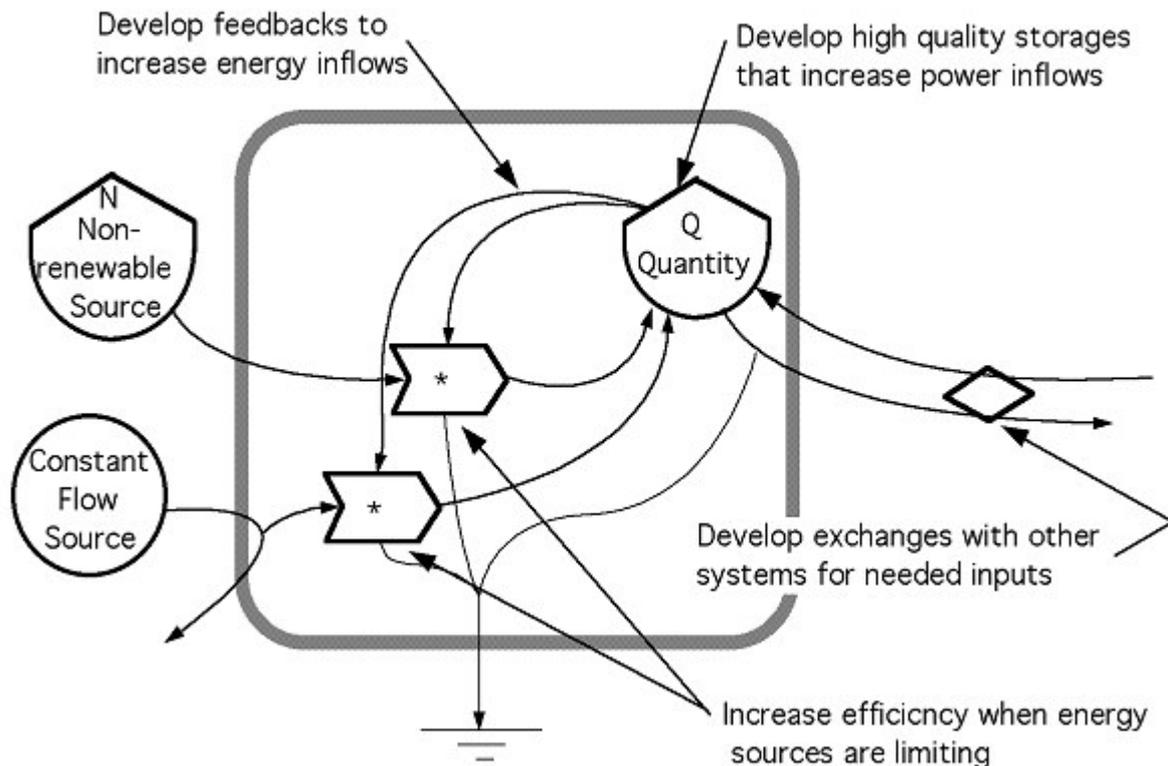


Figura 76. Rappresentazione del concetto di maximum eMpower (Brown, M.T., Lecture 2 dal sito www.emergysystems.org)

Lo sviluppo e la sopravvivenza dei sistemi è limitata dalla quantità di energia disponibile, e dalla capacità dei sistemi di utilizzarla e di renderla utilizzabile ai sistemi con cui si relazionano (Lotka, 1922). I sistemi auto-organizzati sono continuamente impegnati nell’utilizzare l’energia per mantenersi ad un basso livello di entropia e quindi lontano dall’equilibrio. Questi sistemi, quindi, cercano di massimizzare la loro exergia e il tasso di consumo di eMergia (Bakshi, 2000).

Il principio del “maximum eMpower” consiste in questo: i sistemi che hanno successo nella competizione sviluppano una maggior quantità di lavoro utile con i flussi di eMergia in ingresso, attraverso il rafforzamento dei processi produttivi ed il superamento delle limitazioni attraverso l’organizzazione del sistema stesso.

Per lavoro utile, si intende l’uso dell’eMergia in ingresso per azioni di feedback che assicurino e, se possibile, aumentino l’afflusso di eMergia (Brown e Herdeen, 1996), rafforzando il sistema stesso.

Un esempio, tratto da Brown e Heredeen (1996): la realizzazione di pozzi petroliferi permette di estrarre petrolio, che, una volta raffinato, alimenta le macchine e stimola lo sviluppo di tecnologia per rendere l'estrazione stessa di petrolio più veloce ed efficace.

I sistemi massimizzano i flussi di eMergia attraverso:

- lo sviluppo di accumuli di energia di elevata qualità;
- costruiscono dei “feedback” dagli accumuli per incrementare i flussi;
- riciclano i materiali;
- organizzano meccanismi di controllo per mantenere stabile il sistema, oltre che adeguato alle condizioni ambientali;
- stabiliscono scambi con l'esterno per le materie necessarie;
- contribuiscono al mantenimento del sistema di dimensioni maggiori di cui fanno parte (Figura 76).

Tutto questo fa sì che i sistemi riescano a utilizzare l'energia in ingresso in modo da rinforzare i processi produttivi interni al sistema.

E' comunque possibile che nei sistemi si osservino consumi di energia che non producono alcun lavoro utile, ma questi possono essere considerati tentativi falliti, che nel tempo sono esclusi dal sistema stesso da parte di una sorta di “selezione naturale” (Brown e Heredeen, 1996).

4.2.1.2 EMERGY TO MONEY RATIO

L'eMergia misura il “valore complessivo” dei beni, che siano cibo, materiali, conoscenza, etc. . Il costo in denaro di queste stesse cose rappresenta invece il valore che il mercato attribuisce a questi beni.

Dividendo l'uso complessivo di eMergia di un paese per il suo Prodotto Interno Lordo (PIL), si ottiene il rapporto eMergia/denaro, o “eMergy to Money ratio”. In questo modo si può conoscere la dimensione del flusso di eMergia che corrisponde ad una unità di PIL.

Dividendo un flusso di eMergia per l' “eMergy to money ratio” si può valutare il contributo al PIL di quel flusso, espresso in eMdollari (em\$).

Confrontando tra loro il valore di mercato di un bene (in \$) ed il suo valore in em\$, si può valutare l'equità degli scambi commerciali. Se il valore in em\$ è maggiore di quello in \$, il costo di mercato non include il valore dei contributi ambientali (Figura 77) a quel bene, e si ha quindi un benefit per il compratore. Questo accade quasi sempre nel caso di acquisto di materie prime in paesi non industrializzati. Nel caso opposto ($\$ > em\$$) ci si trova di fronte ad un benefit per il venditore.

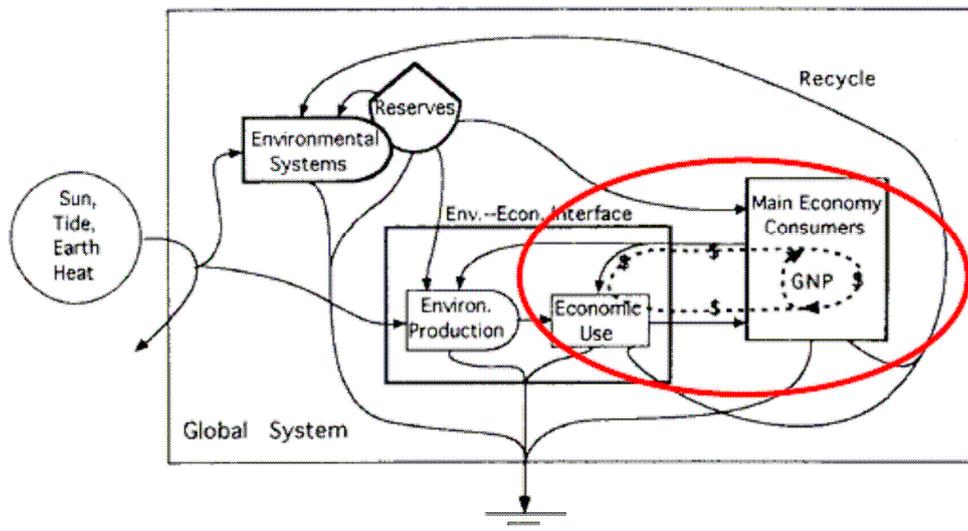


Figura 77. “EMergy diagram” del “sistema globale”, con evidenziati i sistemi naturali, l’interfaccia tra sistemi ambientali e sistema economico e gli scambi di mercato (freccie tratteggiate e cerchio rosso) Da www.emerfysystems.org

4.2.1.3 SISTEMI PULSANTI

Per i sistemi, naturali o umani, è normale mostrare delle pulsazioni, attraversando fasi di accumulo di materia e fasi di rapido consumo. Spesso i sotto-sistemi pulsano senza che i sistemi di scala maggiore ne siano influenzati, se non come rumore di fondo. Le pulsazioni dei sistemi di scala maggiore possono avere effetti catastrofici sui sistemi di scala più piccola (Odum e Odum, 2001).

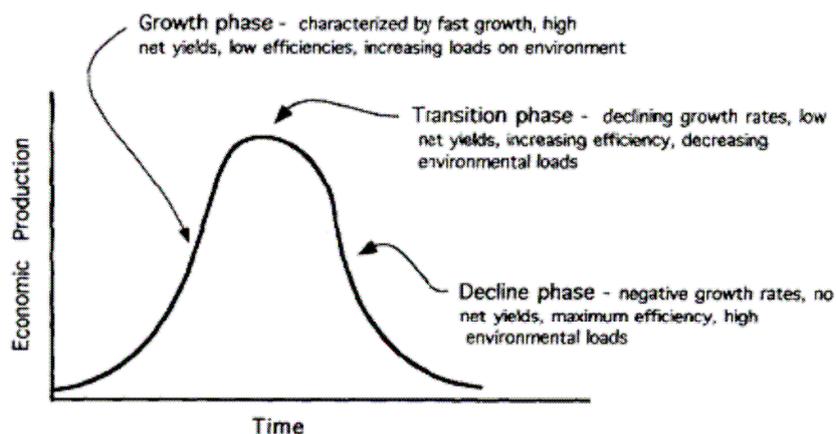


Figura 78. Oscillazione di un sistema economico (Brown e Ulgiati, 1997. Odum e Odum, 2001)

Le 4 fasi di una pulsazione sono indicate di seguito (Odum e Odum, 2001):

1. Crescita: fase caratterizzata dalla competizione per le risorse, che porta alla crescita molto rapida di tutto il sistema, anche se vi sono pochi i consumatori che prevalgono

su tutti gli altri (capitalismo). In questa fase l'efficienza è bassa, si generano crescenti carichi sull'ambiente;

2. Climax: fase di transizione. Il sistema, dopo aver raggiunto il "massimo dello sviluppo", non può più crescere (risorse limitate) ma può migliorare la sua efficienza nell'utilizzarle. In questa fase sono le attività di servizio che prendono il sopravvento, e si rafforzano le gerarchizzazioni. Ad esempio, i materiali vengono riciclati, i compiti diventano molto specialistici, ci sono molte attività di manutenzione dell'esistente. Per questo crescono la diversità e la complessità dell'intero sistema, che diventa più organizzato. E' presente una grande quantità di informazione.
3. Declino: diminuiscono gli asset, e diminuiscono i flussi di energia. Il sistema riduce la sua dimensione, in modo graduale o catastrofico;
4. Lento recupero: periodo in cui si ricaricano gli stock di risorse, per cui è necessario che i processi naturali di produzione siano superiori al consumo. Si può pensare a comunità più piccole delle attuali, che si basano prevalentemente su risorse rinnovabili e solo limitatamente su minerali o fonti fossili.

Secondo Odum e Odum (2001), la società dei paesi industrializzati sembra essere al punto di climax, con una fase di declino davanti a sé. Non si può fare a meno di notare la grande corrispondenza tra la descrizione degli stadi di crescita e climax e la situazione attuale delle società industrializzate. In particolare, è l'aumento dell'efficienza che più di tutti si nota (si pensi al rendimento energetico degli edifici, l'aumento dei km/l degli autoveicoli, ...) insieme alla diffusione di tecnologie che sfruttano energie rinnovabili (se fino a pochi anni fa i pannelli fotovoltaici erano rari da vedere, ora quasi ogni elettricista o termotecnico li propone nel suo ventaglio di offerte; nelle pagine pubblicitarie del settimanale "Time" compaiono sempre + diffusamente le tematiche dell'impatto ambientale, della sostenibilità e delle fonti rinnovabili). L'alto livello di sviluppo della nostra società è basato sul consumo di risorse non rinnovabili (minerali e combustibili fossili), accumulate sulla terra in lunghissimi periodi di tempo, Per il futuro, lo sviluppo non potrà che essere basato su input di tipo rinnovabile. Inoltre, il ridotto flusso totale di energia farà perdere le funzioni a transitorietà più elevate, che non saranno più sostenute da flussi sufficienti di energia. Per Odum e Odum (2001), esempi di queste funzioni possono essere i programmi spaziali, la burocrazia, parte del mondo dello spettacolo, movimenti sociali globali, parte del grande flusso di informazioni.

A seconda della fase in cui si trova un sistema, sono diversi i processi che lo guidano ed anche il concetto di sostenibilità può variare (Brown e Ulgiati, 1997).

Ortega (2004) ha ripreso il lavoro di H.T. Odum richiamando la fine della disponibilità di petrolio a basso prezzo, l'inadeguatezza della discussione pubblica al riguardo, la perdita di biodiversità ed il degrado degli ecosistemi e segnalando la forte necessità di passare dalla competizione alla collaborazione all'interno delle proprie comunità, per organizzarsi ed

affrontare una discesa che possa essere almeno ben informata e organizzata, se non, appunto, prospera.

4.2.1.4 ENERGIA

Visto che la sintesi eMergetica è stata applicata in questa tesi al sistema energetico della Provincia di Ravenna, particolare attenzione è stata dedicata alla letteratura esistente in materia.

L'analisi eMergetica viene usata per comprendere le performance dei sistemi energetici in modo più approfondito rispetto alla semplice analisi energetica.

In Figura 79 è rappresentato un sistema economico, ad esempio uno Stato, come una ruota fatta girare dalle diverse fonti energetiche che lo alimentano.

Odum (1996) afferma che, a breve termine, una buona politica per lo sfruttamento dei combustibili è quella di utilizzare le fonti energetiche con il EYR ("EMergy Yield Ratio"). Carbone, Petrolio e gas naturale (provenienti dai giacimenti più ricchi e accessibili) generavano nel primo '900 da 6 a 60 volte più eMergia di quella necessaria a processarli. (Odum, 1996).

Un aumento del prezzo di questi combustibili abbassa sensibilmente lo EYR: nel 1973 lo EYR era sceso a 3-30, ed è ulteriormente diminuito man mano che i giacimenti più ricchi e superficiali si sono esauriti.

L'andamento a lungo termine è quello di una ulteriore diminuzione (1-2% all'anno, secondo Odum (1996)). Brown e Ulgiati (2004a) riportano già valori molto più bassi, compresi tra 2.6 e 11.1. Questo significa che una quota sempre maggiore dell'economia e del lavoro umano è dedicata a ottenere i combustibili, e questi possono quindi alimentare un numero sempre minore di altre attività.

Per quanto riguarda il petrolio, l'EYR dipende dalla regione di provenienza. Indicativamente, Odum (1996) riporta che circa il 20% dell'energia contenuta nel petrolio è utilizzata per il trasporto e la raffinazione. Il gas naturale invece, se distribuito attraverso condotte, ha dei costi di trasmissione molto bassi. Un valore di EYR per il petrolio estratto in Alaska è stato valutato in 11.

Per quanto riguarda l'elettricità, visto che richiede un'ulteriore trasformazione dei combustibili, rispetto ad essi ha una transformity maggiore, ed un EYR minore (circa 2.5, secondo Odum (1996)).

Nel 1996, Odum riportava che, allo stato attuale, la fissione nucleare risultava migliore dei combustibili fossili per la produzione di elettricità (Odum, 1996).

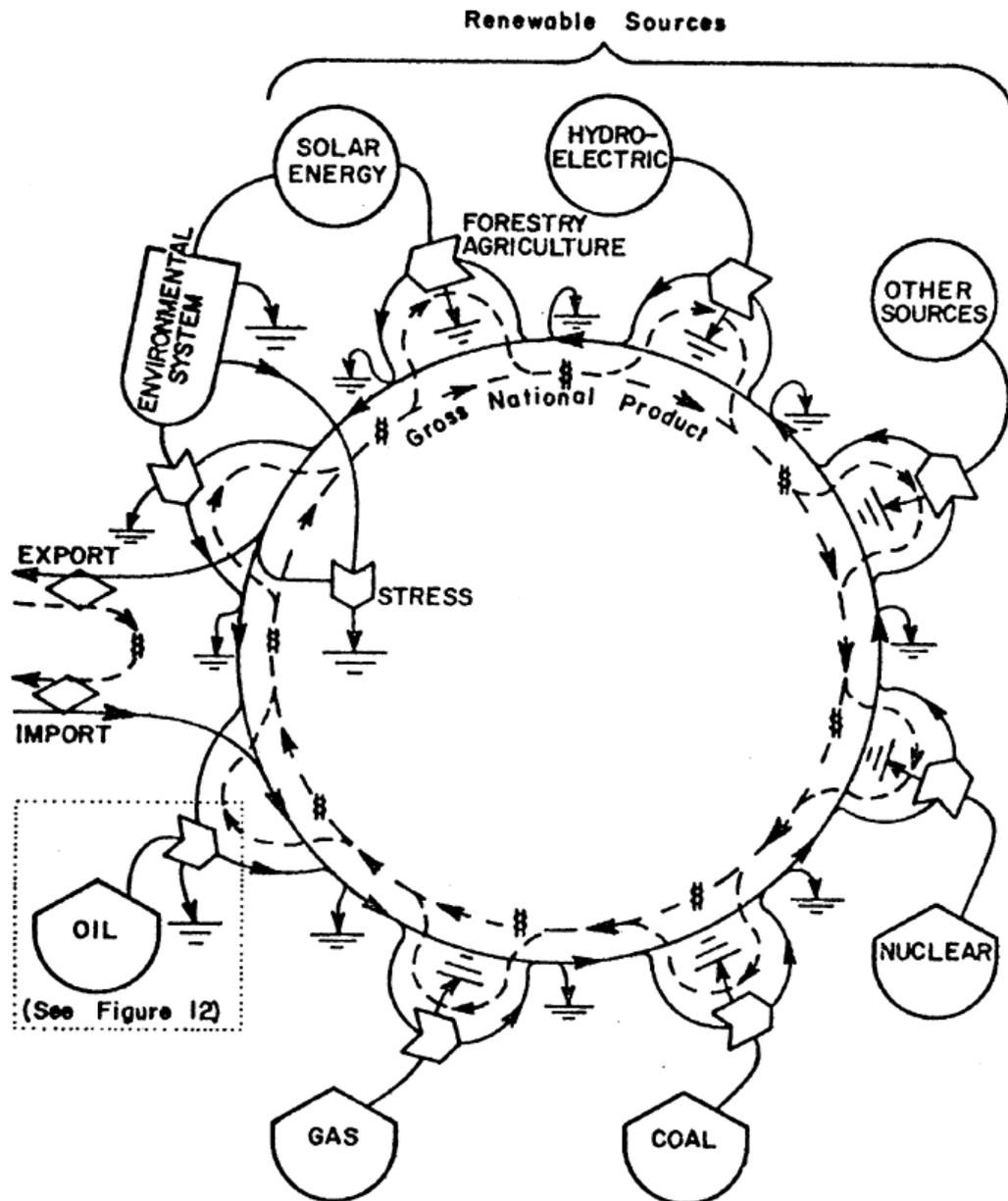


Figura 79. L'economia di un paese mostrata come una ruota circolare, spinta dalle sue fonti energetiche (Brown, 2004; Odum *et al.* 1976)

Tutte le fonti "rinnovabili" di energia presentano EYR più bassi delle non rinnovabili: questo rapporto dipende infatti dal tempo di accumulo. Più lavoro è stato compiuto dalla natura, più alta è l'eMergia di un bene.

Le risorse non rinnovabili richiedono la spesa eMergetica per l'estrazione e il trasporto. Le biomasse dedicate, un tipo di "fonte rinnovabile" molto discusso e molto particolare, necessitano invece di input anche nella fase di coltivazione, arrivando a far sì che l'energia fornita sia pari, o maggiore, di quella che poi forniranno le biomasse stesse. Un caso del genere rende il combustibile "neutro", nel senso che non dà alcun contributo all'economia che lo utilizza.

Nel caso dello sfruttamento dell'energia potenziale dell'acqua per la produzione di energia idroelettrica, Odum (1996) fa notare che la natura ha speso una grande quantità di eMergia per modellare i bacini idrografici e quindi creare siti adatti allo sfruttamento, ma conclude che se per lo sfruttamento sono necessarie anche grandi opere (dighe, sbancamenti) e modifiche sostanziali agli ambienti naturali, allora questo, dal punto di vista dell'eMergy yield ratio, porta a valori molto bassi.

Lavori più recenti (Brown e Ulgiati, 2002; Brown e Ulgiati, 2004b, Ulgiati e Brown, 2002) hanno comunque trovato che i carichi ambientali (ELR) sono più elevati per gli impianti termoelettrici, e l'indice di sostenibilità eMergetico EIS ha valori più alti (quindi maggiore sostenibilità) per l'energia eolica, idroelettrica e geotermica che non per gli impianti a combustibili fossili. Gli autori hanno però riscontrato, come previsto da Odum, che gli impianti di produzione da fonti rinnovabili richiedono gli input ambientali più elevati per unità di output, mentre gli impianti a combustibili fossili richiedono piccoli input ambientali per il raffreddamento e il supporto alla combustione, oltre ai combustibili stessi.

Per quanto riguarda la produzione di elettricità attraverso pannelli fotovoltaici, bisogna considerare che, sfruttando questa una risorsa che per definizione ha una transformity molto bassa (1 sej/J), è inevitabile che i maggiori input eMergetici siano dovuti ai materiali e al lavoro umano necessari per la definizione della tecnologia e la realizzazione delle celle. Ad ogni modo, i materiali e servizi necessari per realizzare una cella diminuiscono nel tempo, a seguito di avanzamenti tecnologici e di maggiore efficienza. Odum (1996) riporta un valore di EYR pari a 0.48 per un campo fotovoltaico situato in Texas. In un lavoro recente (Paoli *et al.* 2008) viene riportato un EYR maggiore, pari a 1.03.

In Brown e Ulgiati (2002) sono riportate le analisi eMergetiche di alcuni impianti per la produzione di energia, utilizzati come casi studio. Il lavoro prende in considerazione la produzione di elettricità in un impianto eolico, un impianto geotermico, una centrale termoelettrica alimentata ad olio combustibile, una centrale idroelettrica, una centrale termoelettrica alimentata a metano e una a carbone. In Brown e Ulgiati (2004b) è valutato anche l'utilizzo dell'energia termica dell'oceano. Per tutti questi impianti o tecnologie il lavoro ipotizza una durata di vita di 25 – 30 anni.

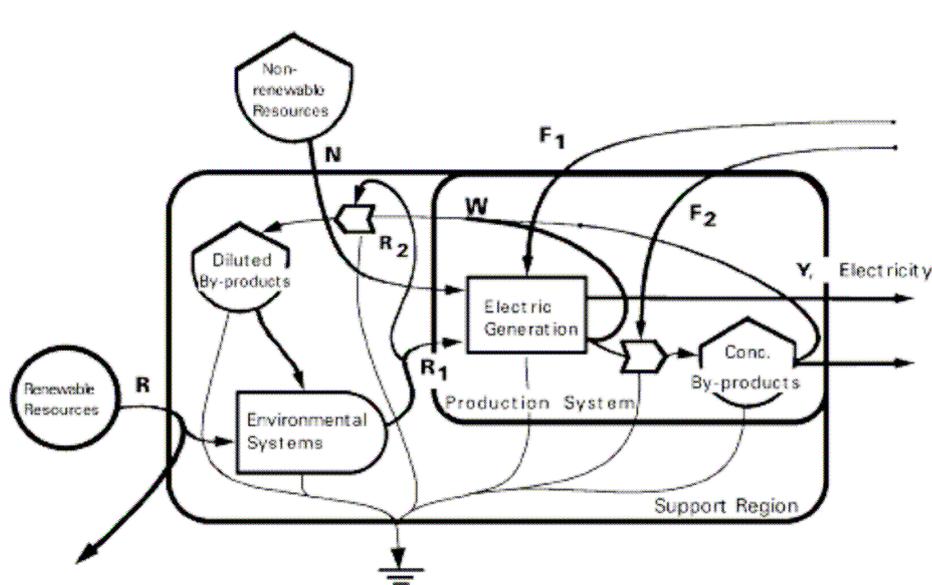


Figura 80. System diagram della generazione di elettricità da fonti fossili (Ulgiati e Brown, 2002)

Valutando i materiali da costruzione, l'energia di alimentazione, il lavoro per la costruzione, l'esercizio e la manutenzione, i contributi ambientali, gli output (voluti, come l'elettricità, e non voluti, come le sostanze inquinanti), gli autori identificano nella tecnologia eolica quella con maggiore "capacità di futuro", cioè con basse emissioni di CO₂ (dovute a operazioni di costruzione e mantenimento), basso ELR, EIS molto elevato ed EYR pari a 7.47, più alto delle centrali alimentate a combustibili fossili (rappresentate in Figura 80). Anche l'impianto idroelettrico valutato nel lavoro ha mostrato risultati analoghi. Entrambi questi tipi di impianti producono elettricità la cui transformity è circa 6E+4 sej/J, valori più bassi rispetto a quelli per tutti gli altri tipi di impianto, che sono di un ordine di grandezza maggiori.

In Figura 80 è mostrato il caso della produzione di elettricità da fonti fossili, dove a guidare il sistema sono gli input di eMergia non rinnovabile e quelli acquistati. Spesso è comunque necessario un input rinnovabile diretto per permettere lo svolgimento del processo (acqua di raffreddamento, ossigeno dell'aria, radiazione solare). Anche i rifiuti prodotti dall'impianto necessitano di un investimento di eMergia rinnovabile per essere diluiti o riciclati dalla natura, ma spesso si accumulano perché i tempi di produzione sono più veloci di quelli di smaltimento da parte della natura. Altri investimenti di risorse, provenienti dal mercato, sono allora necessari per guidare la gestione e smaltimento dei rifiuti prodotti (Ulgiati e Brown, 2002).

4.2.1.4.1 *Biomasse*

La maggior parte dei lavori scientifici relativi all'utilizzo di biomasse per la produzione di energia considera il caso dell'utilizzo di biomasse dedicate, cioè coltivate appositamente per la loro funzione energetica. Il diagramma rappresentato in Figura 81 riassume ad esempio il sistema dei flussi per la produzione di biocombustibili: la produzione agricola, la fase di

trasporto e lavorazione della biomassa, la fase di fermentazione per arrivare al combustibile vero e proprio.

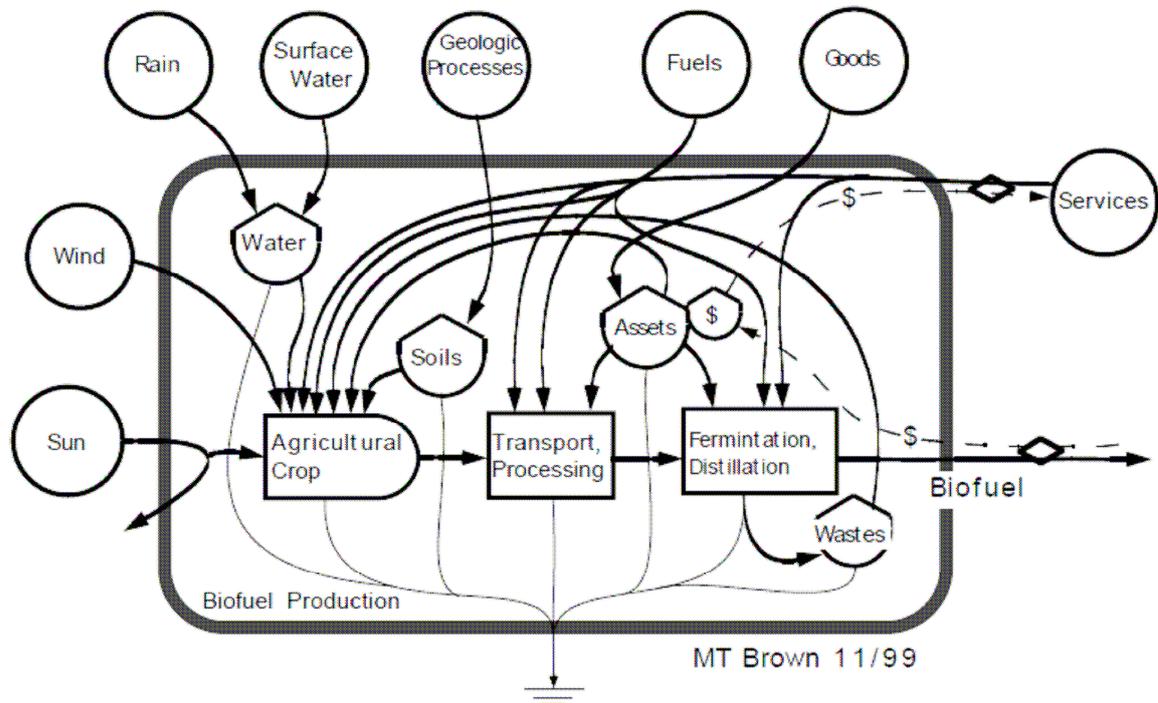


Figura 81. System diagram relativo alla produzione di biocombustibili (Brown, 1999; dal sito www.emergysystems.org)

Ulgiati (2001) conclude che i biocombustibili non sono, almeno ad oggi, una alternativa fattibile, e basa questa affermazione su valutazioni economiche, energetiche ed eMergetiche. Sono determinanti gli input di materia ed energia necessari per le coltivazioni delle biomasse dedicate (si veda ad esempio il system diagram di Figura 81), tanto che rendono trascurabili i flussi rinnovabili locali. Questo fa sì che se si riducesse l'input di combustibili o si rendessero più efficienti i processi di conversione, le performance complessive del sistema di produzione dei biocombustibili migliorerebbero sensibilmente. Se gli input derivanti da combustibili fossili venissero ad esempio sostituiti dai biocombustibili stessi, allora il processo avrebbe un bilancio energetico migliore e ridurrebbe le emissioni specifiche di CO₂, ma le superfici necessarie aumenterebbero considerevolmente, portando a situazioni di competizione tra la coltivazione di biomasse alimentari e non alimentari. Inoltre, nell'ipotesi di non-dipendenza dai combustibili fossili, il ricavo energetico dei biocombustibili è molto basso.

L'autore non esclude comunque che i biocombustibili possano fare parte di un ventaglio di opzioni con cui rispondere alla scarsità dei combustibili fossili, ma ribadisce che questo dipenderà soprattutto dalla possibilità di associare la produzione di biocombustibili ad altre attività agro-industriali, sfruttando le dinamiche di scala e la disponibilità di sottoprodotti o co-prodotti potenzialmente sfruttabili.

Nel valutare lo sfruttamento energetico delle biomasse, altri fattori molto importanti sono le scale temporale e spaziale: le biomasse sono presenti sul territorio a densità molto bassa e solo in certi periodi dell'anno, sono difficili da stoccare e da trasportare. Queste considerazioni portano a favorire ipotesi di sfruttamento a scala locale, possibilmente accoppiato ad altri processi agro-industriali per un'ottimizzazione delle attività e degli investimenti.

