



La contabilità delle emissioni dei gas ad effetto serra a livello locale: le emissioni regionali di CO₂

La metodologia ENEA per la stima delle emissioni regionali di CO₂ rappresenta un possibile supporto alle amministrazioni regionali nelle scelte energetiche e nella messa in atto di politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici

■ Erika Mancuso

Introduzione

Il percorso metodologico per stimare le emissioni di gas ad effetto serra a livello locale potrebbe, all'apparenza, ritenersi alquanto semplice, in quanto si basa sul diretto rapporto tra i consumi energetici della scala locale scelta, e i fattori di emissione specifici per le attività sorgenti. In realtà, esso presenta non poche difficoltà legate sia alla definizione dei fattori emissivi relativi alle specifiche attività individuate, sia alla reperibilità dei dati per i necessari livelli di aggregazione territoriale. Si può senz'altro affermare che vale il principio secondo cui, più "si scende" di livello territoriale, maggiore è la difficoltà di riuscire a reperire i dati necessari alla valutazione e, quindi, maggiori sono i costi della valutazione.

Altro fattore che concorre alla disomogeneità dei dati locali sulle emissioni è l'obbligatorietà: la legislazione, infatti, non fornisce delle indicazioni specifiche, ad esempio per il livello territoriale regionale. D'altro canto, le Regioni, tanto vantano un ruolo progressivamente importante nell'ormai avviato e noto processo di decentramento della politica energetica, quanto risentono degli obblighi di comunicazione delle emissioni derivan-

ti dagli obblighi, prima nazionali e poi internazionali. Questo processo "a cascata", fa sì che le Regioni prendano volontariamente parte attiva nelle politiche di elaborazione e comunicazione dei gas ad effetto serra. Di conseguenza, per la stima delle emissioni a livello regionale, diviene importante che venga rispettato un impianto coerente con le politiche, le misure, gli strumenti e gli obiettivi disegnati per i livelli territoriali superiori. Il presente articolo fa riferimento ai dati al 2006 pubblicati nel Rapporto 2010, disponibile sul sito dell'ENEA¹.

Le metodologie di stima delle emissioni a livello locale

A seconda della tipologia di dati ed informazioni disponibili, nonché del loro grado di accuratezza e del livello di disaggregazione, esistono due modalità di approccio alla stima delle emissioni a livello locale: il censimento e l'inventario.

Il primo è caratterizzato dalla disponibilità di dati specificamente rilevati tramite contatti diretti o indagini presso le aziende. Il secondo, invece, consiste in un'operazione specifica di raccolta di dati basati su stime, cioè su quantificazioni numeriche di dati non sempre rilevabili direttamente.

Il primo passo per giungere a definire un inventario è rappresentato dalla classificazione delle tipologie di

■ Erika Mancuso
ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

emissioni. Più precisamente, considerando le emissioni soltanto riguardo alla tipologia di sorgente, le stesse possono essere suddivise in "diffuse" e "puntuali". Le emissioni diffuse, cioè distribuite sul territorio, sono stimate attraverso l'uso di opportuni indicatori e fattori di emissione. Per le emissioni puntuali è necessario procedere ad analisi di dettaglio che provengono dai questionari inviati alle aziende e dalle autorizzazioni rilasciate per legge². Complicazione ulteriore sorge quando le sorgenti possono essere allo stesso tempo sia puntuali sia areali, e occorre prima fare una scelta nella classificazione per poi scegliere la metodologia più accurata per la stima delle stesse.

Gli approcci metodologici, in genere, sono due: quello *bottom-up*, cioè dal basso verso l'alto, e quello inverso *top-down*; accanto a questi vi sono poi i cosiddetti approcci misti, che contengono, cioè, elementi dell'uno e dell'altro.

Una volta classificate le emissioni e scelto, di conseguenza, il tipo di approccio per l'inventario, la stima delle emissioni può essere effettuata sulla base di un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente e di un fattore di emissione specifico, relativo al tipo di sorgente, al processo industriale e alla tecnologia adottata.