In conclusione, Ulgiati (2001) prevede che l'uso di biomasse a fini energetici possa essere una soluzione di successo a scala locale, se integrata in attività agro-industriali, ma che difficilmente possa essere una soluzione generalizzata e condotta su grandi dimensioni,

Cavalett e Ortega (Cavalett e Ortega, 2009, Cavalett e Ortega, 2010) hanno analizzato la filiera di produzione della soia in Brasile e la sua trasformazione in biodiesel, e concludono che il futuro del biodiesel dovrà essere necessariamente legato alla capacità di associare la sua produzione ad altre attività agro-industriali, alla scala appropriata, in modo da trarre vantaggio dall'uso dei sottoprodotti o co-prodotti.

Nella sua tesi di dottorato, Hagström (2006) ha valutato l'utilizzo di biomasse locali per la produzione di calore, elettricità e biocombustibili in Svezia. L'autore ha trovato che nella maggior parte dei casi investigati, l'investimento in eMergia (flusso F) risulta maggiore del contributo rinnovabile locale (R) (quindi valori di "EMergy Investment Ratio" > 1). L'unica eccezione è l'utilizzo di legna da ardere proveniente da siepi, parchi, vegetazione ripariale; in questo caso, infatti, non sono previste attività agricole o silviculturali e quindi l'input di eMergia in lavoro e servizi è assente o comunque ridotto. Tutti i valori di EYR trovati dall'autore sono inferiori di quelli da letteratura per impianti termoelettrici a metano o olio combustibile. Questo significa che il contributo netto della produzione di energia da biomasse è minore di altre possibili alternative; i processi sono meno capaci di contribuire al sistema economico, perché amplificano poco l'investimento iniziale di eMergia.

Björklund *et al.* (2001) analizzano l'utilizzo energetico di una particolare biomassa residuale, i fanghi di depurazione. Gli autori hanno trovato che le acque reflue hanno una eMergia elevata, relazionata all'impiego di risorse necessarie per la depurazione o agli effetti estesi che queste acque hanno sul territorio se vi vengono rilasciate tal quali. La produzione di elettricità attraverso la digestione anaerobica dei fanghi di depurazione, a sua volta, richiede una quantità elevata di risorse dall'economia, circa il doppio dell'uso totale di risorse per la produzione di elettricità attraverso il mix svedese. Gli autori concludono quindi che se la digestione dei fanghi avviene al solo scopo di produrre elettricità, allora è più efficiente non trattarli ed acquistare elettricità dalla rete. Allo stesso modo, gli autori concludono che è altrettanto sconveniente la produzione di biomasse allo scopo di produrne energia attraverso la digestione anaerobica.

Nilsson (1997) ha valutato l'utilizzo della paglia come combustibile per il teleriscaldamento. Si tratta anche in questo caso di una biomassa residua dalle attività agricole (coltivazione di cereali). Mentre ad una analisi energetica il bilancio è molto favorevole, con più energia

prodotta di quella utilizzata nel processo (rapporto di 12:1), l'analisi eMergetica condotta dall'autore evidenzia un EYR di 1.1, ad indicare come il processo fornisca molta poca eMergia rispetto a quella investita, soprattutto perché alla paglia sono attribuiti per intero i flussi di energia e materia necessari per la coltivazione del grano, visto che si tratta di un sottoprodotto di quel sistema. Nilsson (1997) conclude che l'argomento andrebbe adeguatamente approfondito.

Un risultato più incoraggiante è riportato da Cherubini *et al.* (2008), dove vengono valutate diverse strategie di gestione dei rifiuti: gli autori riportano che l'elettricità prodotta tramite combustione dei rifiuti richiede meno supporto ambientale dell'energia idroelettrica, oltre che di quella prodotta da fonti fossili. Questo risultato positivo è dovuto al fatto che ai rifiuti come tali è assegnata zero eMergia (Brown e Ulgiati, 2004b), mentre alle biomasse di scarto è assegnato lo stesso flusso di eMergia del prodotto principale.

4.2.1.5 ANALISI EMERGETICA TERRITORIALE

Per varie province o altri enti territoriali italiani è stata effettuata la valutazione eMergetica dell'intero territorio, basata su input rinnovabili (R), input locali non rinnovabili (N), import e export dei settori economici. Per valutare gli inport ed export, le analisi eMergetiche territoriali si basano sui dati ISTAT (in Italia) relativi agli scambi commerciali.

Le analisi prese in considerazione in questo lavoro sono state:

- Analisi eMergetica della Provincia di Bologna (2002);
- Analisi eMergetica della comunità montana delle colline metallifere (2004);
- Piano Energetico della Provincia di Siena – Bilancio provinciale consumi energetici – trasporti (2003);
- Analisi eMergetica della sostenibilità ambientale – Regione Piemonte (2001);
- Analisi di sostenibilità della Provincia di Forlì Cesena (2002);
- Analisi della sostenibilità ambientale della Provincia di Rimini (2003);
- Spin-Eco – Analisi di sostenibilità della Provincia di Siena attraverso indicatori ecodinamici (2001-2004);
- Studio di sostenibilità della Provincia di Venezia, (2004);
- Analisi eMergetica della Provincia di Potenza: una valutazione integrata economica-ecologica (2004);
- Analisi eMergetica della Riserva Marina di Punta Campanella: una valutazione ecologica ed economica del comparto pesca (2004);
- Analisi eMergetica dell'Italia (Ulgiati *et al.*, 1994) - EMergy use, environmental loading and sustainability - an eMergy analysis of Italy;

- Il National Environmental Accounting Database (NEAD), realizzato dal Centro per le Politiche Ambientali dell'Università della Florida nell'ambito del progetto "Sahel", disponibile dall'indirizzo web <http://cep.ees.ufl.edu>, che riporta i dati per 134 nazioni.

Rispetto a questi lavori, l'analisi condotta in questo studio non è direttamente confrontabile, in quanto non tratta la totalità del territorio provinciale, ma il suo sistema energetico, inteso come le attività e flussi necessari a estrarre, distribuire, produrre e consumare energia (sotto forma di combustibili, energia termica o elettricità).

Sono anche disponibili 2 analisi eMergetiche relative al territorio oggetto di studio in questa tesi: una (Provincia di Ravenna, 2000) esamina l'intera provincia, e una recente (Comune di Ravenna, 2007) sul territorio del Comune di Ravenna. Dal punto di vista energetico, comunque, le 2 maggiori centrali turbogas presenti sul territorio provinciale sono situate proprio in Comune di Ravenna, ed anche l'estrazione di metano avviene prevalentemente nella zona costiera antistante il comune stesso. Si può quindi affermare che anche l'analisi relativa al Comune di Ravenna prende in considerazione molte delle peculiarità del territorio ravennate dal punto di vista energetico.

4.2.2 STRUMENTI E METODI

Per il calcolo delle risorse locali rinnovabili (R), è stata inclusa anche l'energia prodotta dalle fonti eolica, solare termica, fotovoltaica e idroelettrica, prendendo ad esempio la pubblicazione di Zucaro *et al.* (2004) relativa all'analisi di sostenibilità della Provincia di Potenza. Lo stesso lavoro calcola il rapporto tra eMergia esportata ed importata, e trova come quella esportata sia 3 volte maggiore di quella importata, fatto questo principalmente dovuto all'estrazione di petrolio nel territorio provinciale. Una situazione analoga a quella della Provincia di Ravenna, dove viene estratto gas metano (al largo delle coste) e dove viene inoltre prodotta elettricità in quantità maggiori di quella necessaria a soddisfare il fabbisogno del territorio. Si avanza quindi l'ipotesi che anche per il territorio della Provincia di Ravenna il rapporto tra l'eMergia esportata ed importata sarà maggiore di 1.

Nei flussi R non è stata invece inclusa l'eMergia di onde e maree, in base alla seguente considerazione: in Provincia di Ravenna non sono presenti impianti che sfruttino l'energia di onde o maree per la produzione di energia elettrica. Dal punto di vista del "sistema energetico" oggetto di studio, quindi, la presenza del mare non è rilevante ed il suo apporto in termini eMergetici viene pertanto ignorato. Se l'analisi avesse riguardato l'intera Provincia di Ravenna, allora ignorare questi flussi sarebbe stato un errore.

4.2.2.1 “TRANSFORMITIES”

Visto che l'analisi eMergetica condotta si incentra sul “sistema energetico” che sostiene il territorio della Provincia di Ravenna, a completamento delle analisi condotte a supporto del Piano Energetico (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009), è di grande importanza l'individuazione delle “transformities” adeguate per i sistemi di produzione di energia considerati.

A questo proposito, da letteratura, sono stati individuati i lavori e relative “transformities” riportati in Tabella 34:

Pubblicazione	Processo	“Transformity”
Brown M.T., Ulgiati, S., 2002. EMergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. Journal of Cleaner Production 10 (2002) 321–334	Elettricità prodotta in impianto termoelettrico a metano	1.70E+05 sej/J (Tr with labour and services)
	Elettricità prodotta da impianto eolico	6.21E+04 sej/J (Tr with services)
Cherubini, F., Bargigli, S., Ulgiati, S. Life cycle assessment of urban waste management: Energy performances and environmental impacts. The case of Rome, Italy. Waste Management 28 (2008) 2552–2564	Elettricità prodotta da biogas da discarica	5.36E+05 sej/J (Tr with services)
	Elettricità prodotta dalla frazione inorganica (ferro escluso) dei RSU	2.28E+04 sej/J (Tr with services)
	Elettricità prodotta dall’incenerimento diretto dei RSU	8.56E+04 sej/J (Tr with services)
Hagström, P., 2006. Biomass Potential for Heat, Electricity and Vehicle Fuel in Sweden. Volumes I and II. Doctoral Thesis, . SLU, Uppsala, Sweden, 224 pp. (ISSN 1652-6880 – ISBN 91-576-7060-9)	Elettricità prodotta da biomasse attraverso gassificazione	1.05E+05 sej/J
Cavalett O., Ortega E.. EMergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. Journal of Cleaner Production 17 (2009) 762–771	Olio vegetale (da soia coltivata)	3.51E+05 sej/J
Nilsson, N., 1997. Energy, exergy and eMergy analysis of using straw as fuel in district heating plants. Biomass and Bioenergy Vol. 13, Nos. 1/2, pp. 63-73, 1997	Calore per teleriscaldamento prodotto da paglia	1.0E+05 sej/J
Björklund, J., Geber, U., Rydberg, T., 2000. EMergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge. Resources, Conservation and Recycling 31 (2001) 293–316	Elettricità prodotta da biogas da digestione anaerobica di fanghi di discarica	3.14E+05 sej/J

Pubblicazione	Processo	“Transformity”
Tonon, S., Brown, M.T., Luchi, F., Mirandola, A., Stoppato, A., Ulgiati, S., 2006. An integrated assessment of energy conversion processes by means of thermodynamic, economic and environmental parameters. Energy 31 (2006) 149–163	Elettricità prodotta in impianto idroelettrico	6.68E+4 sej/J
Paoli, C., Vassallo, P., Fabiano, M., 2008. Solar power: An approach to transformity evaluation. Ecological engineering 34 (2008) 191–206	Elettricità prodotta da pannelli fotovoltaici	8.92E+4 sej/J (moltiplicare per 1.68 per adeguarlo alla baseline proposta da Odum nel 2000) (Odum e Odum, 2000)
	Calore prodotto da pannelli solari termici	1.58E+4 sej/J (moltiplicare per 1.68 per adeguarlo alla baseline proposta da Odum nel 2000) (Odum e Odum, 2000)
Bastianoni, S., Campbell, D.E., Ridolfi, R., Pulselli, F.M., 2009. The solar transformity of petroleum fuels. Ecological modelling 220 (2009) 40–50	Derivati del petrolio	6.58E+04 sej/J con s.e. 1.4%
	Metano	4.35E+04
	Petrolio	5.42E+04

Tabella 34. “Transformities” relative a vettori energetici o modalità di produzione di energia, e pubblicazioni corrispondenti

4.2.3 “SYSTEM DIAGRAMS”

E' stato realizzato un system diagram dell'intera provincia di Ravenna, che è riportato in Figura 82. Dal diagramma di sistema della provincia è stato poi derivato il diagramma relativo al “sistema energetico”, riportato in due successive versioni: nella Figura 83 in bozza e nella Figura 84 in versione definitiva.

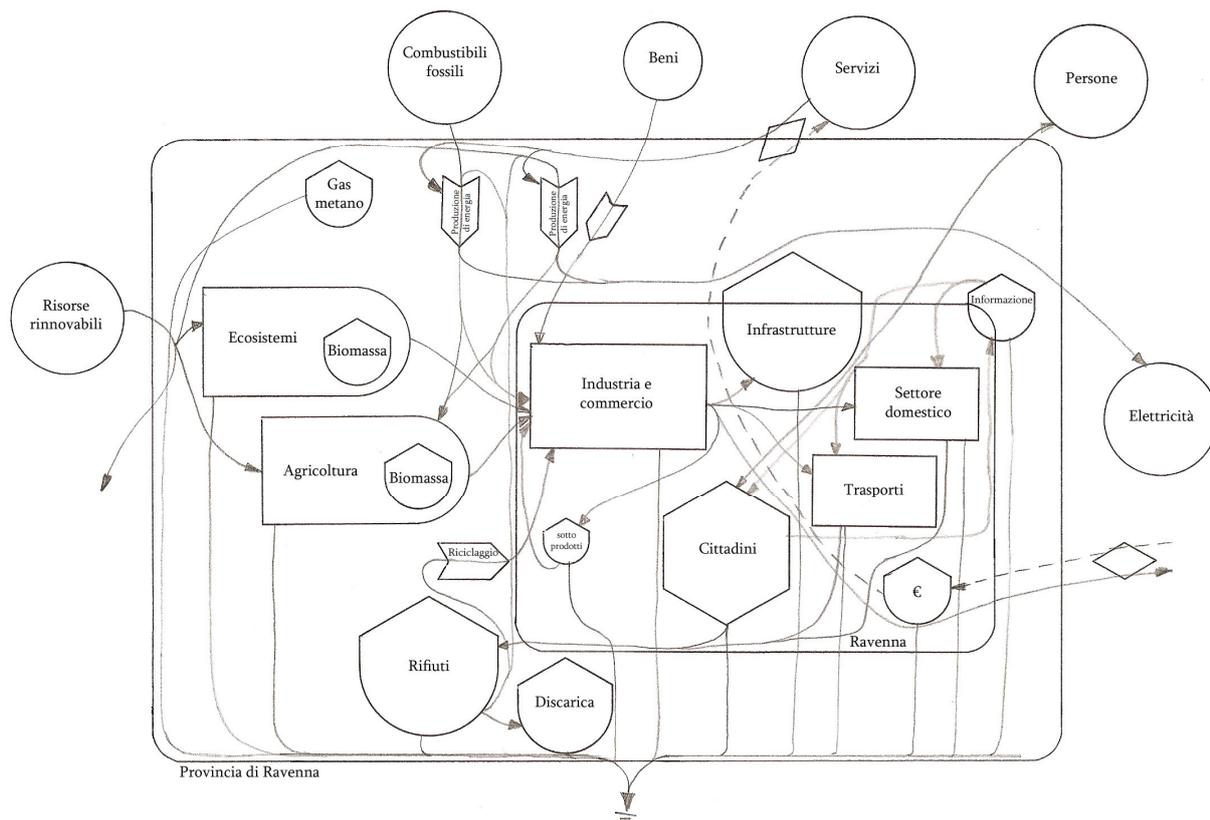


Figura 82. “System diagram” dell’intero territorio della Provincia di Ravenna

In Figura 84 è dato molto risalto alla presenza di centrali per la produzione di energia elettrica, che sono state distinte, in base alla normativa italiana (L.10/91), in base alle fonti utilizzate (fossili, rinnovabili e assimilate). E’ inoltre evidenziata la presenza di riserve di metano sul territorio, ed anche la presenza di un sito di stoccaggio per il metano. Questo sito, denominato “Cotignola e San Potito” ed attualmente in corso di autorizzazione e realizzazione, avrà una capacità di stoccaggio di 915 milioni di metri cubi di metano, e sarà realizzato su vecchi giacimenti già sfruttati. Esiste, sempre in Provincia di Ravenna, un altro progetto per sito di stoccaggio denominato “Alfonsine”, della capacità di 1650 milioni di metri cubi. Insieme, questi due siti andrebbero ad aumentare in modo rilevante l’attuale capacità di stoccaggio italiana, che è di circa 13.5 miliardi di metri cubi.

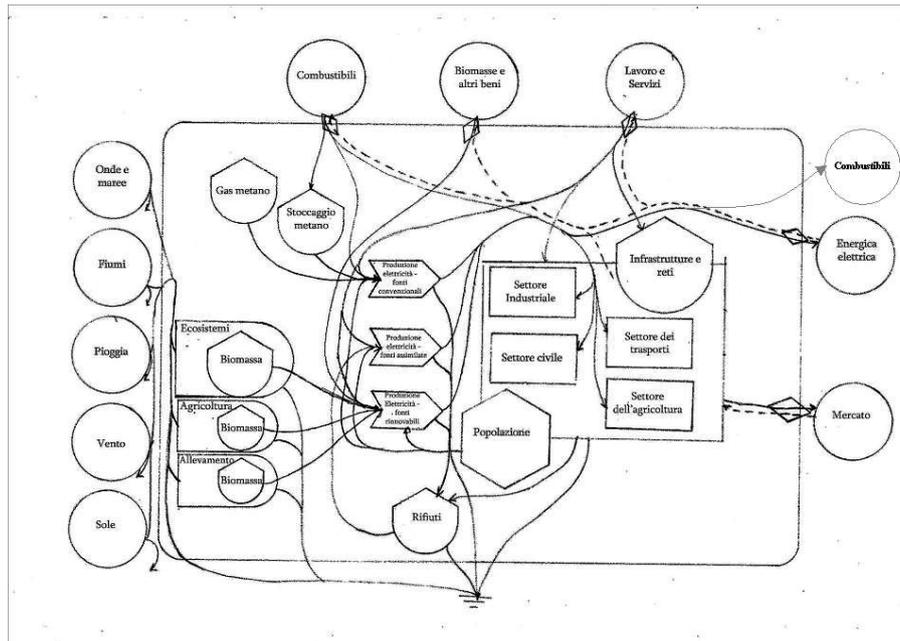


Figura 83. Bozza del “system diagram” del “sistema energetico” della Provincia di Ravenna

Non trovandosi però ancora in esercizio, tali siti di stoccaggio non sono stati valutati numericamente. Per inquadrare la quantità, si può comunque evidenziare come essa corrisponda a $7.64E+21$ sej. Questa quantità corrisponde al 73% del totale dei flussi trovati per l’anno 2006. All’entrata in esercizio, lo stoccaggio di metano in questi siti porterà quasi al raddoppio dei flussi di eMergia del sistema energetico territoriale.

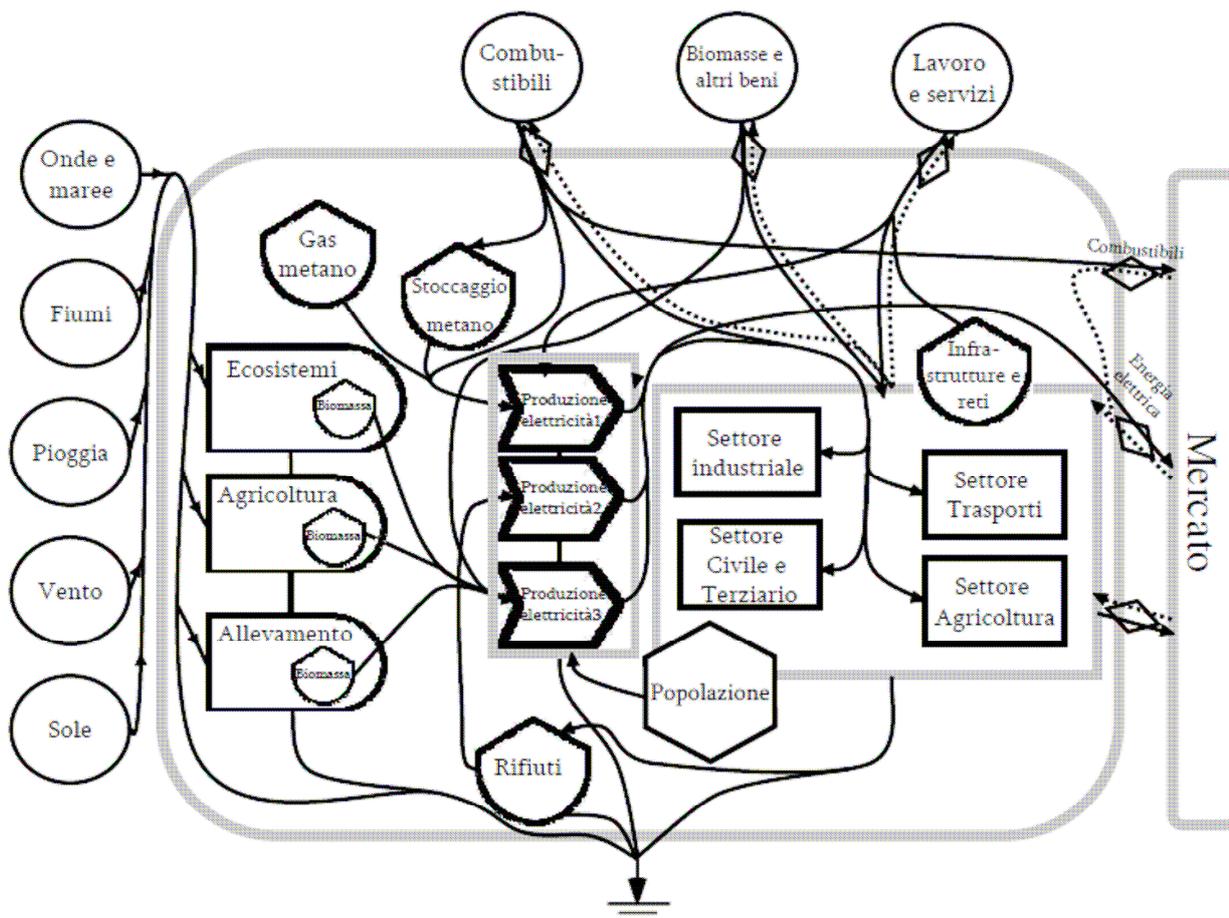


Figura 84. “System diagram” del “sistema energetico” della Provincia di Ravenna

4.2.4 “EMERGY EVALUATION TABLE”

La valutazione quantitativa è stata prima di tutto realizzata per l'intero sistema, nel caso attuale (anno 2006) e per l'anno 2020 nei tre scenari realizzati. I dati sono riportati in Tabella 35, e le note relative si trovano in Tabella 36.

E' da sottolineare come questa analisi sia focalizzata sulla produzione di energia in provincia, sul suo consumo in termini complessivi e quindi sulle importazioni ed esportazioni conseguenti. Una valutazione specifica dei consumi per singolo settore economico verrà invece riportata nel capitolo “Usi finali di energia”.

Nota	Elemento	Flusso 2006	Flusso 2020 (Scenario PEP)	Flusso 2020 (Scenario BAU)	Flusso 2020 (Scenario Autosufficienza)	Unità di misura	Transformity (sej/unit)	Riferimento	EMergy flow 2006 (sej/anno)	EMergy flow 2020 - scenario PEP (sej/anno)	EMergy flow 2020 - scenario BAU (sej/anno)	EMergy flow 2020 - scenario Autosufficienza (sej/anno)
	Risorse Rinnovabili (R)											
1	Energia solare	9.5E+17	9.5E+17	9.5E+17	9.5E+17	J/anno	1.0E+00	Definition	9.5E+17	9.5E+17	9.5E+17	9.5E+17
2	Pioggia (chemical potential)	5.0E+15	5.0E+15	5.0E+15	5.0E+15	J/anno	3.1E+04	Folio 2	1.5E+20	1.5E+20	1.5E+20	1.5E+20
3	Vento	2.3E+16	2.3E+16	2.3E+16	2.3E+16	J/anno	2.5E+03	Folio 2	5.9E+19	5.9E+19	5.9E+19	5.9E+19
4	Fiume (river geopotential)	3.7E+14	3.7E+14	3.7E+14	3.7E+14	J/anno	4.7E+04	Folio 2	1.7E+19	1.7E+19	1.7E+19	1.7E+19
5	Energia prodotta da sole, vento, acqua	3.2E+13	1.0E+15	4.9E+13	1.4E+15	J/anno	1.1E+05	media - questo lavoro	3.5E+18	1.2E+20	5.4E+18	1.6E+20
	Risorse Locali Non Rinnovabili (N)											
6	estrazione metano	1.5E+17	1.2E+17	1.2E+17	1.2E+17	J/anno	8.1E+04	Odum, 1996	1.2E+22	9.8E+21	9.8E+21	9.8E+21
7	esportazione metano	5.9E+16	3.3E+16	2.3E+16	8.6E+16	J/anno	8.1E+04	Odum, 1996	4.7E+21	2.7E+21	1.9E+21	6.9E+21
8	metano per produzione elettricità	6.8E+16	6.9E+16	6.9E+16	9.9E+15	J/anno	8.1E+04	Odum, 1996	5.5E+21	5.6E+21	5.6E+21	7.9E+20
9	metano consumato - usi finali	2.4E+16	2.0E+16	3.0E+16	2.7E+16	J/anno	8.1E+04	Odum, 1996	1.9E+21	1.6E+21	2.4E+21	2.1E+21
	Risorse Esterne (F)											
10	prodotti petroliferi totali	6.8E+16	5.9E+16	7.3E+16	7.2E+16	J/anno	6.6E+04	Bastianoni <i>et al.</i> , 2009	4.5E+21	3.9E+21	4.8E+21	4.7E+21
11	prodotti petroliferi esportati	2.8E+16	2.8E+16	2.8E+16	2.8E+16	J/anno	6.6E+04	Bastianoni <i>et al.</i> , 2009	1.9E+21	1.9E+21	1.9E+21	1.9E+21
12	prodotti petroliferi - usi finali	3.8E+16	3.1E+16	4.5E+16	4.4E+16	J/anno	6.6E+04	Bastianoni <i>et al.</i> , 2009	2.5E+21	2.0E+21	3.0E+21	2.9E+21
13	Elettricità prodotta da biomasse	2.8E+15	6.0E+15	5.3E+15	4.7E+15	J/anno	3.2E+05	media - questo lavoro	8.9E+20	1.9E+21	1.7E+21	1.5E+21
14	Elettricità prodotta da metano	3.0E+16	3.3E+16	3.3E+16	3.8E+15	J/anno	1.7E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	5.1E+21	5.7E+21	5.7E+21	6.5E+20
15	Elettricità da fonti assimilate	6.8E+14	9.6E+14	9.6E+14	9.6E+14	J/anno	1.4E+05	media - questo lavoro	9.6E+19	1.4E+20	1.4E+20	1.4E+20

Nota	Elemento	Flusso 2006	Flusso 2020 (Scenario PEP)	Flusso 2020 (Scenario BAU)	Flusso 2020 (Scenario Autosufficienza)	Unità di misura	Transformity (sej/unit)	Riferimento	EMergy flow 2006 (sej/anno)	EMergy flow 2020 - scenario PEP (sej/anno)	EMergy flow 2020 - scenario BAU (sej/anno)	EMergy flow 2020 - scenario Autosufficienza (sej/anno)
16	elettricità totale rinnovabili	2.6E+15	7.1E+15	5.4E+15	6.1E+15	J/anno	1.1E+05	media	2.9E+20	7.9E+20	6.0E+20	6.8E+20
17	Elettricità - usi finali	1.0E+16	1.1E+16	1.4E+16	1.3E+16	J/anno	1.6E+05	media	1.6E+21	1.8E+21	2.1E+21	2.1E+21
18	Lavoro - addetti laureati	2.8E+02	3.0E+02	2.8E+02	2.2E+02	persone/a nno	7.5E+16	Cialani et al 2005	2.1E+19	2.3E+19	2.1E+19	1.6E+19
19	Lavoro - tecnici e amministrativi	4.1E+02	5.4E+02	4.1E+02	3.3E+02	persone/a nno	5.0E+16	Cialani et al 2005	2.1E+19	2.7E+19	2.1E+19	1.6E+19
20	Lavoro - altri	6.9E+02	7.6E+02	6.9E+02	5.5E+02	persone/a nno	2.5E+16	Cialani et al 2005	1.7E+19	1.9E+19	1.7E+19	1.4E+19
21	Lavoro - pendolari da fuori provincia	6.9E+01	6.9E+01	6.9E+01	6.9E+01	persone/a nno	3.6E+16	Cialani et al 2005	2.5E+18	2.5E+18	2.5E+18	2.5E+18
22	Infrastrutture per l'energia - rete gas	4.0E+06	4.0E+06	4.0E+06	4.0E+06	m	2.9E+12	Comune di Ravenna, 2007	1.2E+19	1.2E+19	1.2E+19	1.2E+19
23	infrastrutture per l'energia - rete elettrica	3.5E+08	3.8E+08	4.2E+08	3.8E+08	m	3.9E+13	Comune di Ravenna, 2007	1.3E+22	1.5E+22	1.6E+22	1.5E+22
24	infrastrutture per l'energia - oleodotti	1.2E+03	1.2E+03	1.2E+03	1.2E+03	m	9.6E+13	Comune di Ravenna, 2007	1.2E+17	1.2E+17	1.2E+17	1.2E+17
25	impianti produttivi	6.4E+04	6.4E+04	6.4E+04	3.2E+04	m3	5.0E+14	Comune di Ravenna, 2007	3.2E+19	3.2E+19	3.2E+19	1.6E+19

Tabella 35. “EMergy evaluation Table”. Per i riferimenti delle transformities si veda la bibliografia. Per le note si veda la Tabella 36

Nota	Elemento	Valori	Unità di misura	Fonte
1	Radiazione Solare	(radiazione media annua)*(superficie)		
	Insolazione	1.43E+03	kWh/m ² *anno	Media comuni della Provincia di Ravenna (Fonte: ENEA, 2002 Archivio Climatico DBT - Tabelle della radiazione solare)
	Fattore di conversione	3.60E+03	J/Wh	
	Radiazione media annua	5.13E+08	J/m ² *anno	
	Superficie	1.86E+09	m ²	
	Energia solare totale ricevuta	9.54E+17	J/anno	
2	Pioggia (potenziale chimico)	(suolo utilizzato)*(tasso di evapotraspirazione)*(densità)*(energia libera di Gibbs/grammo)		
	Area alberata	6.74E+08	m ²	
	Evapotraspirazione	5.59E-01	m/anno	Ascione et al 09
	Densità dell'acqua	1.00E+06	g/m ³	
	Gibbs energy of rain water relative to sea water	4.94E+00	J/g	(Odum, 1996)
	energia di evapotraspirazione - area alberata	1.86E+15	J/anno	
	Area a seminativo o prati	8.94E+08	m ²	
	Evapotraspirazione	7.11E-01	m/anno	Ascione et al 09
	energia di evapotraspirazione - seminativi e prati	3.14E+15	J/anno	
	Energia di evapotraspirazione totale	5.00E+15	J/anno	
3	Vento	(energia cinetica)		
	Circolazione globale	4.00E-01	J/m ² *sec	
	Sec/anno	3.16E+07	sec/year	
	area	1.86E+09	m ²	
	Energia cinetica totale	2.35E+16	J/anno	
4	Fiumi	Flusso*densità*altezza in ingresso*accelerazione di gravità		
	Altezza stimata all'ingresso	2.50E+02	m	
	Flusso	4.73E+00	m ³ /s	AdBfr
	Densità dell'acqua	1.00E+03	kg/m ³	
	Gravità	9.81E+00	m/s ²	
	Flusso totale annuale	1.49E+08	m ³ /anno	
	Flusso energetico totale	3.66E+14	J/anno	
5	Energia prodotta da			

Nota	Elemento	Valori	Unità di misura	Fonte
	sole, vento, acqua			
	energia da impianti fotovoltaici	1.38E+13	J/anno	(Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)
	energia da impianti eolici	1.45E+13	J/anno	(Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)
	energia da impianti idroelettrici	3.60E+12	J/anno	(Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009)
	Flusso energetico totale	3.18E+13	J/anno	
6	estrazione metano			
	metano estratto	3.39E+03	ktep/anno	
	fattore di conversione	4.47E+10	J/ktep	
	Flusso totale annuale	1.53E+17	J/anno	
10	prodotti petroliferi totali			
	flusso totale	1.51E+03	ktep	
	fattore di conversione	4.47E+10	J/ktep	
	Flusso totale annuale	6.77E+16	J/anno	
18	Lavoro - addetti laureati			
	numero totale addetti	1.38E+03	addetti	(ISTAT - 'Tavola 10.2 - Addetti alle unità locali delle imprese per sezione/sottosezione di attività economica, ripartizione geografica, regione e provincia. Anno 2004 (Valori assoluti)) - impiegati nei settori Estrazione di minerali, Fabbricaz. di coke, raffinerie di petrolio, trattam. di combustibili nucleari, Produzione e distribuz. di energia elettrica, gas e acqua
	laureati su totale addetti	2.00E-01	%	stima
19	Lavoro - tecnici e amministrativi			
	tecnici su totale addetti	3.00E+01	%	stima
20	Lavoro - altri			
	% sul totale addetti	5.00E+01	%	stima
21	Lavoro - pendolari da fuori provincia			
	totale pendolari in ingresso	1.15E+04	addetti	Servizio statistica, Provincia di Ravenna
	% impiegati nel settore energetico	6.00E-03	%	stima
22	Infrastrutture per l'energia - rete gas			
	lunghezza complessiva	2.00E+08	m	stima
	tempo di sostituzione	5.00E+01	anni	stima
23	infrastrutture per l'energia - rete			

Nota	Elemento	Valori	Unità di misura	Fonte
	elettrica			
	lunghezza complessiva	3.49E+06	m	RSA Provincia di Ravenna 2004
	tempo di sostituzione	5.00E+01	anni	stima
24	infrastrutture per l'energia - oleodotti			
	lunghezza complessiva	6.00E+04	m	stima
	tempo di sostituzione	5.00E+01	anni	stima
25	impianti produttivi			
	volumi complessivi	4.00E+06	m ³	stima
	frazione del volume complessivo	3.20E+01	%	VALSAT PSC Ravenna09
	tempo di sostituzione	2.00E+01	anni	
	Popolazione	3.86E+05	persone	

Tabella 36. Note alla “EMergy Evaluation Table” – dati relativi all’anno 2006

Per ottenere i valori di produzione di energia riportati in Tabella 35, sono stati valutati i contributi di tutte le centrali di produzione di energia presenti nel territorio. Il dettaglio di questi calcoli è fornito in Tabella 37.