Questo metodo si basa dunque su una relazione lineare fra l'attività della sorgente e l'emissione, secondo una relazione che a livello generale può essere ricondotta alla seguente:

$$E_i = A \cdot FE_i$$

dove:

E_i = emissione dell'inquinante i (t/anno); A = indicatore dell'attività, ad es. quantità prodotta, consumo di combustibile (t/anno); FE_i = fattore di emissione dell'inquinante i (g/t di prodotto).

Per i fattori di emissione esiste un'ampia letteratura di riferimento che tuttavia non esclude l'eventualità di svilupparne, laddove necessario, altri più specifici e più aderenti alle realtà nazionali o locali. Una buona guida per ridurre al minimo l'incertezza sui risultati è la guida dell'IPCC³ che propone un vero e proprio controllo e assicurazione di qualità dell'inventario, in fatto di incertezza.

La metodologia Enea per stimare le emissioni di anidride carbonica su scala regionale si basa sui dati contenuti nei BER (Bilanci Energetici Regionali), che a loro

volta sono forniti dal Sistema Informativo Economico Regionale (SIER). Le stime vengono, poi, effettuate con un criterio di calcolo che utilizza i consumi energetici e una serie di fattori specifici, che afferiscono al settore energetico. I fattori di emissione utilizzati, nel presente studio, sono dati medi nazionali impiegati nel progetto Corinair⁴. Il periodo analizzato è la serie storica dal 1990, anno di riferimento per le riduzioni di CO₂ del Protocollo di Kyoto, al 2006, anno ultimo di aggiornamento dei dati del SIER, elaborati da ENEA.

I dati ottenuti sono coerenti con i dati totali⁵ dell'inventario nazionale, ufficialmente comunicato all'UNFCCC, e con il format di calcolo CRF (*Common Reporting Format*) valido per l'inventario dei gas serra a livello nazionale nel settore *Energy*. Infine va rilevato che, rispetto all'inventario elaborato da ISPRA, la metodologia ENEA utilizza una classificazione dei settori differente, più disaggregata nel settore energetico e negli usi finali, e segue gli aggiornamenti del Bilancio Energetico Nazionale (BEN).

Le emissioni regionali di CO₂

In base alla metodologia descritta vengono presentate, in tabella 1, le emissioni regionali di anidride carbonica derivanti dal sistema energetico per ciascuna Regione, estraendo dalla serie regionale gli anni più significativi: il 1990, e dal 2000 al 2006.

Analizzando la serie delle emissioni emerge come, a livello nazionale, si sia passati da un valore di circa 411 milioni di tonnellate di CO₂ nel 1990, a 464 milioni di tonnellate di CO₂ nel 2006. Si tratta di un aumento complessivo del 12,7%, dovuto ad un congruo contributo di alcune Regioni. Al 2006 il contributo più alto di emissioni in valore assoluto è dato dalla Lombardia con 78.351 kt, dalla Puglia con 61.017 kt e dall'Emilia Romagna con 40.927 kt, seguite dal Veneto con 37.749 kt. Le stesse Regioni riportavano i valori più alti, sia nell'anno precedente (2005) sia nell'anno base (1990), insieme a Lazio e Sicilia.

Per verificare l'esercizio di stima delle emissioni regionali così ricavate, si ritiene un passaggio validante il confronto con i valori delle emissioni del totale Italia, rispetto ai valori delle emissioni di CO₂ nazionali ufficiali.