Nome Azienda	TIPOLOGIA IMPIANTO	COMUNE	MWe autorizzati	ore annue di funzionamento stimate	MWh prodotti/anno	J/anno prodotti	Transformity (sej/unit)	riferimento	EMergy flow, sej/anno
PROVINCIA DI RAVENNA - PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI CONVENZIONALI									
ENEL Produzione S.p.A.	Centrale termoelettrica - ciclo combinato	Ravenna	9.40E+02		3.90E+06	1.41E+16	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	2.39E+21
ENIPOWER S.p.A.	Centrale termoelettrica - ciclo combinato	Ravenna	7.80E+02		5.31E+06	1.91E+16	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	3.25E+21
CEDIR S.p.A.	cogenerazione a gas metano	Castel Bolognese	2.00E+00	4.50E+03	9.00E+03	3.24E+13	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	5.51E+18
CERDOMUS Ceramiche S.p.a	cogenerazione a gas metano	Castel Bolognese	4.74E+00	4.50E+03	2.13E+04	7.68E+13	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	1.31E+19
Unigrà S.p.a.	cogenerazione a gas metano	Conselice	4.00E+00	4.50E+03	1.80E+04	6.48E+13	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	1.10E+19
HERA S.p.a	Centrale di cogenerazione a gas metano	Castel Bolognese	5.50E-01	4.50E+03	2.48E+03	8.91E+12	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	1.51E+18
TOTALE			2.05E+03		9.27E+06	3.34E+16	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	5.67E+21
PROVINCIA DI RAVENNA - PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI ASSIMILATE ALLE RINNOVABILI									
HERA S.p.a	turboespansore	Ravenna	1.00E+00		3.10E+03	1.12E+13			
LONZA S.p.A.	recupero energetico off gas	Ravenna	2.00E+01	4.50E+03	9.00E+04	3.24E+14	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	5.51E+19
CABOT ITALIANA S.p.A.	recupero energetico off gas	Ravenna	2.00E+00	4.50E+03	9.00E+03	3.24E+13	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	5.51E+18
Degussa Italia S.p.A.	recupero energetico off gas (o Tail Gas)	Ravenna	2.48E+01	4.50E+03	1.12E+05	4.02E+14	1.70E+05	Brown e Ulgiati, 2002 (Tr with labour)	6.83E+19
HERA S.p.A.	Caldaia a letto fluido a CDR	Ravenna	6.00E+00		3.33E+04	1.20E+14	2.28E+04	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	2.73E+18
Ecologia Ambiente s.r.l.	forno smaltimento rifiuti	Ravenna	4.00E+00		2.21E+04	7.96E+13	8.56E+04	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	6.81E+18
TOTALE			4.78E+01		2.69E+05	9.69E+14	1.43E+05		
PROVINCIA DI RAVENNA - PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI									
Tampieri energie s.r.l.	recupero energetico rifiuti e biomasse	Faenza	1.30E+01	5.50E+03	7.15E+04	2.57E+14	1.05E+05	Hagstrom, 2006	2.69E+19
Tampieri spa	recupero energetico rifiuti e biomasse	Faenza	1.05E+01	5.50E+03	5.78E+04	2.08E+14	1.05E+05	Hagstrom, 2006	2.18E+19

Nome Azienda	TIPOLOGIA IMPIANTO	COMUNE	MWe autorizzati	ore annue di funzionamento stimato	MWh prodotti/anno	J/anno prodotti	Transformity (sej/unit)	riferimento	EMergy flow, sej/anno
UNIGRA'	combustione biomasse ed oli vegetali	Conselice	4.90E+01	5.50E+03	2.70E+05	9.70E+14	8.56E+04	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	8.30E+19
DISTER S.p.a.	combustione biomasse ed oli vegetali	Faenza	3.40E+01	5.50E+03	1.87E+05	6.73E+14	8.56E+04	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	5.76E+19
CAVIRO Soc. Coop arl	combustione biogas e biomasse	Faenza	2.03E+01	5.50E+03	1.12E+05	4.01E+14	8.56E+04	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	3.44E+19
VILLA PANA	combustione biogas, biomasse, metano	Faenza	3.80E+00	5.50E+03	2.09E+04	7.52E+13	8.56E+04	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	6.44E+18
MICRONMINERAL - LLOYD	combustione oli vegetali	Ravenna	7.20E+00	5.50E+03	3.96E+04	1.43E+14	3.51E+05	Cavalett e Ortega, 2009	5.00E+19
FIN.SO ENERGY S.p.a.	combustione biogas scarica	Ravenna	5.00E-01	5.10E+03	2.55E+03	9.18E+12	5.36E+05	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	4.92E+18
HERA S.p.A.	combustione biogas scarica	Ravenna	1.16E+00		5.89E+03	2.12E+13	5.36E+05	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	1.14E+19
HERA S.p.A.	combustione biogas scarica	Ravenna	1.13E+00	5.10E+03	5.76E+03	2.07E+13	5.36E+05	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	1.11E+19
HERA S.p.A.	combustione biogas scarica	Alfonsine	6.00E-01		5.10E+02	1.84E+12	5.36E+05	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	9.84E+17
HERA S.p.A.	depuratore	Ravenna			5.00E+01	1.80E+11	3.14E+05	Bjorklund <i>et al.</i> , 2001	5.65E+16
AGRIENERGY	digestore anaerobico (biogas)	Ravenna (S. Pietro in Campiano)	2.10E-01	4.00E+03	8.40E+02	3.02E+12	5.36E+05	Cherubini <i>et al.</i> , 2008	1.62E+18
Parco del Carnè	eolico	Brisighella	9.00E-03		1.80E+01	6.48E+10	6.21E+04	Brown e Ulgiati 2002	4.02E+15
ABACO	eolico	Brisighella	2.40E+00	1.87E+03	4.00E+03	1.44E+13	6.21E+04	Brown e Ulgiati 2002	8.94E+17
Rossi Gaeta - San Cassiano	idroelettrico	Brisighella	3.00E-01		1.00E+03	3.60E+12	6.68E+04	Tonon <i>et al.</i> , 2006	2.40E+17
Impianti fotovoltaici	solare fotovoltaico	Provincia di Ravenna	3.54E+00		3.82E+03	1.38E+13	1.50E+05	Paoli <i>et al.</i> , 2008	2.06E+18
TOTALE			1.44E+02		7.82E+05	2.82E+15	1.11E+05		

Tabella 37. Impianti per la produzione di energia elettrica in Provincia di Ravenna (anno 2006). Produzione ed eMergia corrispondente

4.2.5 INDICI EMERGETICI

La prima valutazione degli indici eMergetici è stata effettuata considerando il sistema energetico nel suo complesso. Rifacendosi al diagramma di Figura 84, questo ha significato conteggiare gli input eMergetici che alimentano il sistema, più le fonti di eMergia locale non rinnovabile presenti all'interno del sistema stesso. Questo tipo di dettaglio porta quindi a trascurare la differenziazione dei consumi di energia all'interno del sistema, per guardare più in generale ai quantitativi complessivi importati ed esportati.

Utilizzando i risultati forniti dal software LEAP per gli scenari definiti (capitolo 3), è stato possibile calcolare gli indici eMergetici per 6 diverse casistiche:

- Situazione all'anno 2006, considerando tutti i flussi presenti e classificando il metano estratto al largo delle coste come risorsa N;
- Situazione all'anno 2006, considerando tutti i flussi presenti e classificando il metano estratto al largo delle coste come risorsa F (in base alla considerazione che esso non ricade precisamente nel territorio considerato);
- Situazione all'anno 2006, classificando il metano estratto al largo delle coste come risorsa N; i flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono però esclusi;
- Situazione all'anno 2020 secondo lo scenario BAU. I flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono esclusi;
- Situazione all'anno 2020 secondo lo scenario di applicazione del Piano Energetico. I flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono esclusi;
- Situazione all'anno 2020 secondo lo scenario di autosufficienza. . I flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono esclusi.

I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 38 e Tabella 39.

		Formula	Unità	Metano come risorsa NR locale		Metano come risorsa F		Esclusi i flussi di attraversamento		Scenario Applicazione PEP 2020 *		Scenario BAU 2020 *		Scenario autosufficienza 2020 *	
				Valore	%	Valore	%	Valore	%	Valore	%	Valore	%	Valore	%
Rc	R - renewable eMergy		sej/year	1.70E+20	1.00%	1.70E+20	1.00%	1.70E+20	1.63%	1.70E+20	1.78%	1.70E+20	1.52%	1.70E+20	2.73%
F1	imported eMergy (fuels)	10	sej/year	4.46E+21	26.19%	1.67E+22	98.35%	2.60E+21	24.92%	2.02E+21	21.11%	2.96E+21	26.44%	2.88E+21	46.25%
Slout	imported eMergy for labour and services	21	sej/year	2.48E+18	0.01%	2.48E+18	0.01%	2.48E+18	0.02%	2.48E+18	0.03%	2.48E+18	0.02%	2.48E+18	0.04%
Slin	local eMergy for labour and services	18+19+20	sej/year	5.84E+19	0.34%	5.84E+19	0.34%	5.84E+19	0.56%	6.83E+19	0.71%	5.84E+19	0.52%	4.67E+19	0.75%
St	Facilities		sej/year	4.65E+19	0.27%	4.65E+19	0.27%	4.65E+19	0.45%	4.68E+19	0.49%	4.70E+19	0.42%	3.07E+19	0.49%
Re	eMergia elettricità da sole, vento, acqua	5	sej/year	3.50E+18	0.02%	3.50E+18	0.02%	3.50E+18	0.03%	1.15E+20	1.20%	5.35E+18	0.05%	1.57E+20	2.53%
F	input di risorse e servizi dal mercato	F1+Slout+Slin+B+Met+St	sej/year	4.57E+21	26.83%	1.68E+22	98.98%	2.71E+21	25.94%	2.14E+21	22.34%	3.06E+21	27.41%	2.96E+21	47.53%
R	input di risorse rinnovabili	Rc+Re	sej/year	1.74E+20	1.02%	1.74E+20	1.02%	1.74E+20	1.66%	2.85E+20	2.98%	1.75E+20	1.57%	3.27E+20	5.26%
N	N - non renewable local eMergy		sej/year	1.23E+22	72.16%	0.00E+00	0.00%	7.56E+21	72.39%	7.15E+21	74.68%	7.94E+21	71.02%	2.94E+21	47.21%
Y	total eMergy	Rc+N+F1+Sout+Slin+Re+B+Met+St	sej/year	1.70E+22		1.70E+22		1.04E+22		9.57E+21		1.12E+22		6.23E+21	
	exported eMergy	7+11+5+13+14+15-17	sej/year	1.11E+22	65%	1.11E+22	65%	4.56E+21	44%	4.56E+21	48%	4.56E+21	41%	0	0%

Tabella 38. Sintesi eMergetica. Aggregazione dei flussi . Nella colonna “Formula”, i numeri si riferiscono alle righe di Tabella 35, le sigle alle righe di questa tabella

Una prima considerazione va fatta riguardo alle 3 modalità con cui si sono valutati i flussi relativi all'anno 2006.

4.2.5.1 SITUAZIONE 2006, CASO A

Metano classificato come risorsa N, tutti i transiti inclusi. In questo calcolo, il metano è stato considerato una risorsa locale non rinnovabile, esclusa dal mercato. Questa inclusione viene fatta coerentemente con alcuni lavori (ad esempio Ulgiati *et al.*, 1994; Rydberg e Haden, 2006) che includono in questa categoria i combustibili fossili e i minerali provenienti dal territorio.

Il territorio è lontanissimo da quello che sarebbe il suo equilibrio in assenza di flussi guidati dal mercato, e l'ELR, superiore a 90, sta ad indicare flussi di eMergia molto elevati che insistono su un piccolo territorio. L'EYR presenta un valore di 3.73, indicando un rilevante contributo locale allo Yield complessivo del sistema, e quindi una "appartenenza territoriale" del sistema stesso. L'eMergia rinnovabile locale rappresenta in ogni caso poco più dell'1% dello yield complessivo: il sistema energetico della Provincia si basa su fonti fossili, con transformities elevate, che hanno concentrato, in milioni di anni, l'energia solare. Rispetto a queste, il flusso di eMergia rinnovabile risulta quasi irrilevante, caratterizzato per sua natura da basse transformities e diffusione sul territorio.

4.2.5.2 SITUAZIONE 2006, CASO B

Metano classificato come risorsa proveniente dal mercato F. Questo tipo di classificazione è coerente con i lavori che includono in questa categoria solamente la perdita di suolo, quindi un flusso spontaneo, e non i flussi che esistono solo grazie ad infrastrutture e lavoro per sostenerli. Ad ogni modo, questo approccio risulta più adeguato per lo studio di sistemi agricoli o di sistemi di piccole dimensioni, mentre probabilmente non è corretto per il caso della Provincia di Ravenna. Anche in Comune di Ravenna, 2007, un lavoro che riguarda parte del territorio oggetto di questo studio, il metano viene considerato come risorsa locale. I risultati vengono comunque riportati per completezza, e per alcune considerazioni di carattere generale.

Se nemmeno il metano proviene dal territorio, il valore di EYR pari a 1.1 rispecchia un sistema totalmente svincolato dal territorio, che si potrebbe svolgere tanto lì quanto altrove.

4.2.5.3 SITUAZIONE 2006, CASO C

Metano classificato come risorsa N, esclusione dei flussi di transito. In questo caso, che è stato individuato come quello che meglio può descrivere la situazione attuale, oltre a classificare il metano come locale si è deciso di escludere i flussi di metano e di olio combustibile che non hanno utilizzo sul territorio, ma che lo attraversano semplicemente (dall'estrazione ai gasdotti per il metano, dal porto all'oleodotto per l'olio combustibile).

Lo "Yield" complessivo del sistema diminuisce del 40% se si escludono i flussi di attraversamento. Questo sta ad indicare una situazione di "corridoio energetico" che caratterizza la Provincia di Ravenna. I flussi di merci movimentate al porto, inoltre, la caratterizzano come "corridoio" non solo energetico.

Rispetto agli altri casi valutati per l'anno 2006, questo mostra, evidentemente, una densità di eMergia e un valore di eMergia per persona quasi dimezzati. L'EYR è compreso tra 3 e 4, ad indicare il contributo locale al sistema. ELR ed EIS presentano valori migliori che negli altri 2 casi, pur continuando a testimoniare un forte stress sull'ambiente ed un sistema guidato dalle attività umane.

E' vero che la presenza dei flussi in attraversamento, pur non avendo effetti rilevanti sul territorio in condizioni normali, aumenta in modo rilevante i rischi in condizioni anomale o di emergenza (interventi sulla rete, perdite di gasdotti o oleodotti, sversamento al porto, esplosione....). In questo lavoro è stato scelto di valutare gli scenari al 2020 con la sintesi eMergetica senza tener conto di questi flussi in transito, analizzando quindi solo una situazione di normalità e senza considerare i rischi aggiuntivi.

Andando poi ad osservare i risultati per i 3 scenari considerati, si riportano di seguito alcune considerazioni:

4.2.5.4 ANNO 2020, SCENARIO BAU

Situazione all'anno 2020 secondo lo scenario BAU. I flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono esclusi.

I risultati di questo scenario non differiscono sensibilmente da quelli del 2006 (caso C). Si osserva un leggero aumento dell'eMergia per persona, ed un leggero peggioramento di EYR, ELR, EIS e %Ren. Queste modifiche sono da attribuire soprattutto all'aumento dei consumi interni alla Provincia, più che a modifiche del sistema produttivo, che rimane sostanzialmente invariato.

4.2.5.5 ANNO 2020, SCENARIO DI APPLICAZIONE DEL PIANO

Situazione all'anno 2020 secondo lo scenario di applicazione del piano. I flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono esclusi.

Questo scenario è quello che mostra la combinazione di risultati migliore. La densità di flusso di eMergia diminuisce, mentre aumenta l'EYR del sistema, che vale 4.48. Tale valore si accompagna ad un ELR quasi dimezzato rispetto allo scenario BAU (32.54 contro 62.72) e soprattutto ad un aumento della %Ren che raggiunge il 3%. Non si tratta comunque di valori elevati, ma viste le peculiarità del territorio (porto, estrazione di metano, centrali termoelettriche, esportazione di elettricità) non ci si può attendere una frazione di rinnovabili più consistente. Il fatto che il sistema sia comunque guidato dalle attività umane e molto lontano dalla sua conformazione "naturale" è evidenziato dal basso valore di EIS (0.138), comunque più elevato di quello del 2006 o dello scenario BAU.

4.2.5.6 ANNO 2020, SCENARIO DI AUTOSUFFICIENZA

Situazione all'anno 2020 secondo lo scenario di autosufficienza. I flussi di attraversamento (parte del metano e dell'olio combustibile) sono esclusi.

Come richiamato nel capitolo 3.4.3, questo scenario identifica tutte le azioni di intervento sul sistema energetico nel ridimensionamento delle centrali termoelettriche. Il consumo ridotto di metano porta ad uno "Yield" complessivo quasi dimezzato rispetto all'anno 2006 (caso C), e quindi anche ad un valore minore di eMergia per persona. Andando a perdere l'utilizzo di una risorsa locale, anche se non rinnovabile, l'EYR diminuisce sensibilmente (2.1). Il contributo delle risorse rinnovabili locali, pur non aumentando in termini assoluti, percentualmente cresce fino al 5.26%, portando anche l'ELR a 18.02, il valore più basso tra tutti i 6 casi considerati. Dal punto di vista degli obiettivi europei e nazionali in tema di energia (riduzione emissioni, sfruttamento fonti rinnovabili, riduzione dei consumi), questo scenario non porta alla riduzione dei consumi, perché si agisce solamente sull'eccesso di produzione, spostandolo dalla Provincia di Ravenna in un altro territorio. Il valore di EYR, più basso che negli altri scenari, sottolinea come non si utilizzi una risorsa locale (il metano) e come quindi aumenti il peso relativo dei combustibili fossili importati (benzina, gasolio, gpl, olio combustibile). In questo scenario, il metano che non viene utilizzato in provincia è destinato ad altri territori, quindi entra a far parte del "flussi in transito" che si è scelto di non conteggiare.

			2006 - metano locale (caso A)	2006 - metano importato (caso B)	2006 - flussi in attraversamento esclusi, metano locale (caso C)	2020 - scenario di applicazione del piano	2020 - scenario BAU	2020 - scenario di autosufficienza
Y/P	eMergia per persona	sej/persona	4.41E+16	4.41E+16	2.71E+16	2.48E+16	2.90E+16	1.61E+16
Y/A	densità di eMpower	sej/m2*anno	9.15E+12	9.15E+12	5.61E+12	5.15E+12	6.01E+12	3.35E+12
EYR	eMergy yield ratio (Y/F)		3.73	1.01	3.85	4.48	3.65	2.10
ELR	Environmental loading ratio (N+F)/R		97.05	97.05	59.14	32.54	62.72	18.02
EIS	EMergy index of sustainability (EYR/ELR)		0.038	0.010	0.065	0.138	0.058	0.117
%Ren	% rinnovabile	%	1.02%	1.02%	1.66%	2.98%	1.57%	5.26%

Tabella 39. Sintesi eMergetica. Principali indici

4.2.5.7 USI FINALI DI ENERGIA

Una analisi di dettaglio è stata dedicata ai consumi finali di energia, per i quali i dati sono stati valutati in forma disaggregata per i settori industriale, domestico, terziario, dell'agricoltura e dei trasporti. L'obiettivo di questa analisi è stato quello di valutare se, rispetto al peso che ciascun

settore ha in relazione ai consumi di energia, il peso sull'ambiente valutato attraverso l'eMergia mostra differenze rilevanti in termini di contributo percentuale di ciascun settore.

L'analisi è stata condotta inizialmente per i consumi dell'anno 2006, che sono riportati in sintesi in Tabella 40. L'equivalente eMergetico è stato calcolato in base alle transformities di seguito:

- metano: 8.05E+04 sej/J (Odum, 1996);
- gasolio e benzina: 6.58E+04 sej/J (Bastianoni *et al.*, 2009)
- GPL: 4.35E+04 sej/J (Bastianoni *et al.*, 2009)
- elettricità: 1.57E+05 (media pesata ottenuta in questo lavoro in base al mix di produzione locale).

J	2006	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	1.08E+16	4.05E+13		6.90E+13	1.62E+15	1.26E+16
	Industria	9.81E+15	1.48E+16	1.89E+15		5.72E+15	3.53E+16
	Terziario	2.29E+15	3.56E+15		4.40E+14	2.07E+15	8.37E+15
	Agricoltura		3.06E+15			5.28E+14	3.59E+15
	Trasporti	9.80E+14	5.88E+15	4.50E+15	4.03E+14	2.12E+14	1.20E+16
	Totale	1.20E+16	2.30E+16	1.71E+16	1.26E+16	1.32E+16	7.18E+16
sej	2006	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	8.73E+20	2.7E+18		3.0E+18	2.6E+20	1.13E+21
	Industria	7.89E+20	9.8E+20	1.2E+20		9.0E+20	2.79E+21
	Terziario	1.85E+20	2.3E+20		1.9E+19	3.3E+20	7.64E+20
	Agricoltura		2.0E+20			8.3E+19	2.84E+20
	Trasporti	7.89E+19	3.9E+20	3.0E+20	1.8E+19	3.3E+19	8.13E+20
	Totale	1.93E+21	1.80E+21	4.20E+20	3.96E+19	1.60E+21	5.78E+21

Tabella 40. Consumi di energia ed equivalente in eMergia– Provincia di Ravenna, anno 2006

Un confronto tra le due unità di misura è mostrato in Figura 86, dove si valuta il contributo percentuale di ciascun settore sul totale dei consumi, sia in termini di J che di sej.

Si può osservare facilmente come il peso percentuale dei settori resti praticamente invariato (la classifica resta immutata, alcuni pesi si spostano leggermente): il domestico aumenta di 3 punti percentuali e il settore dei trasporti li perde, passando da J a sej, quindi da energia a eMergia. L'aumento percentuale del settore domestico, pur se ridotto, può essere attribuito al maggior contributo dell'elettricità ("transformity" più elevata) sui consumi di questo settore rispetto agli altri.

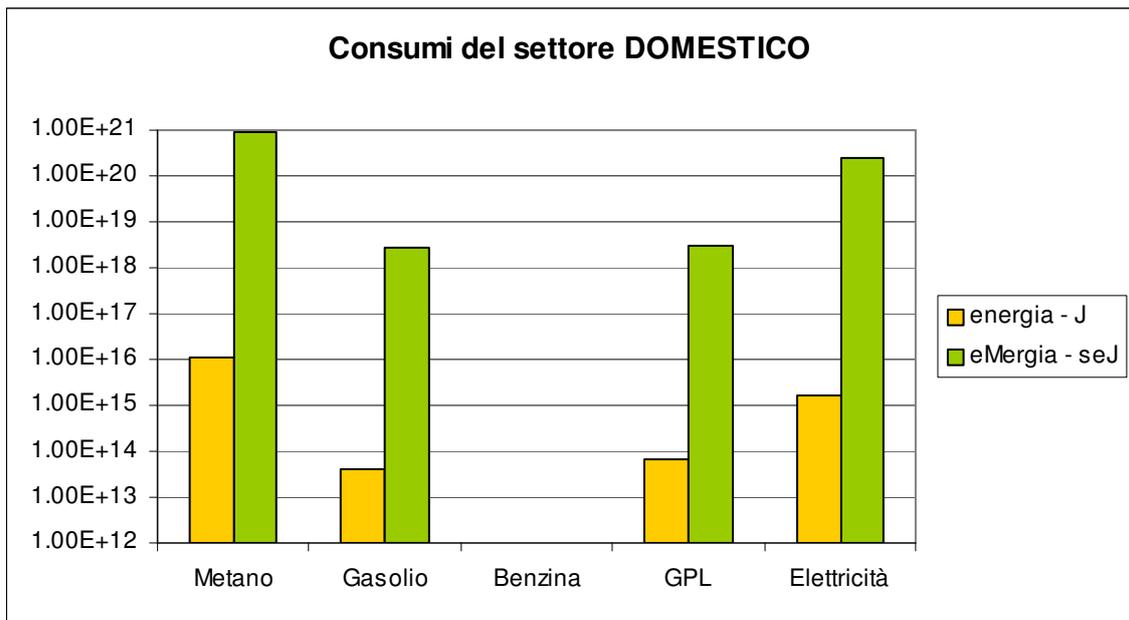


Figura 85. Settore domestico. Confronto tra consumi (J) e corrispondenti flussi di eMergia (seJ) per l'anno 2006

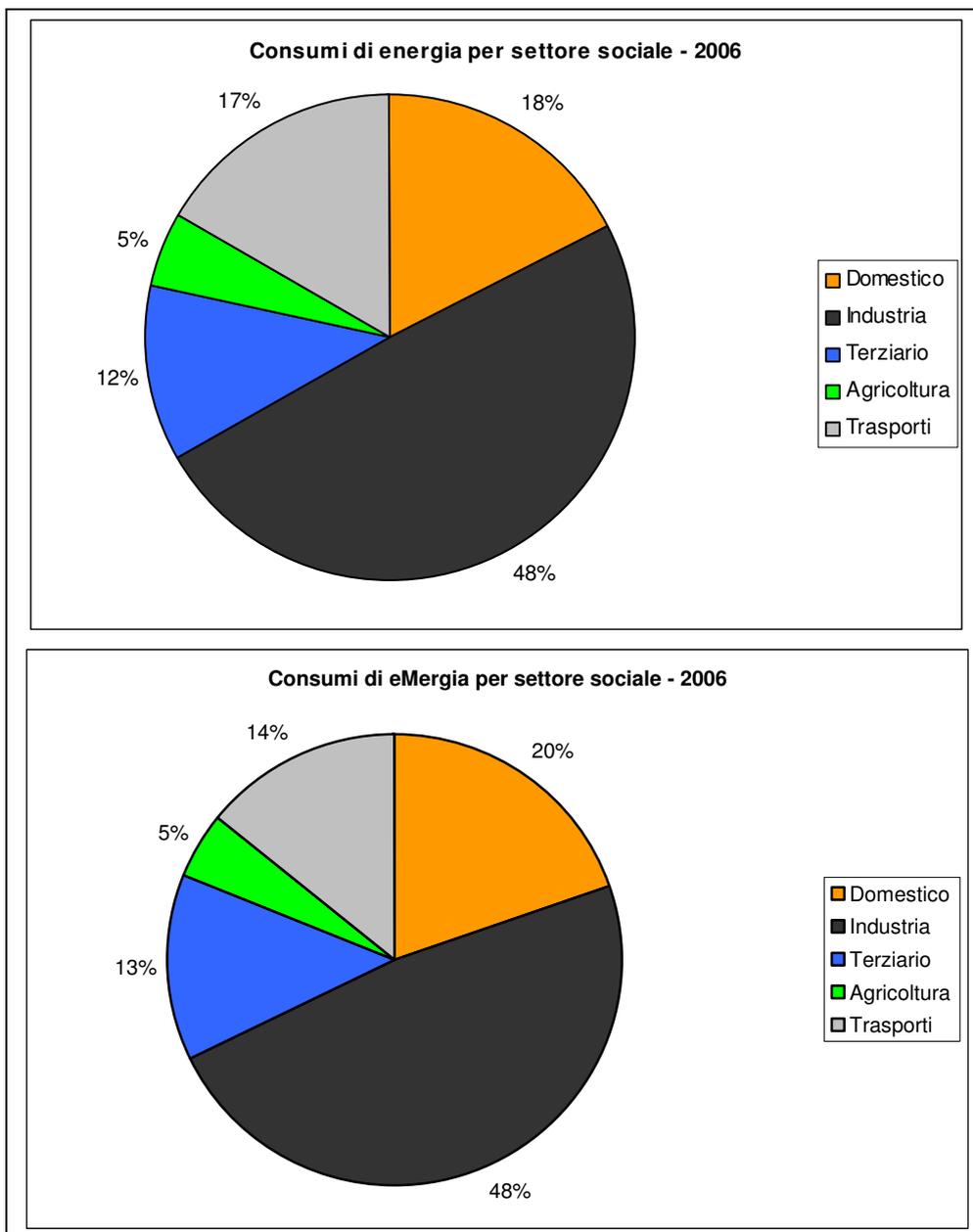


Figura 86. Usi finali di energia. Contributo dei diversi settori valutato in base ai J ed ai sej corrispondenti. Anno 2006

Le stesse valutazioni sono state effettuate per gli scenari, con risultati comunque molto simili a quelli del 2006, tanto che non si riportano i dati al riguardo, Ci si limita a riportare le tabelle dei consumi per il 2020 ottenuti negli scenari.

J	2020BAU	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	1.31E+16	4.90E+13		8.35E+13	2.00E+15	1.52E+16
	Industria	1.18E+16	1.79E+16	2.28E+15		6.90E+15	4.26E+16
	Terziario	3.64E+15	5.64E+15		6.97E+14	3.29E+15	1.33E+16
	Agricoltura		2.35E+15			4.06E+14	2.76E+15
	Trasporti	1.03E+15	7.77E+15	3.97E+15	4.30E+14	9.25E+14	1.41E+16
	Totale						8.80E+16
sej	2020BAU	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	1.06E+21	3.2E+18		3.6E+18	3.1E+20	1.38E+21
	Industria	9.53E+20	1.2E+21	1.5E+20		1.1E+21	3.36E+21
	Terziario	2.93E+20	3.7E+20		3.0E+19	5.2E+20	1.21E+21
	Agricoltura		1.5E+20			6.4E+19	2.19E+20
	Trasporti	8.32E+19	5.1E+20	2.6E+20	1.9E+19	1.5E+20	1.02E+21

Tabella 41. Consumi di energia ed equivalente in eMergia– Provincia di Ravenna, anno 2020 nello scenario BAU

J	2020PEP	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	9.32E+15	3.48E+13	0.00E+00	5.93E+13	1.07E+15	1.05E+16
	Industria	8.87E+15	1.34E+16	1.71E+15	0.00E+00	5.17E+15	3.20E+16
	Terziario	8.37E+14	1.30E+15	0.00E+00	1.60E+14	3.74E+15	6.04E+15
	Agricoltura	0.00E+00	2.71E+15	0.00E+00	0.00E+00	4.67E+14	3.17E+15
	Trasporti	7.66E+14	5.20E+15	3.00E+15	3.13E+14	9.25E+14	1.02E+16
	Totale						6.19E+16
sej	2020PEP	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	7.50E+20	2.3E+18	0.0E+00	2.6E+18	1.7E+20	9.24E+20
	Industria	7.14E+20	8.8E+20	1.1E+20	0.0E+00	8.1E+20	2.52E+21
	Terziario	6.74E+19	8.5E+19	0.0E+00	7.0E+18	5.9E+20	7.49E+20
	Agricoltura	0.00E+00	1.8E+20	0.0E+00	0.0E+00	7.3E+19	2.52E+20
	Trasporti	6.16E+19	3.4E+20	2.0E+20	1.4E+19	1.5E+20	7.60E+20

Tabella 42. Consumi di energia ed equivalente in eMergia– Provincia di Ravenna, anno 2020 nello scenario di applicazione del piano

J	2020 Autosufficienza	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	9.32E+15	3.48E+13	0.00E+00	5.93E+13	1.07E+15	1.05E+16
	Industria	1.28E+16	1.93E+16	2.28E+15	0.00E+00	7.45E+15	4.59E+16
	Terziario	3.64E+15	5.64E+15	0.00E+00	6.97E+14	3.29E+15	1.33E+16
	Agricoltura	0.00E+00	2.35E+15	0.00E+00	0.00E+00	4.06E+14	2.76E+15
	Trasporti	9.38E+14	5.43E+15	3.53E+15	3.68E+14	9.50E+14	1.12E+16
	Totale						8.36E+16
sej	2020 Autosufficienza	Metano	Gasolio	Benzina	GPL	Elettricità	TOTALE
	Domestico	7.50E+20	2.3E+18	0.0E+00	2.6E+18	1.7E+20	9.24E+20
	Industria	1.03E+21	1.3E+21	1.5E+20	0.0E+00	1.2E+21	3.62E+21
	Terziario	2.93E+20	3.7E+20	0.0E+00	3.0E+19	5.2E+20	1.21E+21
	Agricoltura	0.00E+00	1.5E+20	0.0E+00	0.0E+00	6.4E+19	2.19E+20
	Trasporti	7.55E+19	3.6E+20	2.3E+20	1.6E+19	1.5E+20	8.30E+20

Tabella 43. Consumi di energia ed equivalente in eMergia– Provincia di Ravenna, anno 2020 nello scenario di autosufficienza

4.2.6 “EMERGY SIGNATURE”

Rappresentando in colonne i flussi di eMergia, si ottiene un grafico che viene chiamato “eMergy signature”. Quello per l’anno 2006 (caso C) è riportato in Figura 87 e mostra come i flussi dovuti ai combustibili (quelli derivati dal petrolio ed il metano) siano predominanti rispetto a tutti gli altri contributi, che sono fino a 4 ordini di grandezza inferiori.

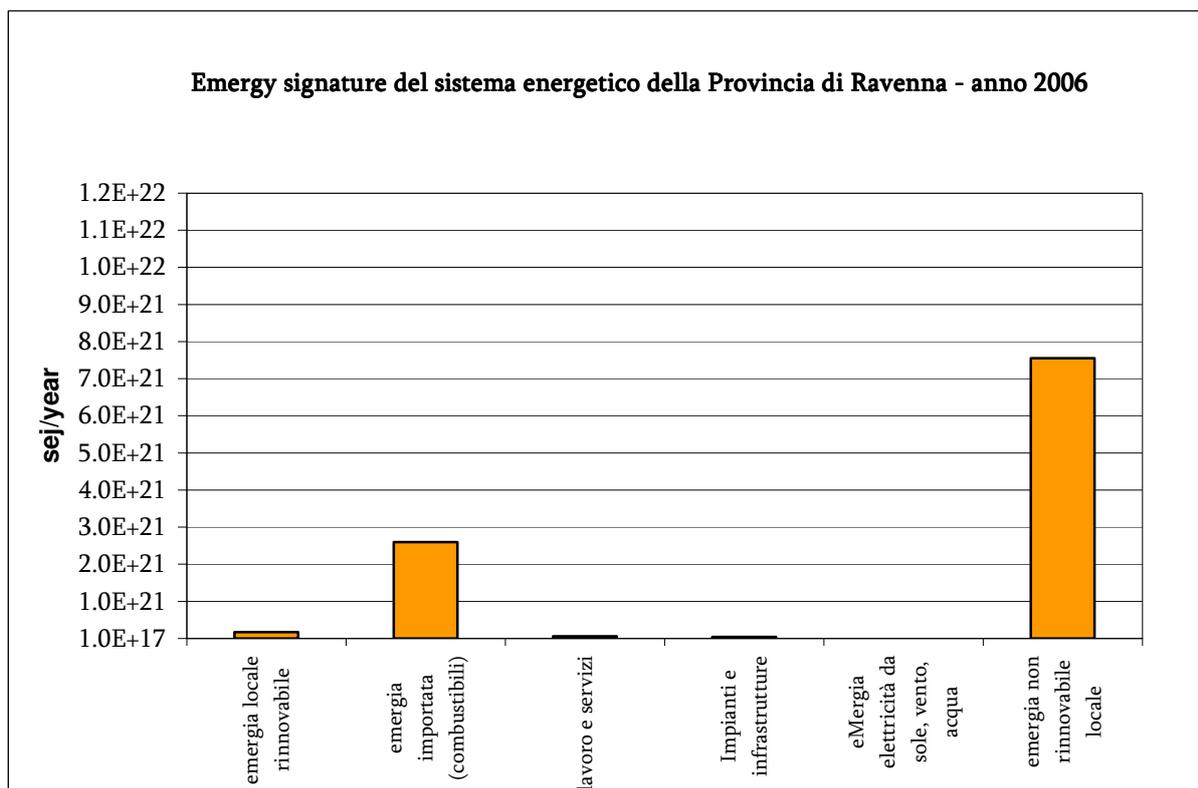


Figura 87. EMergy signature del sistema energetico della Provincia di Ravenna – flussi disaggregati (anno 2006, metano locale, transiti esclusi)

Rappresentando nel grafico dell' "eMergy signature" i flussi aggregati (R, N, F, Y, ed eMergia esportata) si ottiene la Figura 88. Va specificato che per eMergia esportata si intende l'elettricità prodotta in surplus rispetto alle esigenze del territorio, visto che i flussi di combustibili fossili in transito sono stati esclusi dalla valutazione. Si osserva come lo "Yield" del sistema sia dato in prevalenza dal metano locale (N) e come l'eMergia esportata corrisponda al 40% circa del flusso totale di eMergia nel sistema.

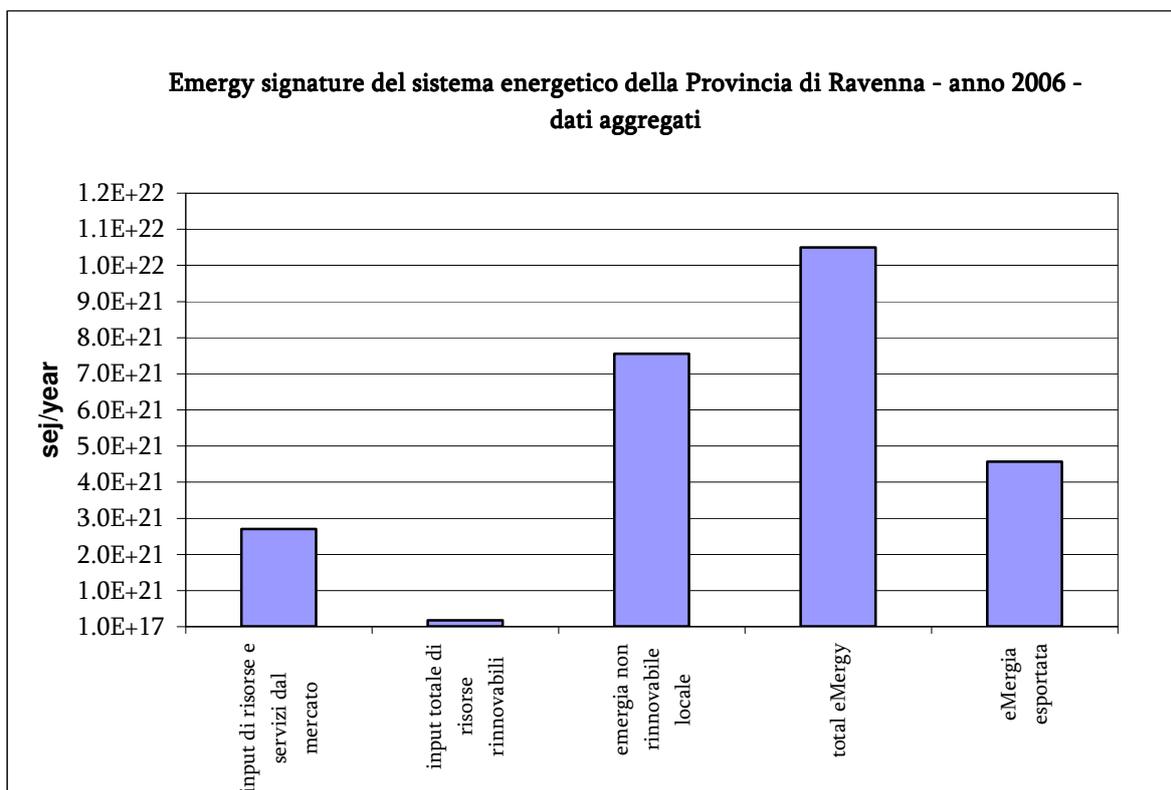


Figura 88. EMergy signature del sistema energetico della Provincia di Ravenna – flussi aggregati (anno 2006, metano locale, transiti esclusi)

Lo stesso grafico per l'anno 2020 nello scenario di autosufficienza (Figura 89) mostra una struttura molto diversa, con uno “Yield” complessivo più basso e l'annullamento delle esportazioni. Nel caso invece dello scenario di applicazione del piano energetico (Figura 90), a livello di dati la differenza più rilevante sta nell'aumento del flusso R, che risulta però difficilmente evidenziabile nel grafico, perché rappresentato insieme a flussi di alcuni ordini di grandezza maggiori.

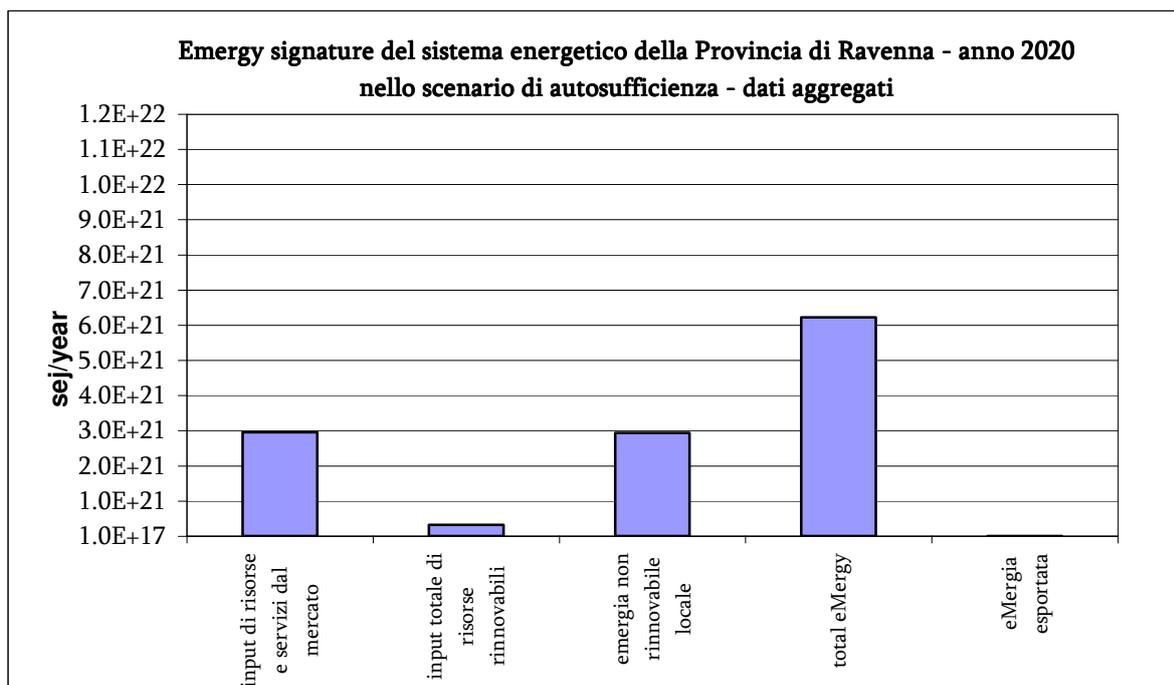


Figura 89. “EMergy signature” del sistema energetico della Provincia di Ravenna – flussi aggregati (anno 2020 nello scenario di autosufficienza, metano locale, transiti esclusi)

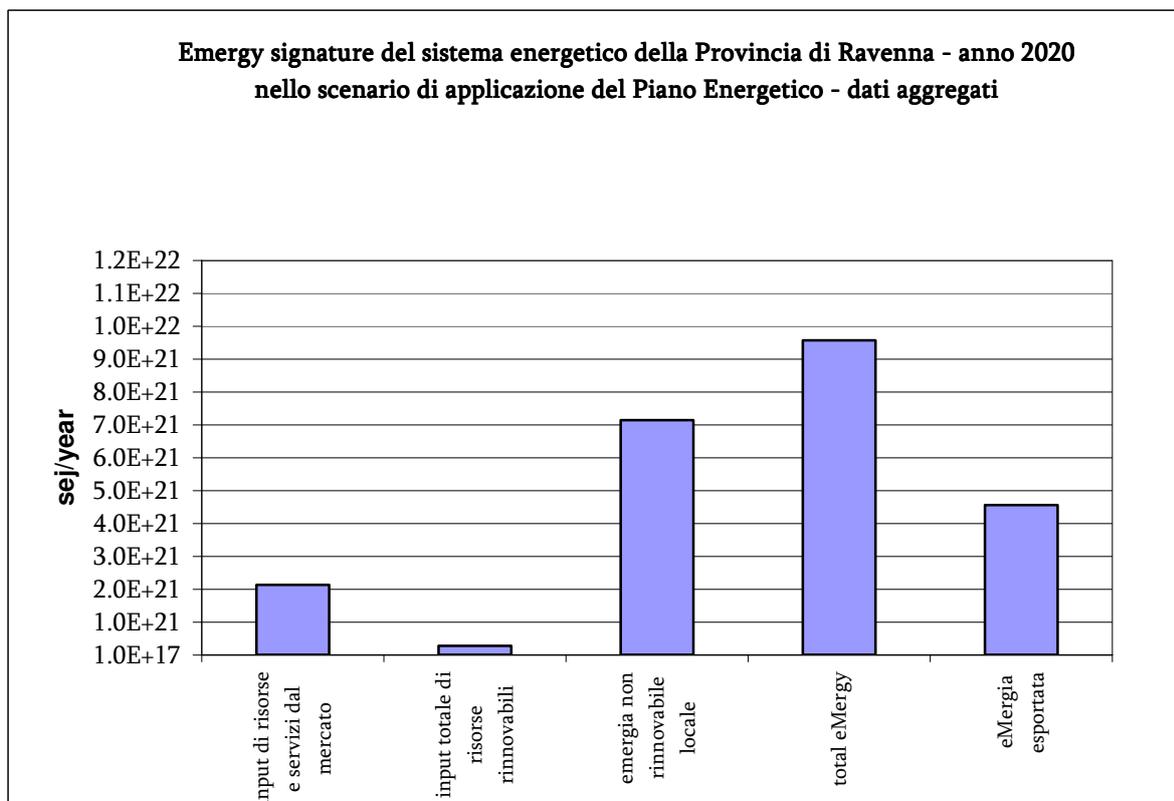


Figura 90. “EMergy signature” del sistema energetico della Provincia di Ravenna – flussi aggregati (anno 2020 nello scenario di applicazione del Piano, metano locale, transiti esclusi)

4.3 DISCUSSIONE

Attraverso l'uso del software LEAP come supporto, in questa tesi sono stati costruiti degli scenari di evoluzione futura del sistema, nell'ambito di un processo di pianificazione energetica. Questi scenari sono stati quindi basati sulla normativa vigente in materia di energia, e sulle esigenze dell'ente locale relativamente alla pianificazione stessa. Una volta ottenuti i risultati per gli scenari, su di essi è stata realizzata l'analisi eMergetica.

Una possibile evoluzione di questo approccio consiste nel costruire gli scenari, fin dall'inizio, quantificando l'eMergia relativa a tutti i flussi del sistema. In questo modo, oltre che valutare il risultato complessivo di uno scenario, sarebbe possibile definire fin dall'inizio gli andamenti degli scenari in termini eMergetici, o valutare un numero molto maggiore di combinazioni di azioni. Prima di intraprendere questa via, va comunque ricordato che l'algebra dell'eMergia (Brown e Ulgiati, 2008) è diversa dalla normale "algebra di conservazione", e può essere meglio definita come "algebra della memoria". Ad esempio, in caso di più prodotti generati da un sistema (co-products), a ciascuno di essi viene assegnata l'intera eMergia del sistema, se non potrebbero essere prodotti singolarmente. Nel caso invece di prodotti diversi e indipendenti tra loro (split), il flusso complessivo di eMergia viene spartito tra i due prodotti, in base all'energia di ciascuno di essi. Ancora, non è corretto contabilizzare 2 volte la stessa eMergia, per cui i flussi di feedback, pur essendo quantificati, non vanno conteggiati nel flusso totale, e se dei co-prodotti entrano nel sistema, solo l'eMergia più alta dei due va considerata.

Lo studio del sistema energetico della Provincia permette di stilare una classifica dell'in-sostenibilità dei possibili assetti.

Alternative come quella di interrompere l'estrazione di metano o di ridurre del 70% la potenza delle centrali termoelettriche possono cambiare radicalmente il sistema energetico a livello locale, ma solo spostando altrove le attività interrotte. La città di Ravenna e la sua provincia non sono entità autonome, ma nodi in una rete mondiale di scambi di beni, servizi, combustibili, informazioni, scarti (Comune di Ravenna, 2007). L'indice eMergetico EYR nello scenario di autosufficienza ottiene 2.1, valore più basso della situazione attuale ed anche degli altri scenari valutati: questo rispecchia il mancato sfruttamento di una risorsa locale, il metano, e quindi il maggior peso dei contributi provenienti dal mercato.

Al 2020, lo scenario Business ad Usual mostra performance, valutate attraverso gli indici eMergetici, leggermente peggiori della situazione attuale (caso C) (Tabella 39). Lo scenario di autosufficienza presenta un ELR molto più basso (quindi minor pressione sull'ambiente) sia rispetto alla situazione attuale che agli altri scenari, ma ottiene risultati peggiori in termini di EYR e di EIS. Lo scenario di applicazione del piano, che prevede il raggiungimento degli

obiettivi normativi in materia di energia ed emissioni inquinanti, è quello che, anche dal punto di vista eMergetico, si evidenzia come la migliore alternativa tra quelle valutate.

Per poter leggere criticamente i risultati ottenuti, è utile confrontarli con i valori riportati nel lavoro “Provincia di Ravenna, 2000”, che riporta l’analisi eMergetica del territorio provinciale redatta nell’anno 2000.

Rispetto al flusso complessivo di eMergia trovato in quel lavoro ($3.42E+22$ sej/anno), i flussi relativi al sistema energetico esplorati in questa tesi (anno 2006, caso C) corrispondono al 31%. Di conseguenza, anche l’eMergia per persona e quella per ettaro di questa tesi corrispondono entrambe al 30% di quelle dell’intera provincia al 2000. Questi dati indicano come il “settore energetico” per il territorio considerato sia responsabile di circa 1/3 dei flussi complessivi di eMergia.

Se questo dato può stupire, visto che il territorio di Ravenna è fortemente caratterizzato proprio dalla produzione e distribuzione di energia, va ricordato che tra i beni e servizi importati o in transito vi sono elementi con una “storia energetica” più lunga di quella dei combustibili fossili, e quindi con “transformities” più elevate (ordine di $1E+6$ o $1E+7$ sej/J) e un contenuto eMergetico maggiore per unità di energia (o massa).

Un tema molto interessante, che rappresenta un valido sviluppo futuro del lavoro condotto finora, è quello dello sfruttamento delle biomasse residuali a fini energetici. Nella sintesi eMergetica realizzata in questo capitolo, non è stata inserita una differenziazione nella categoria biomasse tra dedicate e residuali. Questo è stato determinato dalla mancanza di dati relativi alla provenienza delle biomasse utilizzate negli impianti presenti. Anche qualora tale differenziazione fosse stata inclusa, la letteratura esistente in materia non avrebbe permesso di individuare transformities adeguate a rappresentare le due diverse tipologie. Inoltre, e questo è probabilmente il punto più importante, le biomasse residuali, costituendo un co-prodotto di altre attività, hanno assegnato, per definizione, lo stesso flusso di eMergia del prodotto principale (Bastianoni e Marchettini, 2000). Una analisi che voglia quindi valutare l’uso delle biomasse residuali, non si può limitare a considerare il loro sfruttamento energetico, ma deve necessariamente prendere in considerazione un sistema più ampio, che includa anche la produzione e gli utilizzi della biomassa principale, o gli usi alternativi a cui può essere destinata la biomassa residuale. Se non si procede in questo modo, è molto probabile che i risultati della sintesi eMergetica indichino come sconveniente l’uso delle biomasse residuali rispetto a metodi più tradizionali per la produzione di energia (Björklund *et al.* 2001; Nilsson, 1997; Hagström, 2006), dal punto di vista dello “EMergy Yield Ratio” – EYR ma anche dell’ “Environmental Loading Ratio” - ELR.

5 BILANCIO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA

5.1 INTRODUZIONE

La produzione, l'utilizzo e il trasporto di energia portano all'emissione di vari inquinanti, che si possono raggruppare in due grandi categorie:

- gli inquinanti locali, che danno variazioni alla composizione locale dell'atmosfera e causano problemi reversibili di inquinamento atmosferico a scala locale. Esempi sono le polveri sottili sospese, l'ossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio, l'ozono troposferico, i composti organici volatili.
- le sostanze climalteranti, che vanno a modificare la composizione globale dell'atmosfera e provocano effetti irreversibili sul clima a scala globale. I "gas serra" hanno la capacità di assorbire particolari lunghezze d'onda della radiazione infrarossa riflessa dalla terra verso l'alta atmosfera, trattenendone l'energia e quindi il calore.

Per quanto riguarda la prima categoria di inquinanti, nel Piano Provinciale di Risanamento della Qualità dell'Aria 2006 (Provincia di Ravenna e ARPA, 2006) sono contenute le stime delle emissioni, a livello provinciale e comunale, per SO_x, NO_x, CO, NMCOV e PM₁₀. Il lavoro è stato curato da ARPA Ravenna, che si è avvalsa prevalentemente dei fattori di emissione del "Manuale dei fattori di emissione" 2002, realizzato da APAT - Centro Tematico Nazionale Atmosfera-Clima ed Emissioni in Aria, ed in alcuni casi a studi specifici. In questo lavoro si riporta la sintesi dei dati ottenuti da ARPA, al fine di mostrare un quadro completo di tutte le emissioni in atmosfera generate in Provincia di Ravenna.

Per quanto riguarda invece le emissioni di "gas serra", queste vengono valutate nel presente lavoro.

Mentre negli anni '80 e '90 nella comunità scientifica c'è stato un forte dibattito sul cambiamento climatico globale, ed in particolare sulla sua origine antropica o naturale, oggi è ragionevolmente certo che le attività antropiche stanno modificando la composizione dell'atmosfera, aumentando i livelli di CO₂ rispetto all'epoca pre-industriale, e che questo aumento è dovuto prevalentemente all'utilizzo di combustibili fossili. È riconosciuto come molto probabile il fatto che sia questo rapido aumento di concentrazioni a provocare l'innalzamento globale della temperatura media osservato, che si manifesta in certe aree come vero aumento di temperatura, in altre come modifica ai parametri climatici (piovosità, venti), in altre ancora come aumento di intensità e frequenza degli eventi estremi (IPCC, 2007).

Visto che i principali gas serra emessi dalle attività umane restano in atmosfera per periodi compresi tra decenni e centinaia di anni, è ovvio che anche nei prossimi decenni le loro concentrazioni in atmosfera continueranno a crescere, spinte dal continuo utilizzo di

combustibili fossili. Tutte le azioni di riduzione delle emissioni proposte finora (obiettivo del Protocollo di Kyoto, obiettivi dell'Unione Europea contenuti nei documenti approvati nel gennaio 2008 e raggruppati nel cosiddetto "Pacchetto Energia") sono indirizzati a ridurre il tasso di crescita della concentrazione di CO₂ in atmosfera, mentre per stabilizzare la concentrazione a livelli vicini a quella attuale sarebbero necessari tagli alle emissioni dell'80% circa (Figura 91).

Nel mondo scientifico non ci sono ancora teorie accettate sulle tempistiche e l'entità del cambiamento climatico nei prossimi anni, e questo contribuisce alla forte incertezza su quali e quanto grandi saranno gli effetti.

Ha suscitato grande interesse e scalpore il cosiddetto Rapporto Stern (Stern, 2006), realizzato nel 2006 da Sir Nicholas Stern per il governo del Regno Unito, che analizza gli impatti economici dei cambiamenti climatici. Il rapporto stima che, senza interventi di riduzione delle emissioni, i costi ed i rischi conseguenti saranno equivalenti ad una perdita di PIL compresa tra il 5 ed il 20%. Per contro, i costi della riduzione delle emissioni potrebbero limitarsi all'1% del PIL all'anno.

Il rapporto Stern analizza di che entità potrebbero rivelarsi gli impatti globali in vari casi di aumento della temperatura (fino a +5°C) e conclude che anche per ridotti aumenti della temperatura ci saranno seri impatti sulla produzione mondiale, la vita umana e l'ambiente. Questi saranno più gravi e più dannosi per i paesi poveri, che sono più vulnerabili e sono anche quelli che meno hanno contribuito alle emissioni di gas serra.

Il documento chiama la comunità mondiale ad agire in fretta ed in modo coordinato, ed evidenzia i settori chiave su cui intervenire:

- il meccanismo dello scambio delle quote di emissione,
- la cooperazione per la ricerca,
- lo sviluppo e l'applicazione di nuove tecnologie energetiche,
- la riduzione della deforestazione,
- il serio sviluppo di azioni di adattamento al cambiamento.

Emissions Paths to Stabilisation

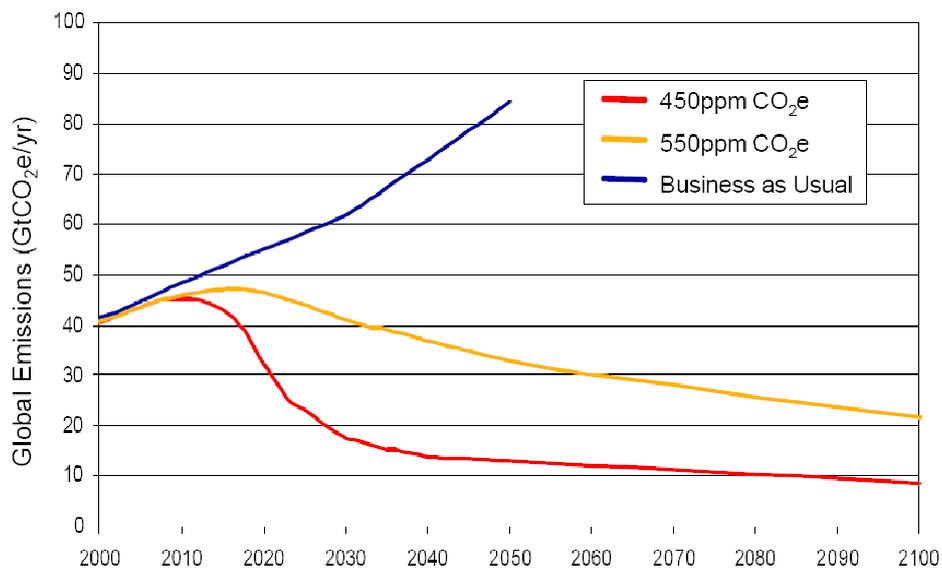


Figura 91. Emissioni globali necessarie per stabilizzare le concentrazioni di CO₂e a 450 o 550 ppm, confrontate con le emissioni dello scenario “Business as usual”. È da notare che le attuali concentrazioni di CO₂e in atmosfera sono di 430 ppm circa (Stern, 2006)

5.2 METODOLOGIA E FONTI

Per la valutazione delle emissioni di gas climalteranti dovute al sistema energetico della Provincia di Ravenna, si sono utilizzati fattori di emissioni elaborati a livello nazionale o internazionale, che permettono di tradurre ciascun consumo di energia per specifica attività in un quantitativo di CO₂ equivalente emessa.

Il fattore di emissione rappresenta l'emissione riferita all'unità di attività della sorgente e viene espresso, ad esempio, come quantità d'inquinante emesso per unità di prodotto processato o come quantità di inquinante emesso per unità di combustibile consumato.

Gli inventari dei fattori di emissioni rivestono una grande importanza, in quanto sono gli strumenti a disposizione degli Stati per rendicontare le proprie emissioni in modo corretto e confrontabile. Gli inventari nazionali delle emissioni di gas serra sono la base per valutare il raggiungimento degli obiettivi fissati nell'ambito del Protocollo di Kyoto e delle più recenti direttive europee.

In particolare, i riferimenti metodologici e le fonti utilizzate per i fattori di emissioni sono state:

- la pubblicazione: "Realizzazione di un inventario delle emissioni di anidride carbonica e valutazione degli effetti delle politiche di riduzione delle emissioni di gas serra" elaborato da Ingegneria Ambientale – ARPA Emilia Romagna per conto della Regione Emilia Romagna, pubblicato nel maggio 2004 (ARPA, 2004).
- "EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 2007". Si tratta di un inventario di fattori di emissioni che deriva dal lavoro della UNECE ("United Nations Economic Commission for Europe"), dell'EMEP ("European Monitoring and Evaluation Programme") e della EEA (Agenzia Europea per l'Ambiente). CORINE ("CO-oRDination d'INformation Environnementale") è nato nel 1985 come programma di lavoro per la raccolta, il coordinamento e la garanzia della qualità delle informazioni sullo stato dell'ambiente in Europa. CORINAIR è la parte specificamente rivolta alle emissioni in atmosfera (EEA, 2007).
- "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory" elaborato dal "National Greenhouse Gas Inventory Programme" (NGGIP) dell'IPCC (IPCC, 2006);
- il DATABASE DEI FATTORI DI EMISSIONE nazionali, elaborato dal Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni di APAT (APAT CTN-ACE) (APAT, 2008).

Ove indicati, sono stati utilizzati i fattori scelti o calcolati da ARPA (ARPA, 2004); altrimenti, si è consultato l'inventario CORINAIR (EEA, 2007) e come terza scelta il Database dei fattori di emissione nazionali (APAT, 2008).