Come riferimento si considera il NIR (*National Inventory*

	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Piemonte	24.823	30.320	30.303	29.268	31.010	30.882	32.120	31.416
Valle d'Aosta	1.090	960	960	1.067	1.098	1.268	1.815	1.606
Lombardia	65.339	69.293	69.093	66.647	69.742	72.798	74.690	78.351
Trentino A.A.	4.876	5.970	5.927	5.738	5.848	6.218	6.309	6.713
Veneto	37.298	43.549	43.894	43.816	42.535	41.929	38.991	37.749
Friuli Venezia G.	10.123	12.508	13.349	13.263	14.223	13.188	13.270	13.405
Liguria	23.587	18.830	19.874	19.374	19.165	20.081	18.834	17.523
Emilia Romagna	33.778	35.331	34.973	36.961	41.701	44.357	43.407	40.927
Toscana	29.910	33.095	32.800	33.113	32.951	33.570	33.374	33.192
Umbria	5.724	7.526	7.628	7.448	8.855	9.154	8.986	9.003
Marche	6.853	8.240	7.765	8.710	8.688	8.867	10.149	8.897
Lazio	35.595	40.186	39.488	41.810	42.512	38.166	38.252	36.377
Abruzzo	5.308	6.857	7.130	6.934	8.172	7.790	7.230	7.510
Molise	1.695	2.036	1.861	2.045	2.030	2.233	2.183	3.015
Campania	19.457	17.117	16.916	16.933	17.564	17.644	17.664	17.374
Puglia	44.498	47.348	46.851	46.543	50.762	55.506	58.372	61.017
Basilicata	2.231	3.066	2.907	3.250	3.295	3.625	3.180	3.418
Calabria	9.408	8.255	8.720	8.149	9.578	8.730	8.624	9.445
Sicilia	35.806	36.461	36.600	35.544	36.630	33.281	31.733	30.428
Sardegna	14.496	15.724	14.912	13.326	15.171	17.048	16.078	16.813
Totale	411.895	442.673	441.951	439.937	461.532	466.336	465.262	464.179

TABELLA 1 Emissioni regionali di CO₂ dal sistema energetico
Fonte: ENEA

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	CO ₂ equivalent (Gg)								
1. Energy	418.945	450.722	455.290	457.264	471.623	473.756	474.506	469.586	458.673
2. Industrial Processes	36.467	34.903	36.946	37.040	38.232	40.522	40.367	35.916	36.296
3. Solvent and Other Product Use	2.394	2.285	2.211	2.219	2.167	2.144	2.139	2.147	2.133
4. Agriculture	40.576	39.940	38.954	38.250	38.102	37.917	37.242	36.627	37.210
5. Land Use, L.U Change, Forestry	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	67.493	79.230	92.611	95.649	126.798	91.840	95.336	89.804	70.910
6. Waste	17.936	21.659	21.545	20.973	20.283	19.475	19.432	18.707	18.459
Total (including LULUCF)	448.825	470.279	462.335	460.096	443.608	481.975	478.349	473.178	481.862

TABELLA 2 Emissioni nazionali di gas serra
Fonte: ISPRA, 2010

Report), l'inventario nazionale ufficialmente comunicato ogni anno all'UNFCCC⁶, ed in particolare il CRF, che riporta i valori dei gas ad effetto serra fino al 2007.

Dalla tabella 2, che riporta i settori sorgente e il valore dei gas in CO₂ equivalente, si evince inoltre che il settore *Energy* è quello con il maggiore rilascio di gas serra.

Per l'anno 2006, il valore totale nel settore *Energy* è pari a 469 Mt di CO₂ equivalente; si ritiene questo valore sufficientemente coerente con la stima effettuata, che riporta un valore di 464 Mt di CO₂.

È pacifico sostenere che la stima delle emissioni regionali di CO₂ secondo la metodologia ENEA risulta oltre che confrontabile, anche consistente, poiché copre il settore maggiormente responsabile dell'effetto serra, come mostra la tabella 2.