Il progetto europeo CORINAIR ha sviluppato una procedura standardizzata ed una nomenclatura univoca per le sorgenti emissive (denominata SNAP97) che raggruppa le attività in 11 macrosettori. All'interno dei macrosettori sono contemplati una serie di settori (Tabella

44) che consentono di ottenere un quadro pressoché completo delle attività che potenzialmente producono emissioni in aria.

Classificazione delle attività secondo CORINAIR	
1	Combustione in industrie energetiche o di trasformazione
2	Combustione in impianti non industriali
3	Combustione nell'industria manifatturiera ed edilizia
4	Processi produttivi
5	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica
6	Uso di solventi ed altri prodotti
7	Trasporto su strada
8	Altre fonti mobili
9	Trattamento e smaltimento rifiuti
10	Agricoltura
11	Altre sorgenti o serbatoi

Tabella 44. Classificazione delle attività (EEA, 2007)

Di queste attività, alcune sono direttamente riconducibili alla produzione, uso o trasporto di energia, mentre altre dipendono da altre attività (particolari processi produttivi, agricoltura e allevamento, uso di prodotti). In questo lavoro sono state valutate tutte le fonti di emissioni: per gli usi energetici, e le emissioni sono stimate utilizzando i dati raccolti per valutare i consumi energetici; per le emissioni dovute ad attività non energetiche, in mancanza di dati aggiornati sono state ripresi i dati del lavoro ARPA (ARPA, 2004), che riporta le emissioni aggiornate al 2000.

5.3 RISULTATI

5.3.1 EMISSIONI DI GAS CLIMALTERANTI (GHGS) AL 2006

A partire dai dati sui consumi energetici acquisiti ed elaborati il lavoro sul Piano energetico della Provincia di Ravenna (Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009), sono state stimate le emissioni di gas a effetto serra (in particolare CO₂, CH₄ e N₂O) e calcolate quindi le emissioni totali espresse in tonnellate di CO₂ equivalenti.

Date la categorie SNAP97 utilizzate da CORINAIR (EEA, 2007), sono state prese in esame le emissioni indicate in Tabella 45.

	Classificazione delle attività secondo CORINAIR	Attività considerata in questo studio
1	Combustione in industrie energetiche o di trasformazione	- centrali termoelettriche
2	Combustione in impianti non industriali	- riscaldamento civile
3	Combustione nell'industria manifatturiera ed edilizia	- consumo di combustibili nell'industria
4	Processi produttivi	
5	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica	- rete di distribuzione del metano - estrazione di metano
6	Uso di solventi ed altri prodotti	
7	Trasporto su strada	- traffico stradale - traffico autostradale - veicoli per l'agricoltura
8	Altre fonti mobili	- navigazione - trasporto ferroviario
9	Trattamento e smaltimento rifiuti	- discariche - termovalorizzatori - impianti di compostaggio
10	Agricoltura	- fermentazioni intestinali - gestione letame - uso concimi
11	Altre sorgenti o serbatoi	- emissioni da suoli organici - assorbimento da suoli e foreste

Tabella 45. Attività di cui sono state valutate le emissioni di gas climalteranti, classificate secondo lo schema SNAP97

Nella Tabella 46 si riportano, per ciascuna attività considerata, i fattori di emissione utilizzati e la loro provenienza.

			FONTE	CO ₂	um	CH ₄	um	N ₂ O	um
centrali termoelettriche	industrie energetiche	Olio Combustibile	ARPA	2.9	t CO ₂ / t	3	kg / TJ	0.6	kg / TJ
	industrie energetiche	Gasolio	ARPA	3.15	t CO ₂ / t				
	industrie energetiche	Benzina	ARPA	3.1	t CO ₂ / t				
	industrie energetiche	GPL	ARPA	2.9	t CO ₂ / t				
	industrie energetiche	Metano	ARPA	0.0019	t CO ₂ / m ³	1	kg / TJ	0.1	kg / TJ
industria estrattiva	Estrazione metano offshore		Database fattori emissione nazionali			179	g/t		
industria manifatturiera ed edilizia	industrie manifatturiere/edilizie	Olio Combustibile	ARPA	2.9	t CO ₂ / t	2	kg / TJ	0.6	kg / TJ
	industrie manifatturiere/edilizie	Gasolio	ARPA	3.15	t CO ₂ / t				
	industrie manifatturiere/edilizie	Benzina	ARPA	3.1	t CO ₂ / t				
	industrie manifatturiere/edilizie	GPL	ARPA	2.9	t CO ₂ / t				
	industrie manifatturiere/edilizie	Metano	ARPA	0.0019	t CO ₂ / m ³	5	kg / TJ	0.1	kg / TJ
traffico	trasporto su strada	Olio Combustibile	ARPA	2.9	t CO ₂ / t				
	trasporto su strada	Gasolio	ARPA	3.15	t CO ₂ / t	14.09	kg / TJ	6.19	kg / TJ
	trasporto su strada	Benzina	ARPA	3.1	t CO ₂ / t	38.41	kg / TJ	7.5	kg / TJ
	trasporto su strada	GPL	ARPA	2.9	t CO ₂ / t	18.21	kg / TJ	5.6	kg / TJ
	trasporto su strada	Metano	ARPA	0.0019	t CO ₂ / m ³	18.25	kg / TJ	8.29	kg / TJ
	traffico	Gasolio	ARPA	3.174	t CO ₂ / t	0.606	kg / t	0.266	kg / t
	traffico	Benzina	ARPA	3.153	t CO ₂ / t	1.667	kg / t	0.326	kg / t
	traffico	GPL	ARPA	3.022	t CO ₂ / t	0.838	kg / t	0.258	kg / t
	traffico	Metano	ARPA	0.0019	t CO ₂ / m ³	0.0006	kg / m ³	0.0003	kg / m ³
		treni	diesel	CORINAIR	Mass of CO ₂ = 44.011 (mass of fuel/(12.011 + 1.008 . rH/C))	Mass/mass	0.05	g/kwh	0.35
navigazione	attività marittime	Combustibile	CORINAIR	3,150	kg / t	0.05	kg / t	0.08	kg / t

			FONTE	CO ₂	um	CH ₄	um	N ₂ O	um
civile	Civile	Olio Combustibile	ARPA	2.9	t CO ₂ / t	3	kg / TJ	14	kg / TJ
	Civile	Gasolio	ARPA	3.15	t CO ₂ / t	7	kg / TJ	14	kg / TJ
	Civile	Benzina	ARPA	3.1	t CO ₂ / t				
	Civile	GPL	ARPA	2.9	t CO ₂ / t	1	kg / TJ	14	kg / TJ
	Civile	Metano	ARPA	0.0019	t CO ₂ / m ³	3	kg / TJ	3	kg / TJ
agricoltura	Veicoli agricoli	gasolio	ARPA	74.216	kg / GJ	0.004	kg / GJ	0.028	kg / GJ
	combustion e agricoltura	Olio Combustibile	ARPA	2.9	t CO ₂ / t				
	combustion e agricoltura	Gasolio	ARPA	3.15	t CO ₂ / t	106	kg / TJ	1	kg / TJ
	combustion e agricoltura	Benzina	ARPA	3.1	t CO ₂ / t				
	combustion e agricoltura	GPL	ARPA	2.9	t CO ₂ / t				
	combustion e agricoltura	Metano	ARPA	0.0019	t CO ₂ / m ³				
perdite rete metano	condotte	metano	Database fattori emissione nazionali			433.2	g / t		
discariche	Discariche controllate		Database fattori emissione nazionali			23.68	kg/t		
inceneritori		RSU	Database fattori emissione nazionali	289	kg/t			0.1	kg/t
		Rifiuti Speciali	Database fattori emissione nazionali	1,200	kg/t			0.1	kg/t
compostaggio			Database fattori emissione nazionali			0.05	Kg/t		
Fermentazioni intestinali				si è riportato il dato di emissione complessiva ottenuto da ARPA					
Gestione letame				si è riportato il dato di emissione complessiva ottenuto da ARPA					
Concimi				si è riportato il dato di emissione complessiva ottenuto da ARPA					
Suoli organici				si è riportato il dato di emissione complessiva ottenuto da ARPA					
Suolo e foreste				si è riportato il dato di emissione complessiva ottenuto da ARPA					

Tabella 46. Fattori di emissione utilizzati e fonte di provenienza

I risultati delle emissioni complessive, suddivise per fonte, sono riportati in Tabella 47.

t/anno	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
centrali termoelettriche	3,606,238	70	7	3,609,890
industria estrattiva		785		16,486
industria manifatturiera ed edilizia	807,840	17	3	809,080
Traffico stradale	1,747,635	442	160	1,806,595
navigazione	246,945	4	6	248,972
civile	1,092,945	66	86	1,120,963
veicoli agricoltura	228,826	181	48	247,424
perdite rete metano		836		17,559
produzione cemento	-			-
fermentazioni intestinali		1,484		31,164
Gestione letame		2,678	573	233,868
concimi			315	97,650
suoli organici	41,270			41,270
discariche		5,834		122,519
inceneritori	44,466		7	46,664
compostaggio		5		101
suolo e foreste	- 136,939			- 136,939
treni	1,143.6	0.2	1.7	1,679

Tabella 47. Emissioni complessive di gas serra in Provincia di Ravenna

In seguito viene data per alcune categorie di attività una breve descrizione dei dati e delle assunzioni utilizzate:

- **Centrali termoelettriche:** sono stati utilizzati i dati sui consumi di gas metano per l'industria termoelettrica, forniti dal Ministero dello Sviluppo Economico.
- **Industria estrattiva:** per il calcolo delle emissioni dovute all'industria estrattiva è stato utilizzato il dato complessivo di estrazione di gas metano, per l'anno 2006, dalla zona marina A. Questa zona comprende l'area marina del Nord Adriatico, includendo i giacimenti al largo di Ravenna, Ferrara e Venezia. L'estrazione da quest'area quindi non è completamente attribuibile alla provincia di Ravenna, ma il dato non è disponibile a maggior dettaglio. Per compensare questa sovrastima, si è deciso di non considerare il gas estratto on-shore in Emilia Romagna.
- **Industria manifatturiera ed edilizia:** nel macrosettore manifatturiero ed edilizio sono inclusi la siderurgia, l'industria dei metalli non ferrosi, l'industria chimica, quella della carta e stampa, l'industria alimentare ed altre. I consumi di combustibili da parte dell'industria sono

stati derivati dai dati forniti dal Ministero dello Sviluppo Economico, considerando i consumi di G.P.L. “non autotrazione”, i consumi di gas metano “settore industria” e il 10% dei consumi di olio combustibile “totali”. Nel caso del gasolio, non essendo specificata la quota di combustibile attribuibile alle industrie manifatturiere ed edilizia, essa è stata calcolata come valore percentuale ricavato sulla base dei dati del Bilancio Energetico Nazionale, in cui questa suddivisione è invece esplicitata (1% del totale).

- **Traffico:** le emissioni da traffico autoveicolare possono essere distinte in lineari e diffuse in dipendenza dal fatto che sia possibile associare o meno le emissioni ad un percorso stradale definito, ma per semplicità in questo studio sia per il traffico stradale che per quello autostradale si sono utilizzati i fattori di emissione per le emissioni diffuse, basati sui consumi di carburante, i cui dati sono forniti dal Ministero dello Sviluppo Economico. Anche qui, per valutare i consumi di gasolio attribuiti ai trasporti si è utilizzata la percentuale ricavata dal Bilancio Energetico Nazionale (78% nel 2006). Di questi, al 50% dei consumi sono stati applicati i fattori relativi al trasporto persone, mentre alla restante parte sono stati applicati i fattori relativi al trasporto merci. Rientrano inoltre i consumi di benzina “rete ordinaria”, benzina “rete autostradale” e GPL “autotrazione”.

- **Navigazione:** i dati relativi al numero di navi transitate al Porto di Ravenna derivano dall’Autorità Portuale. Il manuale CORINAIR (EEA, 2007) riporta i consumi medi delle navi, in condizioni di marcia o durante le attività in porto. Si sono adottati i consumi relativi alle attività di manovra e parcheggio, ipotizzando come durata temporale 1 giorno.

- **Civile:** il macrosettore civile comprende le emissioni da attività di combustione provenienti dai settori commerciale, istituzionale e residenziale. Per quanto riguarda i consumi di gas metano per il settore civile, si è utilizzato il dato del Ministero dello Sviluppo Economico relativo a “Rete di distribuzione”, tenendo conto che la frazione utilizzata per l’autotrazione è ridotta. Per gli altri combustibili, la fonte dei dati è sempre il Ministero dello Sviluppo Economico (benzina “extra rete” e, per i consumi di gasolio, la percentuale ricavata dal Bilancio Energetico Nazionale, che risulta essere del 10% per gli “usi domestici e civili”). Le emissioni dovute all’utilizzo di legna per il riscaldamento domestico non sono state conteggiate, perché mancano a livello provinciale dati, anche approssimativi, sulla percentuale di famiglie che utilizzano la legna per il riscaldamento, e relativi quantitativi.

- **Veicoli agricoltura:** sono prese in considerazione le emissioni dovute alla combustione dei veicoli di trazione utilizzati in agricoltura; il dato sui consumi di gasolio agricolo è fornito dal Ministero per lo Sviluppo Economico. Le emissioni sono state calcolate attribuendo metà dei consumi alla categoria “combustione in agricoltura” e metà a “veicoli agricoli”.

- **Perdite rete metano:** le emissioni fuggitive sono costituite da rilasci di gas da attività antropogeniche, che possono derivare dalla produzione, trasformazione, trasmissione, deposito e uso di combustibili ed includono emissioni da processi di combustione solo se essi

non supportano un'attività produttiva. Le emissioni da perdite di combustibili vanno distinte in combustibili solidi e gassosi, ma in questo caso sono considerate esclusivamente le perdite legate al metano. L'attività di distribuzione del gas metano attraverso le reti di condotte sotterranee comporta, a causa delle perdite che si verificano nei punti critici di queste, il rilascio di una certa quantità di gas direttamente in atmosfera. Misure precise della quantità dispersa non esistono, in quanto queste dipendono da innumerevoli aspetti legati al posizionamento ed alle condizioni di conservazione delle condutture, nonché alle caratteristiche d'esercizio dell'impianto. Il fattore di emissione relativo alle condotte di gas è stato applicato al quantitativo totale di gas metano distribuito nella Provincia di Ravenna; è stato utilizzato questo, invece del fattore relativo alle reti di distribuzione, perché risulta più adatto a sintetizzare l'intero sistema di distribuzione provinciale rispetto al fattore delle reti di distribuzione, che è più adeguato per sistemi più piccoli.

- **Produzione cemento:** le emissioni non energetiche di CO₂ che derivano da processi di produzione industriale sono relative a pochi processi produttivi, tra i quali è nettamente preponderante la produzione del cemento. Mentre nel lavoro ARPA (ARPA, 2004, che utilizza dati aggiornati all'anno 2000) risulta in Provincia di Ravenna un cementificio attivo, dalle informazioni raccolte non risulta che vi siano impianti di questo tipo in funzione. Le emissioni sono state pertanto considerate nulle.

- **Fermentazioni intestinali, gestione letame e concimi** (anno 2000): le attività agricole sono responsabili delle emissioni in atmosfera di una consistente quantità di gas serra, in particolare per quanto riguarda il metano ed il protossido d'azoto. Il macrosettore dell'agricoltura raccoglie tutte le emissioni derivanti da attività antropogeniche non legate a processi di combustione, raggruppabili in fermentazione intestinale negli allevamenti animali, gestione letame, uso di concimi. Le emissioni di metano sono dovute sia ai processi digestivi (emissioni enteriche) che alla degradazione anaerobica delle deiezioni; le entità delle emissioni enteriche dipende dalla specie animale, dal tipo e dalla qualità dell'alimento. Esse si originano prevalentemente nel corso dello stoccaggio e sono influenzate dalle modalità gestionali e dalle condizioni ambientali. Le emissioni di protossido di azoto sono invece riconducibili a pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti commerciali e deiezioni zootecniche o a strutture di allevamento in relazione alle modalità di gestione delle deiezioni stesse. Sono conseguenti a processi di nitrificazione e denitrificazione; il protossido d'azoto è un prodotto intermedio nella sequenza di reazioni di entrambi i processi che vengono influenzati da fattori quali la temperatura, il pH ed il tenore di umidità (ARPA, 2004).

- **Discariche, termovalorizzatori e compostaggio** (anno 2005): le emissioni di gas serra dalla gestione di rifiuti sono costituite essenzialmente da anidride carbonica e metano provenienti da processi naturali di fermentazione aerobica ed anaerobica, che possono avvenire in discariche, in impianti finalizzati principalmente alla stabilizzazione della frazione organica e

al recupero di materia (compost), o da processi di trattamento termico (inceneritori), con recupero o meno di energia. Sono stati utilizzati i dati relativi ai flussi di RSU e RS nella Provincia.

- **Suolo e foreste** (anno 2000): i cambiamenti dell'uso del suolo e foreste possono portare ad emissioni o assorbimenti di CO₂. In particolare, sono considerati i cambiamenti nelle foreste e negli accumuli di biomassa legnosa, le emissioni ed assorbimenti di CO₂ dai suoli e l'abbandono di terreni coltivati.
- **Treni**: il consumo medio di un treno diesel è stato derivato da siti internet specifici di settore, per un valore di circa 1 l/km. Applicando questo fattore ai treni*km diesel che circolano ogni anno in provincia di Ravenna (dato fornito da RFI – Rete Ferroviaria Italiana), si ottiene il consumo totale di carburante, al quale viene applicato il fattore di emissione.

La conversione delle quantità di gas serra diversi dalla CO₂ in quantità di CO₂ equivalente si effettua mediante l'utilizzo dei "Potenziali di Riscaldamento Globale" ("Global Warming Potential – GWP"), su un periodo di cento anni, indicati dal Consiglio Europeo per l'Ambiente. I coefficienti utilizzati sono:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 1 \\ \text{CH}_4 &= 21 \\ \text{N}_2\text{O} &= 310 \end{aligned}$$

Le emissioni complessive di CO₂eq sono dovute per la maggior parte alle emissioni di CO₂ stessa, mentre metano e protossido di azoto rivestono un ruolo molto meno rilevante, come si evidenzia in Figura 92.

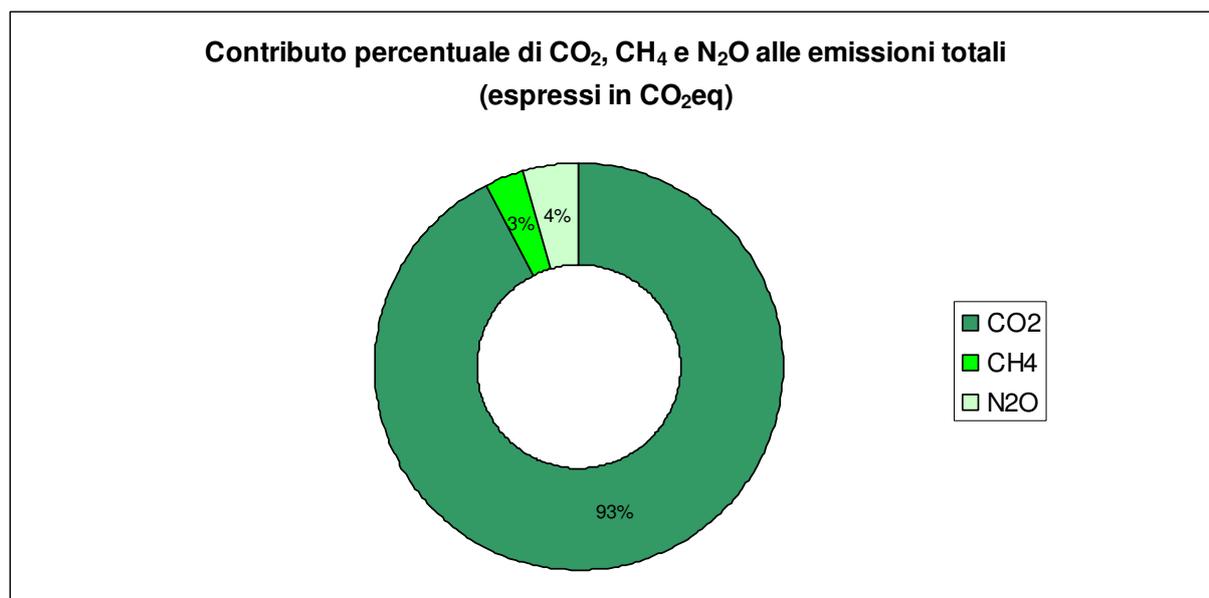


Figura 92. Contributo di CO₂, CH₄ e N₂O al totale delle emissioni in Provincia di Ravenna, misurati in tCO₂eq

Suddividendo le emissioni calcolate nei macrosettori SNAP97/CORINAIR, si trova che la principale fonte di emissione è la produzione di energia elettrica, responsabile del 43% delle emissioni di CO₂ equivalente. Il settore del riscaldamento e quello dei trasporti sono responsabili rispettivamente per il 13 e 24%. La provenienza delle emissioni è illustrata in Figura 93, e le quantità sono elencate in Tabella 48.

	Classificazione delle attività secondo CORINAIR	CO ₂ eq	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Combustione in industrie energetiche o di trasformazione	3,609,890	3,606,238	70	7
2	Combustione in impianti non industriali	1,120,963	1,092,945	66	86
3	Combustione nell'industria manifatturiera ed edilizia	809,080	807,840	17	3
4	Processi produttivi	-	-	-	-
5	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica	34,045	-	1,621	-
6	Uso di solventi ed altri prodotti	-	-	-	-
7	Trasporto su strada	2,054,019	1,976,461	623	208
8	Altre fonti mobili	250,639	248,081	4	8
9	Trattamento e smaltimento rifiuti	169,285	44,466	5,839	7
10	Agricoltura	362,682	-	4,162	888
11	Altre sorgenti o serbatoi	- 95,669	- 95,669	-	-
	TOTALE	8,314,945	7,680,370	12,403	1,207

Tabella 48. Emissioni suddivise per macrosettore SNAP/CORINAIR

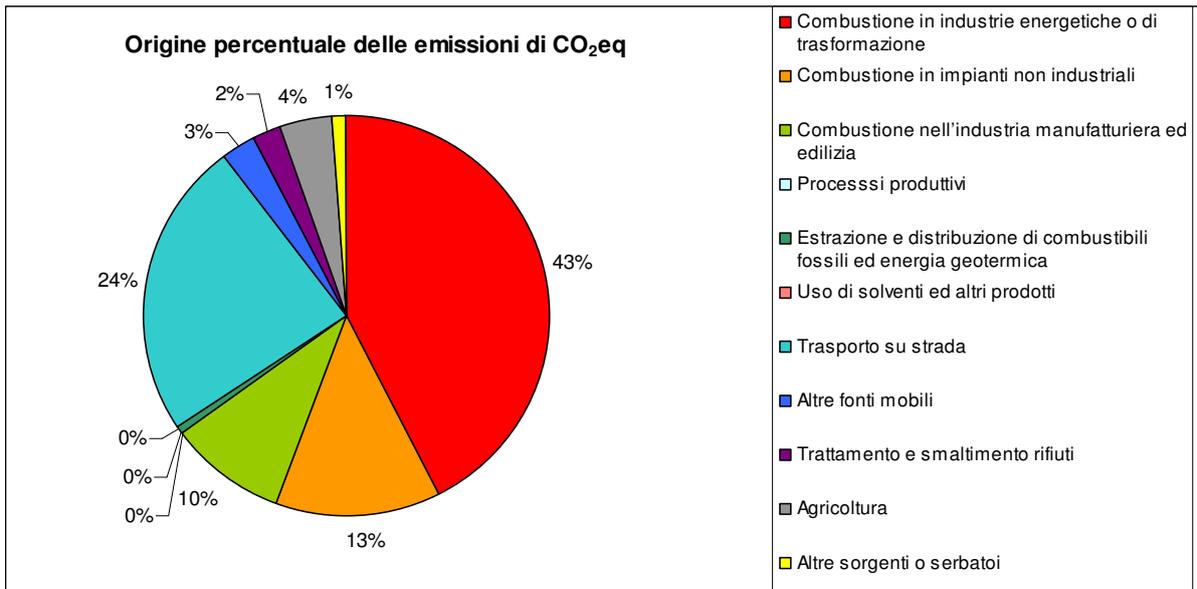


Figura 93. Peso percentuale dei macrosettori di attività nell'emissione di CO₂ equivalente

Se invece si utilizzano i macrosettori considerati dalla classificazione delle Linee Guida dell' "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC, 2006), il risultato più evidente è che le emissioni legate alla produzione e consumo di energia rappresentano il 93% del totale della Provincia (Tabella 49 e Figura 94). D'altra parte, nel macrosettore energia di IPCC, le industrie energetiche contribuiscono per il 47% del totale (Figura 95).

Categorie di attività IPCC	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂ eq
energia	7,731,573	2,401	312	7,878,647
processi industriali				
agricoltura		4,162	888	362,682
suolo e foreste	- 95,669			- 95,669
rifiuti	44,466	5,839	7	169,185
TOT	7,680,370	12,403	1,207	8,314,945

Tabella 49. Emissioni raggruppate secondo le categorie utilizzate da IPCC

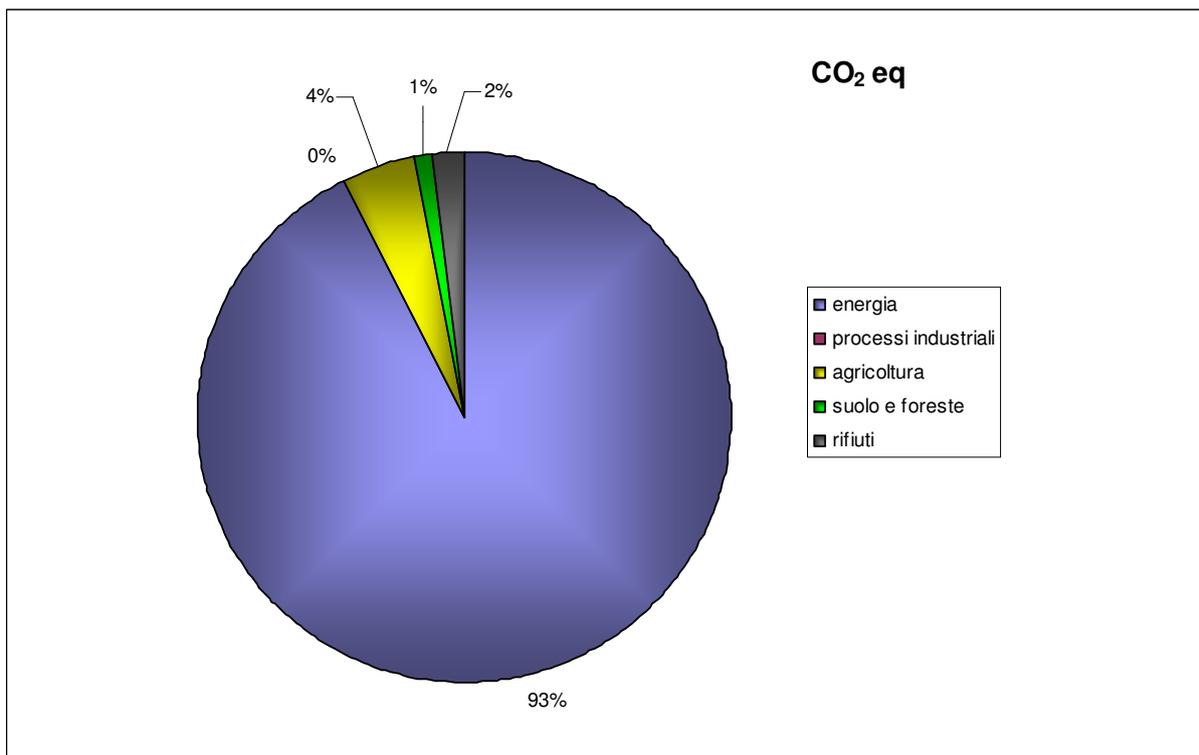


Figura 94. Contributo percentuale alle emissioni di CO₂ eq da parte dei macrosettori IPCC

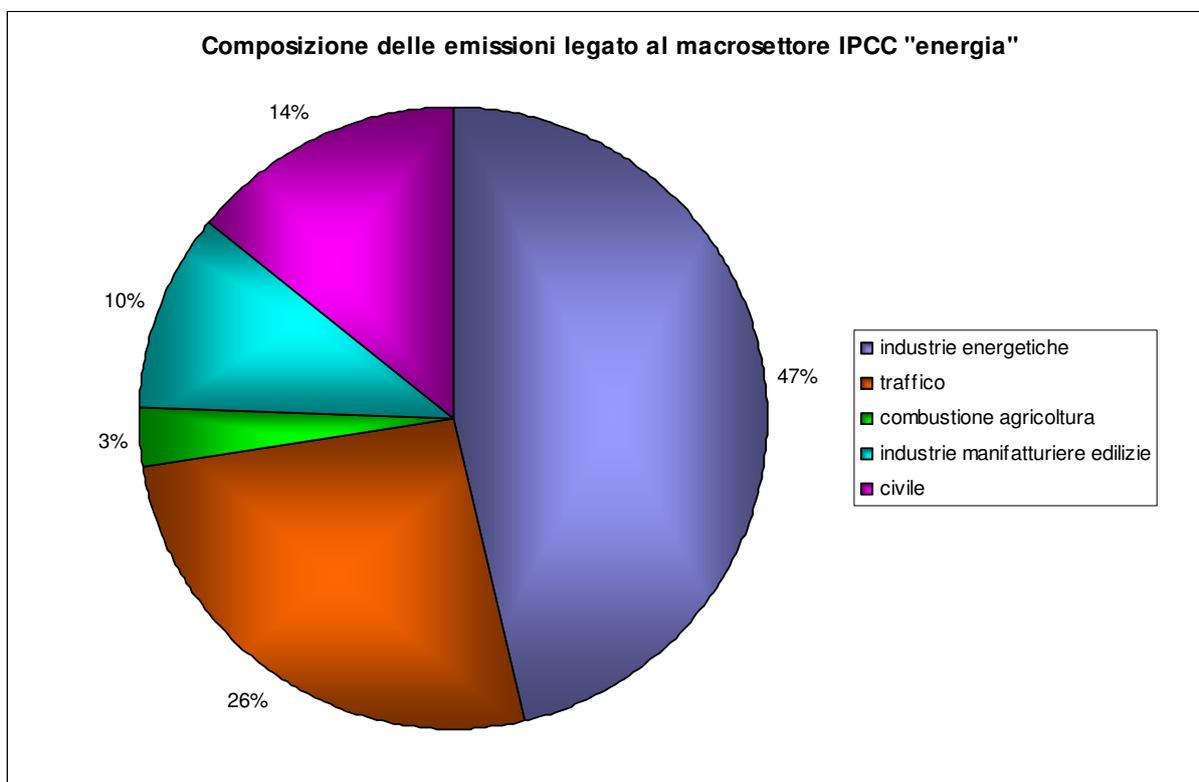


Figura 95. Peso percentuale delle emissioni di CO₂ eq dal macrosettore IPCC "Energia"

Le stesse valutazioni sono state effettuate da ARPA nel lavoro “Realizzazione di un inventario delle emissioni di anidride carbonica e valutazione degli effetti delle politiche di riduzione delle emissioni di gas serra” (ARPA, 2004). Anche ad ARPA risulta prevalente il contributo delle industrie energetiche (Figura 96). I trasporti, da entrambi i lavori, risultano contribuire per circa un quarto alle emissioni totali. Questa composizione delle emissioni mette in evidenza la presenza a Ravenna delle due grosse centrali termoelettriche, che sorpassano abbondantemente le emissioni dovute alle altre attività.

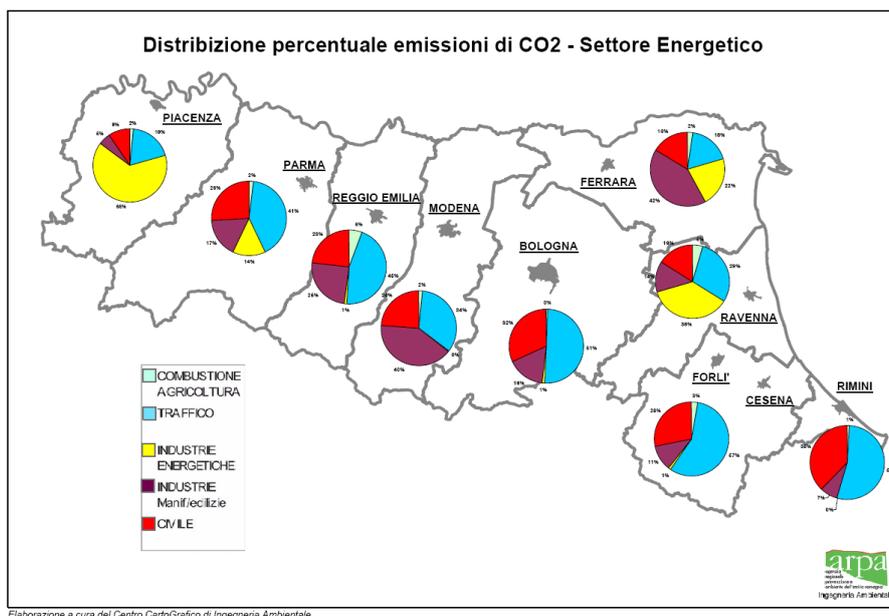


Figura 96. Emissioni climalteranti della regione Emilia Romagna al 2000. Ripartizione percentuale delle emissioni di CO₂ dovute al macrosettore energetico (ARPA, 2004)

Considerando le emissioni totali, nel suo lavoro (che utilizza dati aggiornati al 2000) ARPA evidenziava come la Provincia di Ravenna presenti le emissioni totali di CO₂ eq più alte di tutta la Regione Emilia Romagna (Figura 97). Il dato stimato in questo lavoro per il 2006 per la Provincia di Ravenna è di 8,314,945 tCO₂ eq (al 2006), più alto dei 6,112,409 ottenuti da ARPA.

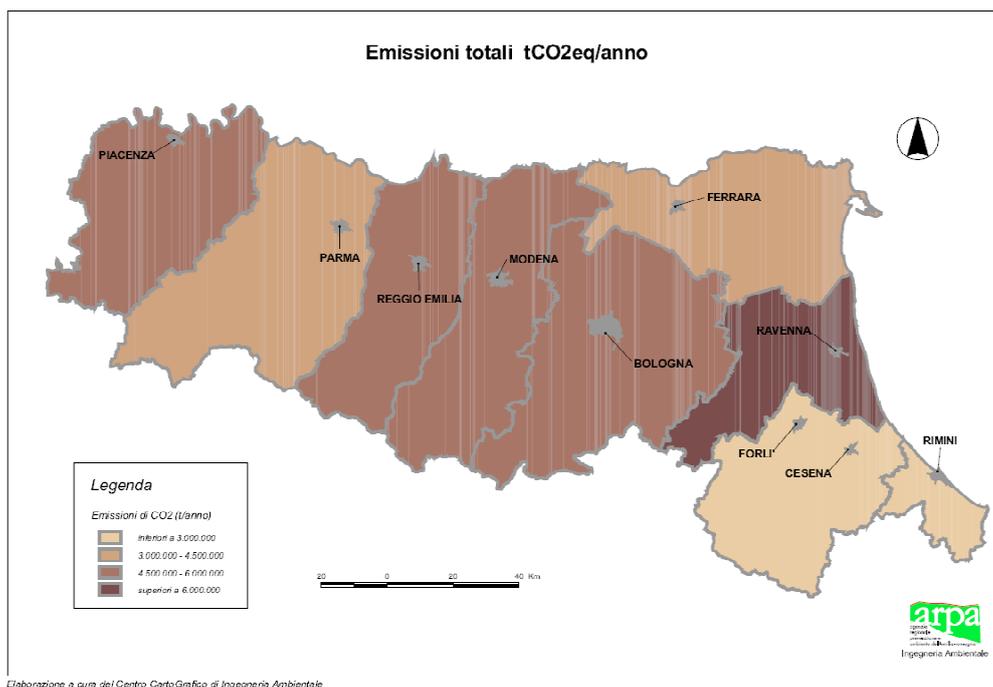


Figura 97. Emissioni totali (tCO₂ eq/anno) della Regione Emilia Romagna, derivanti dallo studio di ARPA Emilia Romagna finalizzato alla creazione di un inventario delle emissioni di gas serra (ARPA, 2004).

Per esaminare l'andamento nel tempo delle emissioni climalteranti con origine in Provincia di Ravenna, si è fatto ricorso alla banca dati delle emissioni provinciali realizzata da APAT_CTN-ACE e pubblicata su Sinanet (Rete del sistema Informativo Nazionale Ambientale all'indirizzo http://www.sinanet.apat.it/it/inventaria/disaggregazione_prov2005/). Questa è basata sugli inventari nazionali delle emissioni per gli anni 1990, 1995 e 2000. È stato inoltre considerato il valore totale di emissione ottenuto in ARPA, 2004 per l'anno 2000.

Analogamente al calcolo delle emissioni per il 2006 realizzato per questo lavoro, si sono valutate le emissioni in Provincia di Ravenna anche per gli anni 2003, 2004 e 2005, considerando di volta in volta i consumi di ciascun vettore per ogni settore economico negli anni presi in esame.

Utilizzando i dati da bibliografia citati sopra e le emissioni per il periodo 2003-2006 calcolate in questo lavoro, si può analizzare l'andamento nel tempo delle emissioni in Provincia di Ravenna, che è mostrato in Figura 98.

Il valore ARPA (ARPA, 2004) per l'anno 2000 risulta inferiore al valore dell'inventario nazionale per lo stesso anno. Rispetto al dato ARPA, inoltre, le emissioni per il periodo 2003-2006 calcolate in questo lavoro sono cresciute in modo significativo, mentre rispetto ai dati dell'inventario nazionale si osserva un iniziale e significativo incremento nell'anno 2003, ed un successivo calo fino a valori vicini a quelli registrati nel 2000 per le emissioni complessive.

In particolare, il calo nel quantitativo di CO₂ verificatosi negli anni successivi al 2003 può essere giustificato dalla conversione delle centrali elettriche da olio combustibile a gas metano,

che hanno portato ad un calo importante e verificatosi in breve tempo delle emissioni climalteranti.

Va rilevato che non si possono escludere alcune differenze nella metodologia o nei dati sui consumi utilizzati per i calcoli, per cui i valori provenienti da fonti diverse (APAT, ARPA e questo lavoro) vanno confrontati con una certa cautela.

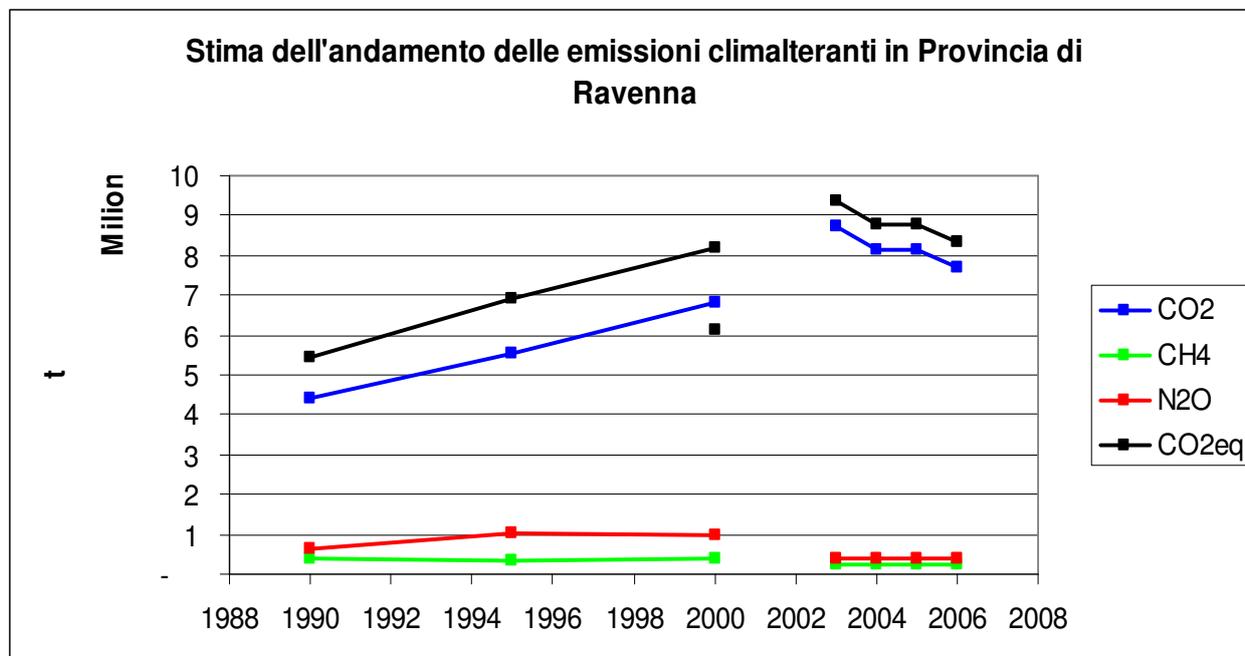


Figura 98. Stima dell'andamento delle emissioni climalteranti in Provincia di Ravenna

Per i valori di emissione degli anni 2003-2006 calcolati nel presente lavoro si è approfondita l'indagine andando a distinguere fra le emissioni totali prodotte in Provincia di Ravenna (che comprendono tutti i consumi totali, ovvero anche quelli relativi alla produzione di energia elettrica che viene poi esportata) e quelle dovute solo ai consumi di combustibili per le esigenze del territorio, non conteggiando quindi tutti consumi (e relative emissioni) per la produzione di energia in surplus.

I risultati sono rappresentati in Figura 99. Si osserva come, se si valutano le emissioni dovute ai soli consumi per soddisfare le esigenze del territorio della Provincia, esse sono di circa un terzo inferiori a quelle totali.

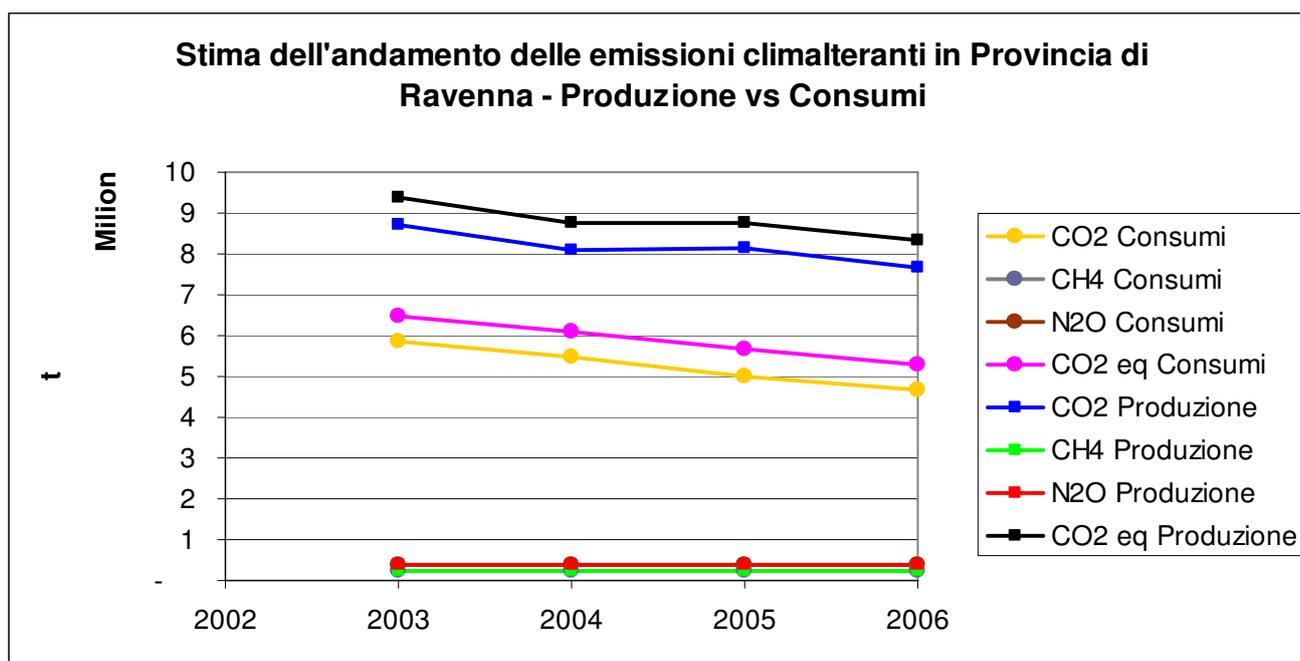


Figura 99. Stima dell'andamento delle emissioni climalteranti in Provincia di Ravenna distinte fra produzione e consumi

5.3.2 EMISSIONI DI INQUINANTI LOCALI E SINTESI COMPLESSIVA

I dati relativi alle emissioni di inquinanti atmosferici locali derivano dal Piano Provinciale di Risanamento della Qualità dell'Aria 2006 della Provincia di Ravenna (Provincia di Ravenna e ARPA, 2006), che ha valutato gli inquinanti emessi dai macrosettori CORINAIR (Tabella 50), con dettaglio provinciale e comunale.

Settore	SO _x	NO _x	CO	NMCOV	PM10
Combustione - Energia					
Riscaldamento civile					
Emissioni industriali					
Distribuzione combustibili fossili					
Trasporti stradali					
Traffico marittimo, mezzi agricoli					
Treatmento / smaltimento rifiuti					
Agricoltura					

Tabella 50. Inquinanti presi in considerazione nel PRQA (Provincia di Ravenna e ARPA, 2006).

Una sintesi unica di tutte le emissioni generate in Provincia di Ravenna, sia climalteranti che ad effetti locali, è mostrata nella Tabella 51, permessa dal fatto che anche il PRQA ha utilizzato i

macrosettori CORINAIR per classificare le emissioni inquinanti. Si ricorda che i dati relativi alle emissioni di CO₂eq, (composta da CO₂, CH₄ e N₂O) derivano da elaborazioni del presente lavoro, mentre per gli inquinanti locali si riportano i dati del PRQA 2006 della Provincia di Ravenna.

In Figura 100 è valutato il contributo percentuale di ogni macrosettore nell'emissione di ciascun inquinante.

Classificazione delle attività secondo CORINAIR	CO ₂ eq	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO _x	NO _x	CO	NM COV	PM10
Combustione in industrie energetiche o di trasformazione	3,609,890	3,606,238	70	7	29	3,010	110	99	20
Combustione in impianti non industriali	1,120,963	1,092,945	66	86	12	754	377	75	2
Combustione nell'industria manifatturiera ed edilizia	809,080	807,840	17	3	4,471	2,942	438	896	930
Processi produttivi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica	34,045	-	1,621	-	-	-	-	316	-
Uso di solventi ed altri prodotti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trasporto su strada	2,054,019	1,976,461	623	208	-	5,231	32,287	7,396	373
Altre fonti mobili	250,639	248,081	4	8	497	2,070	1,951	583	302
Trattamento e smaltimento rifiuti	169,285	44,466	5,839	7	14	177	23	119	8
Agricoltura	362,682	-	4,162	888	-	-	-	2	42
Altre sorgenti o serbatoi	-95,669	-95,669	-	-	-	-	-	-	-
TOTALE	8,314,945	7,680,370	12,403	1,207	5,023	14,184	35,186	9,486	1,677

Tabella 51. Sintesi di tutte le emissioni in atmosfera generate nella Provincia di Ravenna (t/anno) classificate secondo i macrosettori CORINAIR – anno 2006

È da notare come la classe “altre sorgenti e serbatoi” non contribuisca alle emissioni, ed anzi ne porti una riduzione: questa classe comprende infatti le foreste ed il suolo, che sono serbatoi naturali di carbonio, trattenuto sotto forma di carbonio organico. L'arricchimento dei suoli in sostanza organica o l'aumento delle aree boscate portano alla rimozione di CO₂ dall'atmosfera: gli ecosistemi che assorbono più CO₂ di quanto ne rilascino, accumulando il carbonio in modo permanente nella loro biomassa, sono considerati serbatoi di carbonio. Di tutti gli ecosistemi terrestri, i boschi sono quelli che hanno il maggiore potenziale di stoccaggio. Il bosco può tuttavia diventare anche una fonte d'emissione di CO₂, con l'età o quando sfruttato eccessivamente.

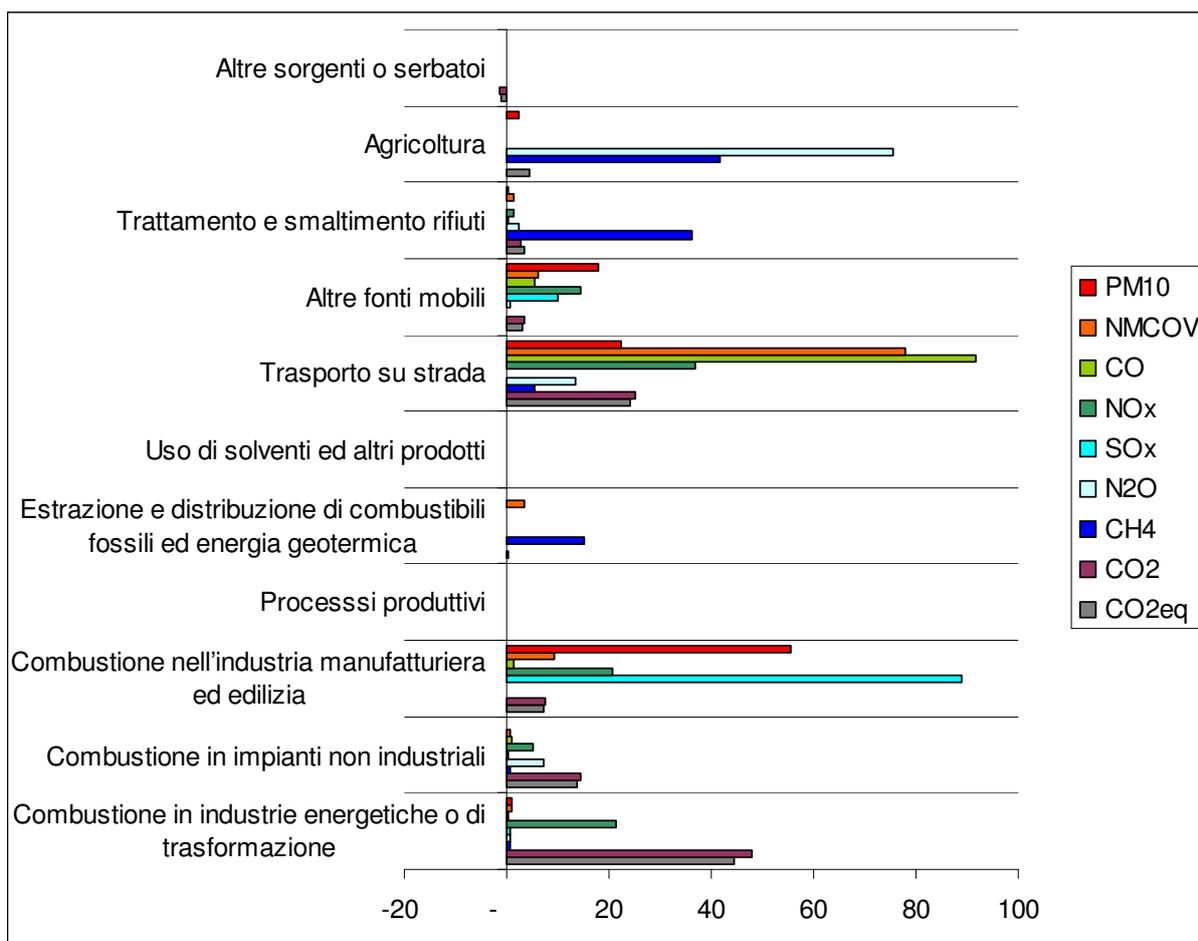


Figura 100. Emissioni in atmosfera da parte dei macrosettori di attività. Contributo percentuale (%) sul totale di ciascun inquinante emesso in Provincia di Ravenna. Anno 2006

5.3.3 QUOTE DI EMISSIONE DI GAS SERRA ASSEGNATE NELLA PROVINCIA DI RAVENNA

Da quando nel maggio del 2002 l'Unione Europea ha ratificato il Protocollo di Kyoto, impegnandosi a ridurre dell' 8% le emissioni di gas serra rispetto a quelle del 1990, ogni Stato ha un suo obiettivo, che per l'Italia è del 6.5% (ormai a tesi conclusa, si sta superando il protocollo di Kyoto e, dopo l'accordo di Copenaghen, sono stati dichiarati i nuovi obiettivi sulle emissioni, che per l'Unione Europea corrispondono al 20% di riduzione rispetto alle emissioni del 1990, anche se per il momento si tratta di intenzioni non vincolanti). Il Protocollo di Kyoto, entrato in vigore il 16 febbraio 2005, prevede tre dispositivi flessibili per favorire il raggiungimento degli obiettivi, che risulterebbero altrimenti eccessivamente costosi per i Paesi dell'Unione:

- l' "Emission Trading" (ET) o Scambio delle Quote di Emissione;
- il "Clean Development Mechanism" (CDM);
- la "Joint Implementation" (JI).

L' "Emission Trading" è definito dalla Direttiva 2003/87/CE, che istituisce un sistema di scambio di quote di emissioni di gas effetto serra all'interno dell'Unione Europea, di tipo cap-

and-trade. Sinteticamente, il sistema europeo di Emission Trading prevede la fissazione di un limite massimo (cap) alle emissioni degli impianti industriali che ricadono nel campo di applicazione della Direttiva, attraverso un Piano Nazionale di Allocazione (PNA) nel quale viene assegnato un certo numero di quote di emissioni a ciascun impianto.

Il campo d'applicazione della direttiva è esteso alle attività e ai gas elencati nell'allegato I della direttiva: in particolare alle emissioni di anidride carbonica provenienti da attività di combustione energetica, produzione e trasformazione dei metalli ferrosi, lavorazione di prodotti minerali, produzione di pasta per carta, carta e cartoni.

Ciascuna quota ("European Unit Allowance") attribuisce il diritto ad emettere una tonnellata di CO₂eq in atmosfera nel corso dell'anno di riferimento o successivo.

La direttiva prevede un duplice obbligo per gli impianti da essa regolati:

- 1) la necessità per operare di possedere un permesso all'emissione in atmosfera di gas serra;
- 2) l'obbligo di rendere alla fine dell'anno un numero di quote (o diritti) d'emissione pari alle emissioni di gas serra rilasciate durante l'anno.

A partire dal 1° gennaio 2005, gli impianti possono esercitare la propria attività solo se muniti di un'apposita autorizzazione ad emettere gas serra rilasciata dall'autorità competente. Una volta rilasciate, le quote possono essere vendute o acquistate; tali transazioni possono vedere la partecipazione sia degli operatori degli impianti coperti dalla direttiva, sia di soggetti terzi (e.g. intermediari, organizzazioni non governative, singoli cittadini). Il trasferimento di quote viene registrato nell'ambito di un registro nazionale. La mancata resa di una quota d'emissione prevede una sanzione pecuniaria di 40 Euro nel periodo 2005-2007 e di 100 Euro nei periodi successivi. Le emissioni oggetto di sanzione non sono esonerate dall'obbligo di resa di quote.

Le quote di emissione sono state assegnate inizialmente per il triennio 2005-2007, e successivamente ogni 5 anni (2008-2012, 2013-2018, ecc.). Le quote per il quinquennio 2008-2012 in Italia sono state assegnate con la "Decisione di assegnazione delle quote di CO₂ per il periodo 2008-2012" approvata ai sensi di quanto stabilito dall'articolo 11, comma 1 del D.lgs. 4 aprile 2006, n.216 del 20 febbraio 2008 (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2008).

Analizzando l'elenco nazionale, sono state estratte tutte le assegnazioni di quote ad industrie presenti nella Provincia di Ravenna (Tabella 52).

	N Aut Ragione Sociale Del Gestore Denominazione Impianto	Quote2008	Quote2009	Quote2010	Quote2011	Quote2012
547	EniPower S.p.A. - Stabilimento di Ravenna	2,515,503	2,492,192	2,464,995	2,441,684	2,414,487
551	Enel Produzione SPA - Centrale termoelettrica di Porto Corsini	1,232,769	1,171,130	1,121,820	1,060,181	1,010,871
1193	Tampieri Energie srl Faenza	6,208	6,208	6,208	6,208	6,208
548	Polimeri Europa spa - stabilimento di Ravenna	20,384	20,384	20,384	20,384	20,384
550	Enel Produzione SPA - deposito oli I.I.C.O.	19,654	19,654	19,654	19,654	19,654
923	ENI spa divisione E&P - UGIT - piattaforma Garibaldi K	40,858	40,858	40,858	40,858	40,858
926	ENI spa divisione E&P - UGIT - piattaforma Barbara T1	59,243	59,243	59,243	59,243	59,243
927	ENI spa divisione E&P - UGIT - piattaforma Barbara T2	83,339	83,339	83,339	83,339	83,339
928	ENI spa divisione E&P - UGIT -centrale gas casalborsetti	77,777	77,777	77,777	77,777	77,777
929	ENI spa divisione E&P - UGIT - piattaforma Cervia K	44,915	44,915	44,915	44,915	44,915
984	Bunge Italia spa - stabilimento di Porto Corsini	36,366	36,366	36,366	36,366	36,366
1138	Caviro distillerie srl Faenza	24,162	24,162	24,162	24,162	24,162
1419	Unigrà spa - Conselice	109,585	109,585	109,585	109,585	109,585
1058	Dister spa	22,889	22,889	22,889	22,889	22,889
1462	Conserven Italia società cooperativa agricola - Massa Lombarda	12,691	12,691	12,691	12,691	12,691
1461	Conserven Italia società cooperativa agricola - Barbiano di Cotignola	11,222	11,222	11,222	11,222	11,222
1536	Degussa Italia spa	167,679	167,679	167,679	167,679	167,679
1538	Cabot Italiana spa	185,587	185,587	185,587	185,587	185,587
TOTALE		4,670,831	4,585,881	4,509,374	4,424,424	4,347,917

Tabella 52. Quote di emissione 2008-2012 assegnate alle industrie presenti in Provincia di Ravenna, espresse in tCO₂ (Estratto da Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2008)

Le quote assegnate alle industrie energetiche sono perfettamente coerenti ai valori di emissione di CO₂ stimate in questo lavoro, che ammontano a 3,600,000 tCO₂ circa. Le quote assegnate ad attività legate a “estrazione e distribuzione di combustibili fossili” sono maggiori di circa un ordine di grandezza rispetto alle emissioni del settore stimate in questo lavoro, ma va considerato che i dati sull’effettiva estrazione di metano nel territorio della Provincia non sono

disponibili, per cui si è proceduto per approssimazione dal dato relativo alla zona marina “A” e al territorio regionale. Si può considerare quindi maggiormente affidabile il dato derivante dalle quote di emissione assegnate, ed assumere di conseguenza che il settore dell'estrazione e distribuzione di metano provochi l'emissione di ulteriori 300,000 tCO₂ circa, rendendo il contributo del settore energetico ancora più preponderante e portando le emissioni totali della Provincia a circa 8,000,000 tCO₂. Di questi, il 50% circa derivano da attività soggette al meccanismo dello scambio delle quote di emissioni, e la restante metà da altri settori (civile, trasporti, agricoltura, piccole industrie).

Osservando l'andamento temporale delle quote assegnate, si nota una flessione nelle quote attribuite alle centrali EniPower (-4%) ed ENEL (-18%). Le quote assegnate alle altre industrie della Provincia restano tutte invariate.

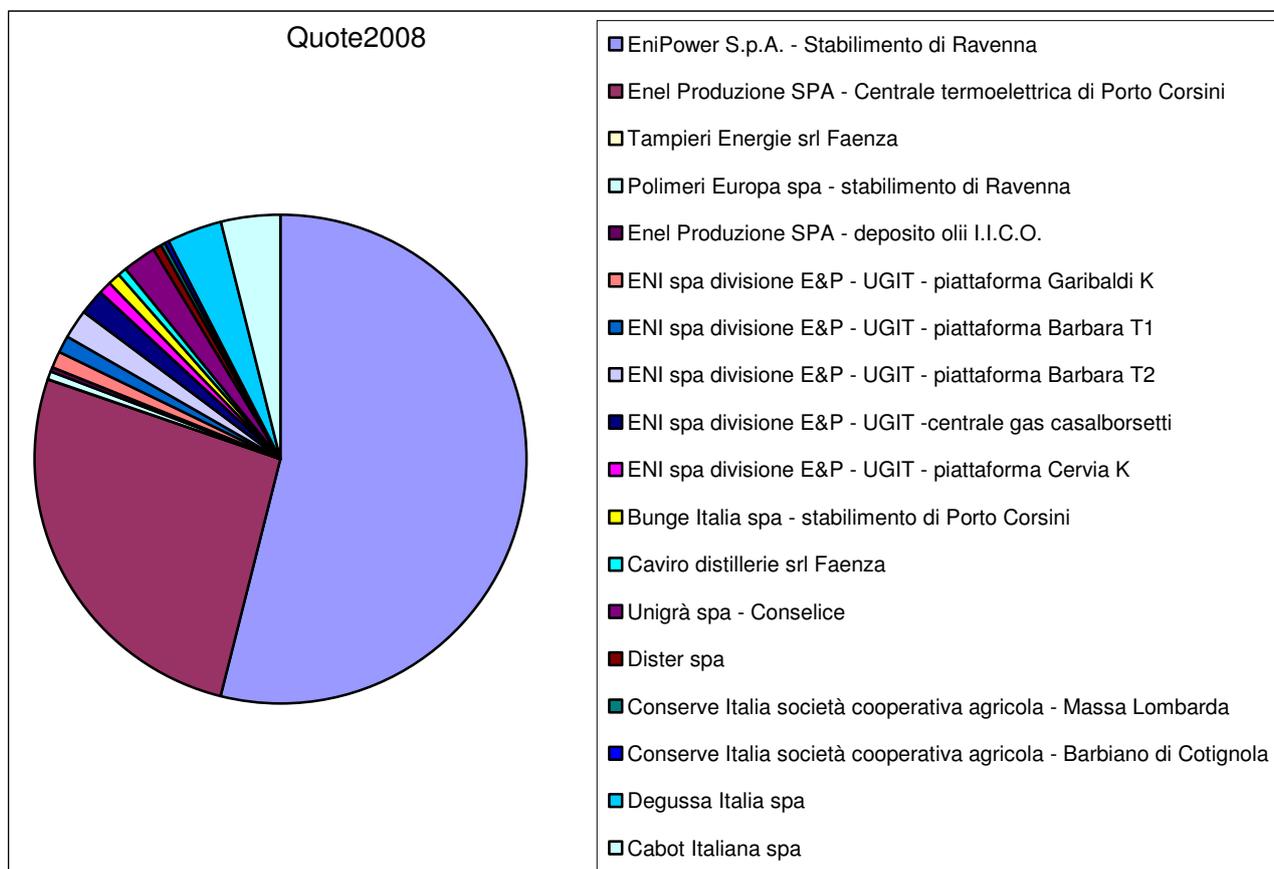


Figura 101. Ripartizione delle quote di emissione assegnate in Provincia di Ravenna per l'anno 2008

5.4 DISCUSSIONE

L'analisi delle emissioni climalteranti della Provincia di Ravenna per l'anno 2006 ha portato ai seguenti risultati.