Le emissioni di CO₂ per settore d'impiego e per fonte energetica

Per quanto riguarda le emissioni del sistema energetico, per ciascun settore economico si è proceduto ad una contabilizzazione della CO₂ emessa per ciascun settore produttivo. Nella tabella 3, per il settore *Energia* si intende la produzione di energia elettrica, quella di calore da centrali, carbonaie, la produzione di calore nelle raffinerie e si includono i consumi e le perdite del settore. Il settore *Industria*, invece, comprende le seguenti attività industriali: estrattiva, agroalimentare, tessile e abbigliamento, produzione della carta, chimica e petrolchimica, produzione di materiale da costruzione, vetro e ceramica, siderurgia e metalli non ferrosi, meccanica, manifatturiera, costruzioni. Il settore *Trasporti* ri-

	Energia		Trasporti		Civile		Industria		Agricoltura		Totale	
	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%
Piemonte	6.355	20%	8.510	27%	7.165	23%	8.858	28%	528	2%	31.416	7%
Valle d'Aosta	2	0%	701	44%	793	49%	90	6%	19	1%	1.606	0,3%
Lombardia	20.475	26%	21.080	27%	20.340	26%	15.336	20%	1.120	1%	78.351	17%
Trentino A.A.	221	3%	2.861	43%	2.454	37%	1.032	15%	145	2%	6.713	1%
Veneto	10.755	28%	10.455	28%	8.648	23%	7.208	19%	684	2%	37.749	8%
Friuli Venezia G.	6.200	46%	2.393	18%	2.179	16%	2.523	19%	110	1%	13.405	3%
Liguria	11.430	65%	2.920	17%	2.351	13%	746	4%	77	0,4%	17.523	4%
Emilia Romagna	8.722	21%	12.561	31%	8.527	21%	10.047	25%	1.069	3%	40.927	9%
Toscana	9.990	30%	8.412	25%	8.569	26%	5.808	17%	413	1%	33.192	7%
Umbria	2.317	26%	2.227	25%	2.290	25%	2.046	23%	122	1%	9.003	2%
Marche	1.187	13%	3.845	43%	2.533	28%	1.035	12%	297	3%	8.897	2%
Lazio	11.298	31%	15.010	41%	7.471	21%	2.016	6%	582	2%	36.377	8%
Abruzzo	1.202	16%	2.976	40%	1.490	20%	1.574	21%	268	4%	7.510	2%
Molise	1.120	37%	614	20%	862	29%	343	11%	75	2%	3.015	1%
Campania	1.565	9%	8.674	50%	3.678	21%	2.967	17%	490	3%	17.374	4%
Puglia	34.029	56%	7.089	12%	3.182	5%	15.785	26%	932	2%	61.017	13%
Basilicata	538	16%	953	28%	1.434	42%	345	10%	149	4%	3.418	1%
Calabria	3.097	33%	3.259	35%	2.095	22%	737	8%	257	3%	9.445	2%
Sicilia	14.586	48%	8.788	29%	3.123	10%	3.334	11%	598	2%	30.428	7%
Sardegna	8.576	51%	3.961	24%	1.341	8%	2.684	16%	251	1%	16.813	4%
Italia	153.666	33%	127.290	27%	90.526	20%	84.514	18%	8.183	2%	464.179	100%

TABELLA 3 Emissioni regionali di CO₂ per settori. Anno 2006
Fonte: ENEA

	Emissioni (kt)	Produzione energia elettrica (GWh)	Indicatore tCO ₂ /MWh
Piemonte	6.354,8	15.271,3	0,42
Valle d'Aosta	2,4	3,1	0,76
Lombardia	20.475,5	50.065,4	0,41
Trentino A.A.	221,0	554,8	0,40
Veneto	10.754,5	16.769,0	0,64
Friuli Venezia G.	6.199,7	9.198,9	0,67
Liguria	11.429,9	11.220,1	1,02
Emilia Romagna	8.722,4	23.938,6	0,36
Toscana	9.990,3	12.440,9	0,80
Umbria	2.317,3	4.504,7	0,51
Marche	1.186,7	3.482,7	0,34
Lazio	11.297,7	21.880,4	0,52
Abruzzo	1.201,6	3.025,8	0,40
Molise	1.120,3	2.822,8	0,40
Campania	1.565,3	3.089,8	0,51
Puglia	34.029,4	36.514,4	0,93
Basilicata	537,7	1.155,2	0,47
Calabria	3.097,1	7.922,4	0,39
Sicilia	14.585,7	23.584,1	0,62
Sardegna	8.576,4	13.715,1	0,63