L'emissione di gas climalteranti in Provincia di Ravenna è dovuta per quasi la metà del totale in termini di CO₂ e CO₂eq all'industria energetica. Le emissioni di CH₄ sono prevalentemente

dovute al trattamento e smaltimento rifiuti ed alle attività agricole e di allevamento (queste ultime sono anche le maggiori responsabili nelle emissioni di N₂O). Queste emissioni però incidono solo marginalmente sulle emissioni climalteranti complessive espresse in CO₂ equivalente.

L'acquisizione dei dati relativi alle emissioni di inquinanti atmosferici locali ha permesso di integrare queste conclusioni con alcune considerazioni complessive sul contributo dei diversi settori economici alle emissioni di entrambe le tipologie.

A livello di inquinamento atmosferico locale, l'industria energetica incide prevalentemente sugli NO_x. Per gli altri inquinanti ad effetto prevalentemente locale, invece, diversi risultano i settori il cui contributo è rilevante, a seconda della tipologia di inquinante analizzato. Il traffico stradale rappresenta la maggior fonte di Monossido di Carbonio (CO) e di Composti Organici Volatili Non Metanici (NMCOV) e contribuisce per il 20-30% alle emissioni di PM₁₀ e NO_x; l'industria contribuisce in modo rilevante a SO_x e PM₁₀, incide per il 20% circa sulle emissioni di NO_x mentre è meno rilevante per quanto riguarda i NMCOV e il CO. Le emissioni di PM₁₀, per il resto, sono distribuite abbastanza omogeneamente tra trasporto stradale e altri mezzi di trasporto (treni, mezzi agricoli e navi). Il settore del riscaldamento civile non risulta particolarmente rilevante per quanto riguarda gli inquinanti ad effetto locale, mentre nelle emissioni climalteranti è il terzo contribuente, con il 15% circa al totale.

6 CONCLUSIONI

In questo lavoro sono stati utilizzati strumenti e metodi per migliorare la gestione ambientale di territori amministrati da Enti Pubblici.

In particolare, il lavoro si è dedicato a due principali tematiche;

- i sistemi di gestione ambientale e la loro applicazione ad Enti Pubblici;
- l'analisi di un sistema energetico territoriale, anche attraverso indici globali di sostenibilità, ed il supporto alla pianificazione energetica attraverso la definizione di scenari.

L'indirizzo generale del lavoro di tesi è stato quello di creare un collegamento tra i sistemi di gestione ambientale, basati su obiettivi e target locali e spesso auto-referenziali, e una valutazione, la sintesi eMergetica, che dà valenza scientifica ai Sistemi di Gestione Ambientale inserendo una quantificazione delle variabili basata su parametri globali, cioè non dipendenti dalle condizioni locali. In questo senso si inserisce il lavoro presentato in Appendice A.

Tale integrazione è stata cercata anche per la valutazione di sistemi energetici, affrontata nell'ambito di un processo di pianificazione che condivide con i Sistemi di Gestione Ambientale l'approccio volto al miglioramento continuo e la sequenza “pianifica → agisci → controlla → correggi”.

Questo approccio è rappresentato graficamente in Figura 102, dove la sintesi eMergetica fa da ponte tra i vari elementi.

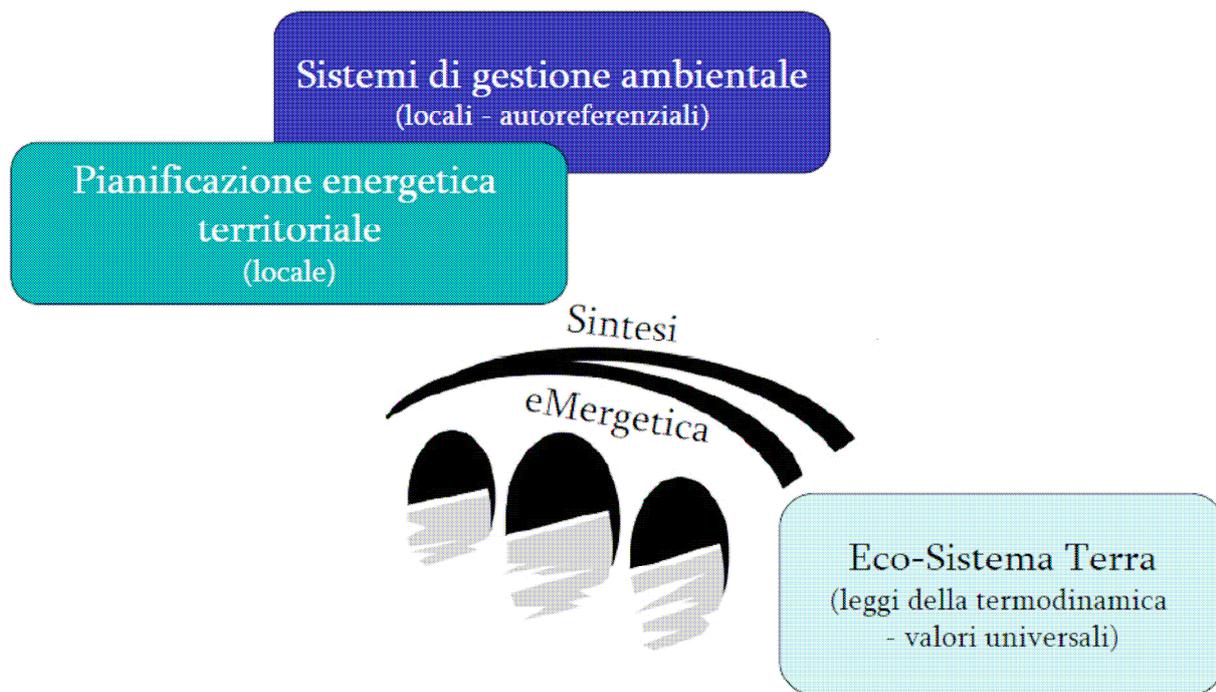


Figura 102. Rappresentazione schematica del principio base che ha guidato la tesi, quello del COLLEGAMENTO tra i Sistemi di Gestione Ambientale e la sintesi eMergetica, che porta ad una valenza più “globale” dei risultati ottenuti

L'applicazione dei sistemi di gestione ambientale ha portato ad alcune principali conclusioni:

- se è importante fornire una guida agli enti per la valutazione della significatività dei loro aspetti ambientali, è altrettanto importante fornire degli indirizzi anche riguardo alla identificazione e classificazione degli aspetti stessi; in questo senso, in questa tesi è stato sperimentato positivamente l'utilizzo combinato di un Sistema di Gestione Ambientale e del metodo CLEAR per la rendicontazione ambientale, che definisce e riporta al suo interno una serie di categorie e attività ambientali “standard” per tipologia di Ente;
- l'applicazione di Sistemi di Gestione Ambientale, in particolare secondo il regolamento EMAS, rischia di essere caratterizzata da una eccessiva auto-referenzialità degli obiettivi e soglie individuate. Da questo punto di vista, in questo lavoro si è cercato di inserire elementi scientifici di oggettività nella valutazione della significatività degli aspetti ambientali utilizzando la sintesi eMergetica, che permette di valutare il “valore” di un bene in base al lavoro specifico della natura che è stato necessario per produrlo. Il lavoro presentato in Appendice A ha consentito di determinare il peso globale di ciascuna componente ambientale compresa nella metodologia già proposta in Marazza *et al.* (2010), aumentando così la precisione e la copertura delle componenti valutate.

L'analisi del sistema energetico della Provincia di Ravenna ha portato ad alcune principali conclusioni:

- La Provincia di Ravenna presenta delle caratteristiche molto particolari, vista la presenza sul territorio di giacimenti di metano (estrazione annuale di $1.5E+17$ J dalla zona marina antistante), siti di stoccaggio di metano (capacità di $9.5E+16$ J) e centrali termoelettriche alimentate a metano (produzione annuale di elettricità pari a $3.0E+16$ J). Queste caratteristiche fanno sì che le emissioni di gas serra della Provincia siano le più elevate di tutta la Regione Emilia Romagna, per un totale nel 2006 di 8,314,945 tCO₂ eq.. Queste caratteristiche fanno sì che, quando si vanno a scalare gli obiettivi energetici e ambientali internazionali o nazionali (produzione di energia da fonti rinnovabili, risparmio energetico, riduzione delle emissioni di gas serra) si ottengono per la Provincia di Ravenna degli obiettivi quantitativamente molto elevati, raggiungibili solo col contributo di livelli territoriali più ampi;

- Il software LEAP ha garantito l'organizzazione dei dati in un "database" ben strutturato e di facile gestione, ed ha fornito il supporto per la definizione degli scenari di evoluzione del sistema energetico considerato. Sono stati costruiti 3 scenari, "Business as usual - BAU", "Scenario di applicazione del piano energetico" e "Scenario di autosufficienza". Gli scenari sono stati costruiti nell'ambito della pianificazione territoriale, in maniera guidata dalla normativa vigente.

La sintesi eMergetica sulla situazione attuale e sugli scenari realizzati ha fornito le seguenti considerazioni:

- La valutazione del contributo del processo all'economia, grazie allo sfruttamento di risorse locali, misurato attraverso l'EMergy Yield Ratio (EYR), ha indicato come l'opzione di ridurre la produzione di energia elettrica nel territorio sia peggiorativa rispetto alla situazione attuale, perché comporta il mancato sfruttamento di una risorsa locale. La valutazione della stessa opzione attraverso l'indice ELR, che valuta la pressione di un processo sull'ambiente in cui si svolge, ha invece mostrato che si alleggerirebbero delle pressioni sul territorio.

La situazione sarebbe radicalmente diversa se il metano non fosse estratto localmente ma provenisse da altri territori: in tal caso, anche nella situazione attuale l' "EMergy Yield Ratio" - EYR sarebbe pari a 1.1 e l' "Environmental Loading Ratio" - ELR a 97.05, ad indicare una situazione in cui il territorio non fornisce contributi eMergetici locali significativi ad un processo che invece lo segna fortemente. La percentuale rinnovabile sul totale dei flussi di eMergia non supera il 3% nella situazione attuale e negli scenari BAU e di applicazione del piano, mentre vale 5.3% nello scenario di autosufficienza. Sono valori bassi rispetto ad altri territori, che riflettono la presenza di grandi flussi di risorse non rinnovabili, lavoro e servizi sul territorio. Sono comunque valori che corrispondono, o superano, la media italiana di 1.68% (NEAD, Sahel project, <http://sahel.ees.ufl.edu>).

- La valutazione comparata dei 3 scenari, condotta attraverso alcuni indici eMergetici e la capacità di soddisfare gli obiettivi legislativi vigenti in materia di energia, ha evidenziato lo

scenario di applicazione del piano come soluzione migliore per il territorio considerato, pur mostrando un ELR (32.54) più elevato rispetto allo scenario di autosufficienza (18.02), ma comunque ridotto rispetto alla situazione attuale (59.14). Lo scenario di applicazione del piano, per definizione stessa, riesce a raggiungere le percentuali di risparmio energetico, taglio alle emissioni climalteranti e produzione di energia da fonti rinnovabili fissate dalla normativa vigente; lo stesso scenario, tra i 3 costruiti, mostra l'EYR (4.48) e l'EMergy Index of Sustainability (0.138) più elevati.

- In questo lavoro, l'utilizzo di biomasse per la produzione di energia è stato inteso come uso di biomasse prodotte appositamente (dedicate), anche qualora non esistevano dati precisi sull'origine delle stesse. Un interessante sviluppo del lavoro condotto sarà invece l'analisi eMergetica dell'utilizzo di biomasse di scarto per la produzione di energia. Tale analisi dovrà prendere in considerazione un sistema che comprenda sia la produzione e l'uso del prodotto principale che gli usi alternativi degli scarti. In questo modo, i flussi elevati di eMergia associati agli scarti potranno andare a rafforzare i processi produttivi del sistema ed a massimizzare i flussi complessivi in gioco, secondo il principio del "maximum eMpower", e quindi ad chiudere i cicli dei materiali, aumentare l'efficienza dei processi e garantire maggiore competitività al sistema.

7 BIBLIOGRAFIA

Alcamo, J., 2001. Scenarios as tools for international environmental assessments; Experts' corner report Prospects and Scenarios No 5, Environmental issue report No 24. European Environmental Agency

APAT, 2008. Database dei fattori di emissione nazionali. Accessibile dal sito <http://www.sinanet.apat.it> fino all'anno 2008

ARPA Ravenna, Sito Web dedicato ai campi elettromagnetici, disponibile all'indirizzo <http://www.arpa.emr.it/cem/webcem/ravenna/index.asp>

ARPA, 2004. "Realizzazione di un inventario delle emissioni di anidride carbonica e valutazione degli effetti delle politiche di riduzione delle emissioni di gas serra" elaborato da Ingegneria Ambientale – ARPA Emilia Romagna per conto della Regione Emilia Romagna.

Ascione, M., Campanella, L., Cherubini, F., Ulgiati, S., 2009. Environmental driving forces of urban growth and development An emergy-based assessment of the city of Rome, Italy. *Landscape and Urban Planning* 93 (2009) 238–249

Bakshi, B.R., 2000. A thermodynamic framework for ecologically conscious process systems engineering. *Computers and Chemical Engineering* 24 (2000) 1767–1773

Bandini, V., 2005. Influenza dei fattori pedologici e geochimici del suolo sulla biodisponibilità di metalli verso Eisenia andrei. Tesi Specialistica in Scienze per l'Ambiente e il Territorio. 2005

Barbabella, A., 2006. Rapporto tecnico "Il sistema energetico dei comuni CISA" Domanda energetica, emissioni di gas-serra e potenziale delle fonti rinnovabili. Progetto CISA - Centro Innovazione per la Sostenibilità Ambientale

Barbabella, A., Federico A., Pierini M.L., Pagliani T., 2006. L'indice ISSI di sviluppo Sostenibile della Provincia di Chieti. *Regioni&Ambiente*, 2006, 33-35

Bastianoni, S., Campbell, D.E., Ridolfi, R., Pulselli, F.M., 2009. The solar transformity of petroleum fuels. *Ecological modelling* 220 (2009) 40–50

Bastianoni, S., Marchettini, N., 2000. The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis. *Ecological Modelling* 129 (2000) 187–193

Benini, L., Bandini, V., Marazza, D., Contin, A., 2010. Assessment of land use changes through an indicator-based approach: A case study from the Lamone river basin in Northern Italy. *Ecological Indicators* 10 (2010) 4–14

Bertalanffy, L. v, 1968. *General System theory: Foundations, Development, Applications*, New York: George Braziller, revised edition 1976: ISBN 0-8076-0453-4

Bertozzi, R., Buscaroli, A, Gherardi, M., Vianello, G., 1993. Organizzazione di dati cartografici e telerilevati mediante sistema informativo geografico per la realizzazione di un

atlante delle dinamiche di uso reale del suolo a scala comunale. Italian Cartography Association – Bulletin n. 89, 25–32.

Björklund, J., Geber, U., Rydberg, T., 2001. Emergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge. *Resources, Conservation and Recycling* 31 (2001) 293–316

Brown M.T., Ulgiati, S., 2002. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production* 10 (2002) 321–334

Brown, M.T., 1999. System Diagrams from <http://emergysystems.org/>

Brown, M.T., 2004. A picture is worth a thousand words: energy systems language and simulation. *Ecological Modelling* 178 (2004) 83–100

Brown, M.T., 2006. Lecture 3- Emergy and environmental accounting. From <http://emergysystems.org/>

Brown, M.T., Bardi, E., 2001. Handbook of Emergy Evaluation - A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios - Folio #3 - Emergy of Ecosystems. Centre for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville

Brown, M.T., Heredeen, R. A., 1996. Embodied energy analysis and EMERGY analysis: a comparative view. *Ecological Economics* 19 (1996) 219-235

Brown, M.T., Ulgiati, S., 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering* 9 (1997) 51-69

Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004a. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling* 178 (2004) 201–213

Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004b. Emergy analysis and environmental accounting. *Encyclopedia of Energy*, vol. 2.

Brown, M.T., Ulgiati, S., 2008. The algebra of emergy. Power Point presentation at the “2nd european advanced course on emergy and complex systems” - Ravenna, 3-7 June 2008

Buffone, C., 2008. Sistemi di gestione ambientale per eventi di cultura e spettacolo: applicazione al festival musicale Rototom Sunsplash di Osoppo (UD). Tesi di laurea specialistica in Scienze per l'ambiente e il Territorio. Università di Bologna

Carpenter, S.R., Pingali, P., Bennett, E.M., Zurek, M., 2005. Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, Volume 2. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press.

Casale L.M., 2005. Gli strumenti volontari per la governance di un territorio. *Regioni&Ambiente* annoVI n.10:72–75; 2005.

Caserini, S., Marazzi, L., Groveto, G.M., Ballarin Denti, A., Lapi, M., Bosco, C., Fraccaroli, A., Fossati, G., Guarisio, G., Gurrieri, G.L., 2005. An extensive survey on wood use for domestic heating in Lombardy: implication for PM emission inventory.

Cavalett O., Ortega E., 2009. Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 17 (2009) 762–771

Cavalett O., Ortega E., 2010. Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 18 (2010) 55–70

Centre for Environmental Policy, University of Florida. National Environmental Accounting Database (NEAD), disponibile dall'indirizzo web <http://cep.ees.ufl.edu> ;

Cherubini, F., Bargigli, S., Ulgiati, S. Life cycle assessment of urban waste management: Energy performances and environmental impacts. The case of Rome, Italy. *Waste Management* 28 (2008) 2552–2564

Cialani, C., Russi, D., Ulgiati, S., 2005. Investigating a 20-year national economic dynamics by means of emergy-based indicators. In: Brown MT, Bardi E, Campbell D, Comar V, HuangShu-Li, Rydberg T, Tilley D, Ulgiati S, editors. *Emergy synthesis 3. Theory and applications of the emergy methodology*. Proceedings of the third biennial international emergy research conference. Gainesville: Center for Environmental Policy, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida; 2005. p. 401-16.

Clausen J, Keil M, Jungwirth M. The State of EMAS in the EU Eco-Management as a Tool for Sustainable Development. Literature Study. European Conference “The EU Eco-Management and Audit Scheme — Benefits and Challenges of EMAS II”. Brussels; 2002. 26/27 June.

Comune di Ravenna, 2007. Piano Strutturale Generale – G4 Rapporto di VALSAT - Rapporto sulla sostenibilità generale di Ravenna;

Comunità Montana Colline Metallifere, 2004. Rapporto sullo stato dell'ambiente della Comunità Montana Colline Metallifere - Analisi energetica della comunità montana delle colline metallifere;

Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro – CNEL, 2005. Indicatori per lo sviluppo sostenibile.

Daly, H. E., Economics in a full world. *Scientific American*, September 2005, Vol. 293, Issue 3

Deming WE, 1986. Out of the crisis. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study; 1986.

EEA, 2007. EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 2007. Technical report No 16/2007

Engel, V.C., Odum, H.T., 1999. Simulation of community metabolism and atmospheric carbon dioxide and oxygen concentrations in Biosphere 2. *Ecological Engineering* 13 (1999) 107–134

European Commission — DG Environment EMAS web site <http://ec.europa.eu/environment/emas/local/indexen.htm>) visited on 13 september 2008.

European Community. Commission recommendation 2003/532/EC of 10 July 2003 on guidance for the implementation of regulation (EC) No. 761/2001 of the European Parliament

and of the council allowing voluntary participation by organisations in a community eco-management and audit scheme (EMAS) concerning the selection and use of environmental performance indicators. European Community; 2003 [OJEC, 23-07-2003, L 184/19].

European Community. Commission Regulation (EC) No 196/2006 of 3 February 2006 amending Annex I to Regulation (EC) No 761/2001 of the European Parliament and of the Council to take account of the European Standard EN ISO 14001:2004, and repealing Decision 97/265/EC.

European Community. Regulation No 2001/761 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2001 allowing voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS). Off J 2001;L 114:1 (24 April).

FEEM, 2009. FEEM sustainability index - Methodological report. Tratto da www.feemsi.org

Giampietro, M., Ramos-Martin, J., 2005. Multi-scale integrated analysis of sustainability: a methodological tool to improve the quality of narratives. Int. J. Global Environmental Issues, Vol. 5, Nos. 3/4, 2005

Gracceva, F., Contaldi, M., 2004. SCENARI ENERGETICI ITALIANI - Valutazione di misure di politica energetica. ENEA

Hagström, P., 2006. Biomass Potential for Heat, Electricity and Vehicle Fuel in Sweden. Volumes I and II. Doctoral Thesis, . SLU, Uppsala, Sweden, 224 pp. (ISSN 1652-6880 – ISBN 91-576-7060-9)

IEFE Università Bocconi, Adelphi Consult, IOEW, Office Heidelberg, SPRU, Sussex University, Valør & Tinge A/S, 2005. EVER: Evaluation of EMAS and Ecolabel for their revision.

International Standard Organization. ISO 14001: environmental management systems — specification with guidance for use. International Standard Organisation; 1996.

IPCC – NGGIP, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. IGES;

IPCC, 1994. In: Carter, T.R., Parry, M.L., Harasawa, H., Nishioka, S. (Eds.), IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Part of the IPCC Special Report to the First Session of the Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change, Working Group II, Intergovernmental Panel on Climate Change. University College London, UK/Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan.

IPCC, 2007. “Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”;

ISPRA, 2007. Rapporto rifiuti 2007.

ISTAT, 2001. 14° Censimento della popolazione e delle abitazioni.

Kangas, P.C., 2002. Handbook of Emergy Evaluation - A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios - Folio #5 – Emergy of Landforms. Centre for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville

La Rosa, A. D., Siracusa, G., Cavallaro, R., 2008. Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming. *Journal of Cleaner Production* 16 (2008) 1907-1914

Lotka A.J., 1922. Contribution to the energetics of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences, US*, 1922; 8; 147–150

Lotka, A. J., 1922. Contribution to the energetics of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences, US*, 1922;8:147–150.

Lozano M, Vallés J. An analysis of the implementation of an environmental management system in a local public administration. *J Environ Manag* 2007;82:495–511.

Malcevschi S. *Qualità ed impatto ambientale: teoria e strumenti della valutazione di impatto*. ETASLIBRI; 1991

Marazza D. *Applicazione di sistemi di gestione ambientale alla scala locale*. PhD Thesis; Università degli Studi di Bologna; 2007.

Marazza, D., Bandini, V., Contin, A., Ranking environmental aspects in environmental management systems: A new method tested on local authorities. *Environment International* 36 (2010) 168–179

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2008. *Decisione di assegnazione delle quote di CO₂ per il periodo 2008-2012, approvata ai sensi di quanto stabilito dall'articolo 11, comma 1 del D.lgs. 4 aprile 2006, n.216 del 20 febbraio 2008.*

Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione generale per la sicurezza dell'approvvigionamento e le infrastrutture energetiche - Dipartimento per l'energia div. VII - *Statistiche ed analisi energetiche e minerarie, 2008. BILANCIO ENERGETICO NAZIONALE 2008.*

Mussinatto, A., Truffo, G., Rampone, D., De Carli, T., 2007. *Stima consumi di biomassa per riscaldamento civile in Regione Piemonte.*

Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., seVries, H.J.M. *et al.*, 2000. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) special report on emission scenarios (SRES).*

Neumayer, e., 1993. *Weak versus Strong Sustainability. Exploring the limits of two opposing paradigms.* EE publishing Limited, 1993

Nilsson, N., 1997. *Energy, exergy and emergy analysis of using straw as fuel in district heating plants.* *Biomass and Bioenergy* Vol. 13, Nos. 1/2, pp. 63-73, 1997

Odum H.T., Odum E.C., 2001. *A Prosperous way down – Principles and Policies.* University Press of Colorado, 326pp.

Odum HT, 2000. *Folio #2: Emergy of global processes.* Gainesville: Center for Environmental Policy, University of Florida; 2000.

Odum, H.T., 1988. *Self-Organization, Transformity, and Information.* *Science, New Series*, Vol. 242, No. 4882. (Nov. 25, 1988), pp. 1132-1139

Odum, H.T., 1996. Environmental accounting. Energy and environmental decision making. New York: Wiley, 1996.

Odum, H.T., *et al.*, 1976. Net energy analysis of alternatives for the United States. In: U.S. Energy Policy: Trends and Goals. Part V—Middle and Long-term Energy Policies and Alternatives. Proceedings of the 94th Congress Second Session Committee Print. Prepared for the Subcommittee on Energy and Power of the Committee on Interstate and Foreign Commerce of the U.S. House of Representatives, 66-723, U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC, pp. 254-304

Odum, H.T., Odum, E., 2000. Modeling for All Scales: An Introduction to Systems and Simulation. Academic Press, San Diego.

Ortega, E., 2004. The prosperous way down: a proposal for action – Short Communication in Ecological Modelling 178 (2004) 243-246

Paoli, C., Vassallo, P., Fabiano, M., 2008. Solar power: An approach to transformity evaluation. Ecological engineering 34 (2008) 191-206

Pearce, D.W., Atkinson, G.D., 1993. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. Ecological Economics, 8 (1993) 103- 108

Presicce, A., 2007. Emissioni di inquinanti atmosferici in area urbana da parte degli impianti di riscaldamento: il caso di Ravenna. Tesi di Laurea Specialistica.

Progetto CLEAR, 2003. Metodo CLEAR: dalla contabilità alla politica ambientale. Edizioni Ambiente.

Progetto Tandem, 2004. Deliverables 1-5.

Provincia di Bologna, settore Ambiente, 2002. Analisi emergetica della Provincia di Bologna – ottobre 2002 relazione di sintesi, a cura dell’Università degli Studi di Siena;

Provincia di Forlì Cesena e Università degli Studi di Siena, 2002. Analisi di sostenibilità della Provincia di Forlì Cesena;

Provincia di Ravenna e ARPA, 2006. “Piano provinciale di tutela e risanamento della qualità dell’aria”

Provincia di Ravenna e CIRSA, 2009. Piano Energetico Provinciale: Quadro Conoscitivo, Sintesi del Quadro Conoscitivo, Piano d’Azione ed Appendice.

Provincia di Ravenna, 2000. Analisi di sostenibilità della Provincia di Ravenna, a cura dell’Università degli Studi di Siena;

Provincia di Rimini, 2003. Analisi della sostenibilità ambientale della Provincia di Rimini, a cura dell’Università degli Studi di Siena;

Provincia di Siena, 2003. Piano Energetico della Provincia di Siena – Bilancio provinciale consumi energetici – trasporti;

Provincia di Siena, anni 2001-2004. Spin-Eco – Analisi di sostenibilità della Provincia di Siena attraverso indicatori ecodinamici;

- Provincia di Venezia, 2004. Studio di sostenibilità della Provincia di Venezia in “La città, le imprese e i rifiuti – dati a confronto 2003 - 2004;
- Regione Emilia Romagna, 1976. Carta dell’uso del suolo.
- Regione Emilia Romagna, 1994. Carta dell’uso del suolo.
- Regione Emilia Romagna, 2003. Carta dell’uso del suolo.
- Regione Emilia Romagna, 2009. Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013
- Regione Piemonte, 2001 Rapporto sullo stato dell’ambiente, cap.18: Analisi emergetica della sostenibilità ambientale;
- REGOLAMENTO (CE) n. 1221/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 novembre 2009 sull’adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS), che abroga il regolamento (CE) n. 761/2001 e le decisioni della Commissione 2001/681/CE e 2006/193/CE
- Ricci Petitioni, A., 2008. Analisi di scenari energetici per la provincia di Ravenna. Tesi di Laurea Specialistica.
- Ridolfi R, Andreis D, Panzieri M, Ceccherini F. The application of environmental certification to the Province of Siena. *J Environ Manag* 2008;86:390–5.
- Russo, G.F., Ascione, M., Franzese, P.P., 2004. Analisi emergetica della Riserva Marina di Punta Campanella: una valutazione ecologicaeconomica del comparto pesca. *Biologi Italiani* 11/2004;
- Rydberg, T., Haden, A.C., 2006. Emergy evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117 (2006) 145–158
- SEI, 2008. Long-range Energy Alternatives Planning System User Guide. Versione html.
- Stern, N., 2006. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Cambridge
- Tonon, S., Brown, M.T., Luchi, F., Mirandola, A., Stoppato, A., Ulgiati, S., 2006. An integrated assessment of energy conversion processes by means of thermodynamic, economic and environmental parameters. *Energy* 31 (2006) 149–163
- Ufficio Nazionale Minerario per gli Idrocarburi e la Geotermia - UNMIG, 2008. Carta dei titoli minerari.
- Ulgiati S., Odum H.T., Bastianoni S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling*, Volume 73, Issues 3-4, June 1994, Pages 215-268;
- Ulgiati, S., 2001. A Comprehensive Energy and Economic Assessment of Biofuels: When “Green” Is Not Enough. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 20(1):71–106 (2001)
- Ulgiati, S., Brown, M.T., 2002. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions. The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 10 (2002) 335–348

Ulgiati, S., Brown, M.T., 2009. Emergy and ecosystem complexity. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 14 (2009) 310–321

Ulgiati, S., Odum, H.T., Bastianoni, S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling* 73 (1994) 215-268

Ulgiati, S., Raugei, M., Bargigli, S., 2006. Overcoming the inadequacy of single-criterion approaches to Life Cycle Assessment. *Ecological Modelling* 190 (2006) 432–442

World Commission on Environment and Development, WCED, 1987. *Our common future*.

World Energy Council, 2007. *Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050*. World Energy Council

Zucaro, A., Franzese, P.P., Scopa, A., Riccio, A., 2004. Analisi eMergetica della Provincia di Potenza: una valutazione integrata economica-ecologica. *Biologi Italiani* 9/2004

8 APPENDICE A- PROPOSTA PRELIMINARE DI INTEGRAZIONE AL METODO PER LA MISURA DELLA SIGNIFICATIVITÀ

La metodologia per identificare gli aspetti ambientali significativi (Marazza *et al.*, 2010) prevede, tra gli altri, un parametro *m*, chiamato “magnitudo”. Questo parametro, in un certo senso, quantifica la gravità degli impatti sull’ambiente, attraverso una matrice che relazione un elenco di pressioni ambientali con le componenti ambientali riportate in Tabella 53. Come si può osservare, si tratta di macro-componenti, che comprendono sia gli aspetti “naturali” (acqua, aria, suolo, risorse rinnovabili, ...) sia gli aspetti di interazione uomo-ambiente (paesaggio, assetto idrogeologico,...) o relativi all’ambiente umano (salute, qualità dell’abitare, patrimonio storico, ...).

Componenti ambientali
clima e ozono stratosferico
qualità dell'aria
qualità dei suoli
pool rifiuti
salute
ecosistemi - biodiversità
pool di risorse non rinnovabili
pool di risorse rinnovabili
acque superficiali
acque sotterranee
assetto idro-geologico
paesaggio
usi del territorio
qualità dell’abitare/fruibilità della città
patrimonio storico e culturale

Tabella 53. Le componenti ambientali incluse nella definizione del parametro *m* (Marazza *et al.*, 2010)

In questo lavoro, vista la validità dell’utilizzo della sintesi eMergetica (si veda il capitolo 3) per integrare le valutazioni relative al sistema energetico analizzato, si è tentato l’utilizzo di questa sintesi anche per integrare la definizione del parametro ‘*m*’, andando ad attribuire un diverso peso alle componenti ambientali, alla luce del “lavoro della natura” che è necessario a sostenerle e quindi del flusso di eMergia che le sostiene.

In questo modo, all’approccio attualmente già presente nella metodologia, basato su:

- la metodolgia della VIA - Valutazione di Impatto Ambientale, ed in particolare sulle matrici di screening che vi vengono utilizzate (Malcevschi, 1991), e
- la metodologia della valutazione del rischio ambientale, ed in particolare la quantificazione della potenziale perdita, in base alla reversibilità dell'impatto, alla sua estensione spaziale ed al numero di componenti ambientali influenzate, viene affiancata l'analisi eMergetica delle componenti ambientali impattate.

La fondatezza di questo approccio è confermata in Ulgiati *et al.* (2006), dove si ribadisce l'importanza di utilizzare sempre più di un metodo per la valutazione degli impatti ambientali (gli autori si riferiscono al processo di "Life Cycle Assessment" – LCA, ma l'affermazione ha valenza ben più ampia), per evitare di ottenere risultati parziali o contraddittori.

Si rimanda la realizzazione di una vera e propria sintesi eMergetica per ognuna delle componenti ambientali al lavoro da sviluppare come seguito di questa tesi. Qui, più semplicemente, basandosi sulla letteratura esistente, sono stati ricercati valori di "transformity" (Tr) o di densità di eMpower (sej/anno) di sistemi che, più o meno precisamente, corrispondono alle componenti di Tabella 53.

Visto poi che i valori ottenuti in questo modo presentavano unità di misura diverse (sej/persona*anno, sej/J*anno, sej/g*anno, sej/m²*anno), sono stati calcolati i valori estensivi di ciascuna componente ambientale in riferimento a 1 ettaro di territorio, costruito secondo i parametri medi dell'Italia (densità di popolazione, produzione di elettricità, presenza di acque superficiali e sotterranee, produzione di rifiuti, ecc).

I ragionamenti effettuati, i calcoli ed i risultati sono riportati di seguito.

I valori ottenuti rappresentano il tentativo di misurare il valore "globale" delle componenti ambientali. Utilizzando l'eMergia come misura di tale valore, si ottiene una valutazione del lavoro complessivo della natura per sostenere le componenti considerate.

8.1 CLIMA E OZONO STRATOSFERICO

Non sono stati trovati lavori che valutassero direttamente la composizione dell'atmosfera, l'emissione di gas serra o il clima in senso generale.

In Ulgiati e Brown (2002) è invece presente una valutazione dei servizi indiretti della natura necessari per diluire gli inquinanti prodotti da centrali per la produzione di energia elettrica. A partire dal dato relativo ad una centrale alimentata a metano (combustibile più utilizzato in Italia per la produzione di energia elettrica) si è calcolato il valore di per Joule di elettricità, che è stato poi moltiplicato per l'elettricità prodotta, in media, su 1 ettaro di territorio italiano.

Il valore ottenuto in questo modo rappresenta sicuramente una sottostima, prima di tutto perché valuta solamente le emissioni dovute al settore energetico e non a quello dei trasporti e del riscaldamento domestico. Visto che questi 3 settori rappresentano i primi tre emettitori di gas serra, si è attribuito a ciascuno di essi lo stesso peso, e si è quindi ipotizzato che i servizi ambientali indiretti necessari per tutti e 3 i settori siano il triplo di quelli necessari per la sola produzione di energia.

I risultati di questi ragionamenti sono riportati in Tabella 54.

Valore	Unità di misura	Descrizione e Fonte
3.54E+20	sej	Yield impianto a metano 171 MW (Ulgiati e Brown, 2002)
1.73E+05	sej/J	Transformity dell'elettricità (impianto a metano, Ulgiati e Brown, 2002)
2.05E+15	j	Elettricità totale prodotta (impianto a metano, Ulgiati e Brown, 2002)
3.29E+19	sej	Servizi ambientali necessari per diluire gli inquinanti emessi dall'impianto a metano (Ulgiati e Brown, 2002)
1.61E+04	sej/J	Servizi ambientali necessari per diluire gli inquinanti emessi dall'impianto a metano, per Joule di energia prodotto (Ulgiati e Brown, 2002)
8.40E+17	j	Elettricità (esclusa fonte idroelettrica) prodotta in Italia (NEAD - National Environmental Accounting Database, Sahel Project, http://sahel.ees.ufl.edu)
2.86E+10	j	elettricità media / ettaro in Italia
4.59E+14	sej/anno*ettaro	Servizi ambientali indiretti necessari per ettaro in Italia
1.38E+15	sej/anno*ettaro	Servizi ambientali indiretti per ettaro in Italia - produzione di energia, trasporti e riscaldamento

Tabella 54. Calcoli relativi alla componente ambientale "clima"

8.2 QUALITÀ DELL'ARIA

Per la qualità dell'aria, intesa stavolta a livello locale, gli approcci ipotizzati sono stati 2:

- Da un lato, possono essere validi i ragionamenti effettuati per il clima, riportati nel paragrafo precedente;
- Altrimenti, è possibile effettuare un calcolo a partire dalla spesa annuale della Regione Emilia Romagna nell'ambito dell' "Accordo di Programma per la qualità dell'aria", che finanzia azioni finalizzate a diminuire le emissioni inquinanti nel territorio regionale. La spesa può essere convertita, attraverso il rapporto sej/euro presente nel database NEAD, in flusso di eMergia corrispondente. Si ottiene in questo modo il valore di 1.85E+13

sej/persona*anno. Vista la densità media di popolazione sul territorio italiano, per 1 ettaro questo corrisponde a $3.63E+13$ sej/anno*ettaro.

Va però considerato che la spesa pubblica può rappresentare solo una parte di quello che potrebbe essere il “valore complessivo” degli investimenti sull’aria o delle perdite dovute alla sua cattiva qualità (adeguamento tecnologico delle imprese, spese sanitarie per malattie respiratorie, mancato godimento di aree verdi o ricreative.....).

E’ stato quindi deciso di adottare per la qualità dell’aria lo stesso valore calcolato per il clima e ozono troposferico, quindi $1.38E+15$ sej/anno*ettaro.

8.3 QUALITÀ DEI SUOLI

In Cavalett e Ortega (2009) viene riportata la “transformity” per la perdita di suolo, pari a $1.24E+05$ sej/J di suolo perso. A partire da questo dato, ed ipotizzando uno spessore medio del suolo di 1 metro per tutto l’ettaro considerato, si sono ottenuti i valori riportati in Tabella 55.

Valore	Unità di misura	Descrizione e Fonte
1	m	Spessore medio suolo
10000	m ³	Volume suolo
1500	kg/m ³	Peso suolo
$1.50E+10$	g/ettaro	Suolo in lettaro
$4.07E+12$	j/ettaro	Suolo in lettaro
$2.71E+02$	J/grammo	Energia per grammo di suolo (elaborazione su Cavalett e Ortega, 2009)
$5.04E+17$	sej/ettaro	EMergia totale nel suolo

Tabella 55. Calcoli relativi alla componente ambientale “suolo”

8.4 POOL RIFIUTI

Partendo dal quantitativo totale di rifiuti solidi urbani (RSU) prodotti in Italia nel 2007 (ISPRA, 2007) e dalle “transformities” per i rifiuti calcolate in Cherubini *et al.* (2008), si sono ottenuti i valori riportati in Tabella 56.

Valore	Unità di Misura	Descrizione e Fonte
$2.94E+11$	m ²	Superficie dell’Italia
$3.25E+13$	g	Rifiuti solidi urbani prodotti in Italia (ISPRA, 2007)
$1.11E+06$	g	Rifiuti per 1 ettaro
$1.53E+08$	sej/g	“Transformity” rifiuti - media scenari 1, 2, 3 per

		"disposed waste" in Cherubini <i>et al.</i> , 2008
1.69E+14	sej/ettaro*anno	EMergia dei rifiuti per 1 ettaro di territorio italiano

Tabella 56. Calcoli relativi alla componente ambientale “rifiuti”

8.5 SALUTE

Anche per questa componente ambientale, non avendo trovato valori di letteratura adeguati, i calcoli sono stati condotti a partire dal costo sociale della salute, quantificato nella spesa annuale pro capite del Servizio Sanitario Nazionale italiano. A differenza del caso della qualità dell’aria, per la salute si è ritenuto che questa spesa rispecchi in modo più completo l’investimento della società per mantenere in salute la popolazione. Sono probabilmente assenti i danni di mancato godimento, ma il loro inserimento avrebbe comportato un numero eccessivo di supposizioni e stime, e pertanto ci si è limitati alle spese del Servizio Sanitario Nazionale.

I risultati sono mostrati in Tabella 57.

Valore	Unità di misura	Descrizione e Fonte
1,688	Euro/persona*anno	Spesa pro capite del SSN italiano, 2008
1.3755	\$/€	Dollari/euro
2321.8	\$/persona*anno	Dollari
3.90E+12	sej/\$	“EMergy to money ratio” per l’Italia (NEAD)
9.06E+15	sej/persona*anno	
1.77E+16	sej/ettaro*anno	

Tabella 57. Calcoli relativi alla componente ambientale “salute”

8.6 ECOSISTEMI - BIODIVERSITÀ

Secondo il Folio 3 dell’ “Handbook of EMergy Evaluation” (Brown e Bardi, 2001), gli ecosistemi terrestri hanno densità di eMpower rinnovabile nell’intervallo di 4-5E+10 sej/m²*anno. Trattandosi di ecosistemi naturali, posso assumere che i flussi non rinnovabili siano di ordine di grandezza inferiore. Per 1 ettaro, questo corrisponde ad un flusso di eMergia pari a 4.50E+14 sej/ettaro*anno.

8.7 POOL DI RISORSE NON RINNOVABILI

Per valutare l'eMergia corrispondente al pool di risorse non rinnovabili, si sono utilizzati i valori riportati in Brown e Vivas (2005) per diverse categorie di uso del suolo. Queste sono state composte in base alla composizione di uso del suolo della Provincia di Ravenna, per la quale i dati erano disponibili perché già elaborati in questo lavoro (capitolo 3.2.1). Si è così ottenuto un valore medio di $8.28E+12$ sej/m² (Tabella 58), che è stato poi moltiplicato per $1E+4$ per trovare il valore corrispondente ad 1 ettaro, $8.28E+16$ sej/ettaro*anno.

Classi di uso del suolo	Provincia di Ravenna - Anno 2003	m ²	sej/m ²	sej	Land use (Tabella II, Brown e Vivas 2005)
affioramenti litoidi	0.80%	1.49E+07	0	0.00E+00	"natural system"
boschi	8.78%	1.63E+08	0.00E+00	0.00E+00	"natural system"
cespuglieti	1.43%	2.66E+07	8.00E+10	2.13E+18	"woodland pasture with livestock"
coltivazioni arboree	25.21%	4.69E+08	1.07E+12	5.02E+20	"row crops"
corpi e corsi d'acqua e zone umide	5.95%	1.11E+08	0.00E+00	0.00E+00	"natural open water"
seminativi e prati pascoli	48.04%	8.94E+08	6.98E+12	6.24E+21	media tra "improved pasture - low intensity" e "agriculture - high intensity"
urbano residenziale produttivo	8.94%	1.66E+08	5.21E+13	8.66E+21	"Industrial"
zone verdi urbane	0.84%	1.56E+07	6.55E+10	1.02E+18	"Recreational/open space - low intensity"
Superficie complessiva		1.86E+09	8.28E+12	1.54E+22	

Tabella 58. Calcoli relativi alla componente ambientale "risorse non rinnovabili"

8.8 POOL DI RISORSE RINNOVABILI

Dai dati del database NEAD è stato ricavato il flusso annuale di risorse rinnovabili per l'Italia, pari a $6.75E+22$ sej/anno. Questo dato è stato poi scalato per 1 ettaro di territorio medio italiano, ottenendo il valore di $2.30E+15$ sej/ettaro*anno.

8.9 ACQUE SUPERFICIALI

Anche per quanto riguarda le acque superficiali, si è partiti dal dato di eMergia corrispondente alle acque italiane ($6.80E+22$ sej/anno), presente nel database NEAD. Scalando tale quantitativo ad 1 ettaro di territorio medio, si ottiene un flusso di eMergia pari a $2.31E+15$ sej/ettaro*anno

8.10 ACQUE SOTTERRANEE

In Bjorklund *et al.* (2001) è riportato il calcolo per l'energia associata alle acque sotterranee ("groundwater"), che corrisponde a:

quantità d'acqua * densità dell'acqua * energia libera di Gibbs
che corrisponde a 4.93 J/g.

In Emilia Romagna, il quantitativo di acque sotterranee estratto annualmente corrisponde a 651 milioni di metro cubi. L'energia corrispondente è quindi $3.21E+15$ J/anno. Scalando questa quantità dalla superficie della Regione Emilia Romagna ($2.25E+10$ m²) ad 1 ettaro si ottiene un flusso annuale di energia pari a $1.43E+09$ J/ettaro*anno. Applicando la "transformity" di $4.10E+04$ sej/J (Bjorklund *et al.*, 2001) si ottiene un flusso di eMergia pari a $5.86E+13$ sej/ettaro*anno.

8.11 ASSETTO IDRO-GEOLOGICO

Nel Folio#2 dell' "Handbook of EMergy Evaluation" (Odum, 2000), la tabella 8 riporta valori relativi all'eMergia delle parti continentali della geobiosfera. In questa tabella è presente anche la "Land area sustained", o superficie terrestre sostenuta, che corrisponde al budget annuale globale della geobiosfera diviso per l'area delle superfici emerse. Si ottiene un valore di eMergia per ettaro di $1.05E+15$ sej/ettaro*anno. Tale valore è stato utilizzato in questo lavoro per rappresentare l'assetto idro-geologico di un territorio, visto che questo è generato proprio dai processi globali di erosione, trasporto, sedimentazione, cristallizzazione, movimenti della crosta e del mantello.

8.12 PAESAGGIO E USI DEL TERRITORIO

Nel Folio#5 dell' "Handbook of EMergy Evaluation" (Kangas, 2002) sono riportati i calcoli relativi all'eMergia di 9 morfologie del territorio. Se si escludono alcune morfologie particolari,

quali la barriera corallina, l'autore riporta che le transformities medie sono dell'ordine di $1E+10$ sej/J. Le densità di eMpower corrispondenti sono dell'ordine di $1E+11$ sej/m²*anno. Visto che per tutte le altre componenti ambientali considerate per il calcolo del parametro m sono stati calcolati dei valori relativi a flussi annuali, anche in questo caso vengono adottati i valori di flusso annuale e non di stock complessivo presente. Per 1 ettaro, questo corrisponde a $1E+15$ sej/ettaro*anno.

Va riconosciuto che nei concetti di paesaggio e uso del territorio, che con questo valore di eMergia si vorrebbe rappresentare, è fortemente presente l'interazione uomo – ambiente, mentre le morfologie per cui sono presentati i flussi di eMergia in Kangas (2002) sono prevalentemente di tipo naturale.

8.13 QUALITÀ DELL'ABITARE/FRUIBILITÀ DELLA CITTÀ

Anche i concetti di qualità dell'abitare e di fruibilità della città sono di difficile valutazione. Visto che la qualità dell'abitare è in pratica influenzata da tutti i fattori ambientali, economici e sociali, si è ipotizzato di adottare per questa componente l'intero valore medio di eMergia per persona dell'Italia, che è $3.6E+16$ sej/persona*anno (Ascione *et al.*, 2009). In questo modo, tale valore ingloba tutti gli elementi che contribuiscono a definire quella che chiamiamo “qualità della vita”. Anche qui, ci troviamo a dover applicare una forte semplificazione, perché non è necessariamente vero che ad un maggior flusso di eMergia per persona corrisponda una migliore qualità dell'abitare o in generale della vita. Il valore per ettaro, sempre considerando la densità media di popolazione in Italia, è di $7.04E+16$ sej/ettaro*anno.

8.14 PATRIMONIO STORICO E CULTURALE

Nella componente “patrimonio storico e culturale” sono compresi i concetti di cultura ed informazione accumulata. E' inoltre fortemente compreso un concetto di “accumulo” di informazione nel corso del tempo.

Per quanto riguarda l'eMergia della conoscenza, in Odum (1988) sono riportati dei valori di transformities per diversi livelli di educazione (dal livello pre-scolastico al livello di “legacy”). La “transformity” per il livello più alto di conoscenza (legacy, appunto) è $2.05E+09$ sej/J*anno. L'energia per persona è $3.82E+09$ J/persona*anno, sempre da Odum, 1988. Ogni anno, quindi, su un ettaro di territorio con la densità di popolazione dell'Italia, il flusso di eMergia corrispondente al livello più alto di conoscenza è pari a $1.53E+19$ sej/ettaro*anno. Se vogliamo considerare l'accumulo di patrimonio storico e culturale tipico della realtà italiana, dobbiamo moltiplicare il valore annuale per almeno 3000 anni di storia, ottenendo un totale di $4.60E+22$

sej/ettaro. Si tratta in questo caso di uno stock, e non di un flusso annuale. Visto che tutte le altre componenti ambientali sono state valutate in termini annuali, anche in questo caso si è stabilito di utilizzare la stessa dimensione temporale. Il valore di eMergia per questa componente è quindi $1.53E+19$ sej/ettaro*anno.

8.15 RIEPILOGO

Tutti i valori identificati per le componenti ambientali considerate sono mostrati (in scala logaritmica) in Figura 103. In Tabella 59 sono riportati i valori e il loro logaritmo (su base 10).

I valori ottenuti rappresentano il tentativo di misurare il valore “globale” delle componenti ambientali. Utilizzando l’eMergia come misura di tale valore, si ottiene una valutazione del lavoro complessivo della natura per sostenere le componenti considerate.

Si può quindi affermare che, in base ai dati ottenuti, il “patrimonio storico e culturale” è la componente che, per la sua caratteristica di accumulo di conoscenza, ha la storia energetica più lunga, e quindi ha richiesto una maggior concentrazione di lavoro della natura rispetto alle altre componenti. Anche la “qualità dell’abitare” è sostenuta da flussi elevati di eMergia, come pure la “qualità dei suoli”, coerentemente con i lunghi tempi di formazione degli stessi (Bandini, 2005). La componente sostenuta dal flusso di eMergia minore risultano essere le “acque sotterranee”.

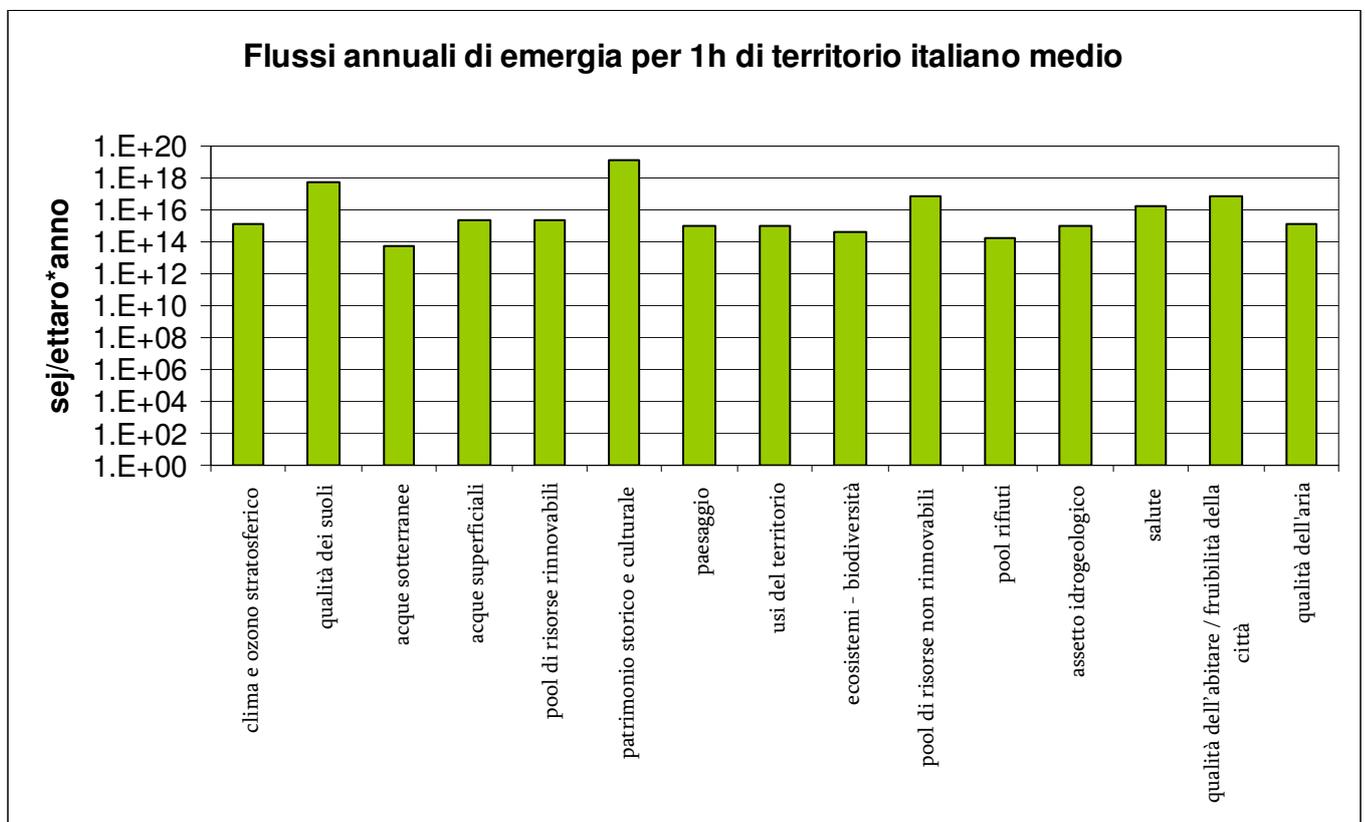


Figura 103. Riepilogo dei flussi annuali di eMergia per le componenti ambientali del parametro “m”

Restano aperte varie riflessioni:

- rispetto all'inserimento nel calcolo del parametro 'm' dei pesi per ogni componente ambientale valutati attraverso i flussi di eMergia, è necessario stabilire che tipo di elaborazione effettuare sui dati (valore logaritmico, sottrazione del minimo, normalizzazione in scala 0-1, ...). Allo scopo di cogliere l'ordine di grandezza delle diverse componenti, una trasformazione logaritmica è necessaria, ma va poi valutato come operare ulteriormente sui dati.

- sempre rispetto all'inserimento nel calcolo del parametro 'm', va ricordato che attualmente questo è determinato da una matrice che incrocia le pressioni ambientali con le componenti ambientali. Per ogni combinazione di pressione e componente, la matrice assegna un valore da 1 a 5 all'interazione, in base alla scala spaziale ed alla scala temporale di reversibilità dell'impatto. Infine, per alcune macro-categorie di attività (agricoltura, industria, trasporti, riscaldamento, rumore, consumo di acqua, ...) vengono identificate le pressioni provocate, e sommati i punteggi di ciascuna colonna (nel caso più pressioni interessino la stessa componente ambientale, si somma solo il valore più alto).

In questo contesto, va stabilito se l'inserimento dei pesi per le componenti, valutati in questo lavoro, debba affiancarsi a o sostituire i pesi 1-5 determinati dalle scale spaziali e temporali degli impatti.

- La formula complessiva per il calcolo della significatività è

$$S = f(c \cdot g) \cdot fe^{(m+i+p)}$$

Il parametro "m", quindi, viene sommato ai parametri "i" e "p" e poi moltiplicato al parametro "fe" ed all'indice G. Va quindi esplorato con attenzione l'effetto di una variazione nella scala dimensionale di "m", che nel metodo originale (Marazza *et al.*, 2010) varia da 2 (per l'inquinamento luminoso) a 44 (per le attività industriali).

Componente ambientale	Sej/anno*ettaro	Log10
clima e ozono stratosferico	1.38E+15	15.14
qualità dei suoli	5.04E+17	17.70
acque sotterranee	5.86E+13	13.77
acque superficiali	2.31E+15	15.36
pool di risorse rinnovabili	2.30E+15	15.36
patrimonio storico e culturale	1.53E+19	19.19
paesaggio	1.00E+15	15.00
usi del territorio	1.00E+15	15.00
ecosistemi - biodiversità	4.50E+14	14.65
pool di risorse non rinnovabili	8.28E+16	16.92
pool rifiuti	1.69E+14	14.23
assetto idrogeologico	1.05E+15	15.02
salute	1.77E+16	16.25
qualità dell'abitare / fruibilità della città	7.04E+16	16.85
qualità dell'aria	1.38E+15	15.14

Tabella 59. Riepilogo dei flussi annuali di eMergia per le componenti ambientali del parametro “m”. Flussi in sej/ettaro*anno

L'integrazione del metodo per la valutazione della significatività degli aspetti ambientali (Marazza *et al.*, 2010) con la modifica del calcolo del parametro “m” basata su una valutazione eMergetica delle componenti ambientali comprese si è rivelata di difficile realizzazione per l'ampiezza delle componenti considerate.

E' stato possibile attribuire un valore di densità di eMpower a ciascuna delle componenti ambientali incluse nel metodo, valutato in sej/ettaro*anno. E' possibile affermare che, per alcune componenti, questo valore è maggiormente rappresentativo, mentre per altre (in particolare “clima e ozono stratosferico”, “salute”, “paesaggio”, “usi del territorio” e “qualità dell'abitare”) è stato necessario introdurre una serie di assunzioni e approssimazioni che inficiano il risultato finale.

Inoltre, in alcuni casi (“clima”, “qualità dell'aria” e “salute”) la valutazione è stata condotta a partire dal costo (monetario o ambientale) necessario a prevenire l'inquinamento atmosferico o a prevenire o curare malattie. Per tutte le altre componenti ambientali, la quantificazione è stata invece basata sul flusso annuale di eMergia che sostiene ciascuna componente, sempre per un territorio ipotetico di 1 ettaro.

Queste problematiche hanno spinto alla decisione di pubblicare, per ora, solamente i valori ottenuti, ma di inserirli all'interno della formula di calcolo del parametro “m” solo una volta verificata la possibilità di migliorare i calcoli per le componenti ambientali discusse qui sopra. Viene quindi rimandata ad un lavoro successivo la valutazione della formula di calcolo più opportuna per inserire i nuovi pesi ottenuti nel calcolo del parametro “m”.

9 APPENDICE B - APPLICAZIONE DEL METODO ECO-MAPPING© IN ISTITUTI SCOLASTICI

Esistono inoltre alcuni strumenti proposti per aiutare le piccole e medie imprese (Small and Medium Enterprises, SME) nell'implementazione di un SGA, considerate le piccole dimensioni e il ridotto numero di addetti. A titolo di esempio, sul sito della Commissione Europea dedicato ad EMAS (<http://ec.europa.eu/environment/emas/toolkit/index.htm>) è presente un "EMAS toolkit for small organizations".

Una proposta interessante arriva anche da Eco-counselling Enterprise ECE (agenzia belga di consulenza che ha lavorato in collaborazione con il DG Ambiente della Commissione Europea) e si chiama Eco-mapping©. Si tratta di un metodo grafico per individuare in modo intuitivo e veloce gli aspetti ambientali di una organizzazione.



Figura 104. Il logo dello strumento Eco-mapping© ed un esempio di mappa.

Il metodo propone di utilizzare delle planimetrie degli edifici e dei siti delle organizzazioni, e di identificare su di esse gli aspetti ambientali, suddivisi nelle seguenti tematiche:

- Collocazione urbana;
- Problemi generali;
- Acqua;
- Suolo;
- Aria, odori, rumore e polveri;
- Energia;
- Rifiuti;
- Rischi.

Eco-mapping© propone di utilizzare simboli diversi (almeno 2) a seconda che l'aspetto sembri di maggiore o minore importanza a chi effettua la valutazione.

Prima della compilazione delle mappe, è proposto anche un "mini-audit" svolto attraverso un questionario da sottoporre ai membri dell'organizzazione.

Nel corso dell'anno 2009, il metodo Eco-mapping© per l'identificazione degli aspetti ambientali è stato applicato in vari istituti scolastici del comprensorio imolese, nell'ambito del programma INFEA (Informazione, formazione ed educazione ambientale) 2008 della regione Emilia Romagna denominato "EcCo-Storie! Ecopratiche quotidiane sostenibili", per un totale di 47 ore e 24 classi.

Mentre il metodo è proposto come strumento per le PMI, il lavoro presentato in questa tesi si è concentrato su istituti scolastici pubblici. Le scuole interessate sono state scuole primarie, secondarie di primo e secondo grado.

Le mappe sono state compilate direttamente dagli studenti delle classi coinvolte, mentre il mini-audit attraverso questionario è stato sottoposto al personale scolastico (dirigenti, docenti, collaboratori scolastici e personale ATA) o a studenti di altre classi.

La mappatura è stata condotta in gruppi di lavoro costituiti da studenti e supportati da un esperto o da un docente. In genere, le classi sono state divise in 4 gruppi di lavoro: mentre 1 si occupava di svolgere alcune interviste per il mini-audit, gli altri 3 compilavano le mappe su 3 tematiche pre-definite: acqua, energia e rifiuti.

I materiali elaborati sono conservati dagli istituti scolastici stessi. In questa tesi si riportano alcune considerazioni riguardo all'esito delle attività svolte:

- Le attività di mappatura delle scuole sono riuscite a coinvolgere molto attivamente gli studenti, evidenziando forti curiosità ed interesse per gli ambienti scolastici, soprattutto per le zone non frequentate abitualmente. L'eco-mappatura della scuola ha avuto un significato molto positivo come lavoro di gruppo per rendere gli studenti maggiormente consapevoli dell'ambiente che li circonda.
- L'associazione di una planimetria della scuola con 1 solo argomento di indagine (acqua, rifiuti o energia) ha reso molto completa la valutazione di tutto quanto si trovava all'interno degli edifici scolastici. E' stato invece quasi sempre impossibile conoscere i consumi complessivi delle scuole, o i quantitativi totali di rifiuti prodotti, perché questi dati spesso non sono conosciuti, o sono conosciuti dall'ente che paga le utenze e che spesso non è l'istituto scolastico, o ancora sarebbero derivabili dalla somma di svariate utenze e servirebbero competenze e tempo per approfondire la questione. Allo stesso modo, è stato possibile indagare i tipi di raccolta differenziata presenti e la qualità della raccolta, ma non il destino dei rifiuti raccolti una volta che questi escono dalla scuola;
- Il metodo dei diversi simboli in base alla gravità degli aspetti ambientali è stato facilmente assimilato dagli studenti, proprio per la sua semplicità ed immediatezza. Va però sottolineato che il giudizio sull'importanza degli aspetti è, in questo caso, del tutto soggettivo;
- Il progetto "EcCo-Storie!" prevedeva, una volta elaborate le eco-mappe, di procedere a definire e poi attuare un Piano di Miglioramento, in modo tale da applicare un vero e proprio

SGA, anche se semplificato e non codificato, agli istituti scolastici. Questo obiettivo è andato completamente fallito, per molteplici ragioni legate alla natura stessa delle organizzazioni coinvolte: prima di tutto, la natura annuale del progetto e delle attività scolastiche ha fatto sì che non ci fosse il tempo, in un solo anno scolastico, da dedicare al Piano di Miglioramento. L'anno scolastico successivo, al cambiamento di insegnanti e classi, non è stato possibile riprendere le attività. Anche nelle classi dove si è tentato di ipotizzare delle azioni di miglioramento, si trattava perlopiù di azioni su aspetti ambientali indiretti, visto che gli studenti delle classi non possono fare molto altro che modificare i propri comportamenti individuali; azioni strutturali su infissi, termostati, lampade, dotazioni di sacchi per la raccolta differenziata o organizzazione di servizi di smaltimento non competono alle classi, anzi spesso nemmeno al dirigente scolastico, bensì alla Provincia o Comune che gestisce l'edificio. Risulta quindi evidente che, per riuscire a portare avanti tutto il ciclo di miglioramento PDCA, non è sufficiente il coinvolgimento di poche classi per un solo anno scolastico, ma serve un progetto coordinato a livello centrale (ad esempio da un gruppo di docenti o di docenti e segretari) e pluriennale, a cui le classi o i singoli studenti partecipino attivamente, ma non come unici attori.

Per concludere, l'utilizzo dello strumento Eco-Mapping© in attività di educazione ambientale presso le scuole, per l'identificazione degli aspetti ambientali, si è rivelato molto positivo e appropriato, pur essendo stato ideato per l'applicazione di SGA semplificati alle piccole e medie imprese.