TABELLA 4 Regioni: indicatore di emissioni di CO₂ per MWh prodotti. Anno 2006

Fonte: elaborazioni ENEA su dati Terna

guarda i trasporti stradali sia urbani che extraurbani, la navigazione marittima ed il trasporto aereo nazionale. Il settore Civile comprende i sottosectori: Residenziale/ domestico, Terziario e Pubblica Amministrazione. Infine, il settore Agricoltura riguarda le emissioni derivanti dai consumi di combustibile dell'agricoltura, della silvicoltura e della pesca.

Come si evince dalla tabella 3 per l'anno 2006, il settore Energia è quello che, a livello complessivo, registra il maggiore quantitativo di anidride carbonica emessa, pari al 33%, e le Regioni con valori percentuali più alti sono: Liguria, Sardegna, Sicilia e Puglia. Viceversa, il Trentino Alto Adige e la Valle d'Aosta rilasciano i più bassi quantitativi di CO₂ anche in conseguenza di una maggiore produzione locale di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Va rilevato che in molte Regioni i valori bassi delle emissioni non sono necessariamente dovuti a scelte energetiche virtuose, ma ad approvvigionamenti energetici dall'esterno, cioè da altre Regioni o dall'estero. La criticità di un approccio regionale al calcolo delle emissioni risiede proprio nella difficoltà di ripartire le emissioni in base ad una porzione regionale rispetto ad un servizio fruito poi a livello nazionale. L'esempio tipico è la Puglia, dove il settore Energia risente delle elevate emissioni dovute alla produzione di energia elettrica che non viene utilizzata nella Regione, ma esportata fuori dai confini regionali. Gli indicatori di cui alla tabella 4 chiariscono meglio questo particolare aspetto. Il settore Trasporti è il secondo per rilascio di CO₂, con il 27% in totale. Fatto salvo quanto precedentemente detto per il settore Energia, le Regioni quali Campania,

	Popolazioni (abitanti)	PIL (M€ valore ai prezzi correnti)	Emissioni (kt)	Emissioni pro capite (t/ab)	PIL pro-capite (Euro/ab.)
Piemonte	4.341.733	120.502	31.416	7,24	27,75
Valle D'Aosta	123.978	4.055	1.606	12,95	32,70
Lombardia	9.475.202	307.718	78.351	8,27	32,48
Trentino Alto Adige	985.128	30.954	6.713	6,81	31,42
Veneto	4.738.313	139.192	37.749	7,97	29,38
Friuli Venezia Giulia	1.208.278	33.974	13.405	11,09	28,12
Liguria	1.610.134	40.984	17.523	10,88	25,45
Emilia Romagna	4.187.557	130.456	40.927	9,77	31,15
Toscana	3.619.872	100.160	33.192	9,17	27,67
Umbria	867.878	20.650	9.003	10,37	23,79
Marche	1.528.809	39.302	8.897	5,82	25,71
Lazio	5.304.778	159.764	36.377	6,86	30,12
Abruzzo	1.305.307	27.334	7.510	5,75	20,94
Molise	320.907	6.090	3.015	9,40	18,98
Campania	5.790.929	94.817	17.374	3,00	16,37
Puglia	4.071.518	67.992	61.017	14,99	16,70
Basilicata	594.086	10.684	3.418	5,75	17,98
Calabria	2.004.415	32.976	9.445	4,71	16,45
Sicilia	5.017.212	83.899	30.428	6,06	16,72
Sardegna	1.655.677	32.572	16.813	10,15	19,67
Italia	58.751.711	1.484.073	464.179	7,90	25,26

TABELLA 5 Indicatori regionali su popolazioni e PIL regionali
Fonte: elaborazioni ENEA su dati Istat

Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige, Marche sono quelle a più elevate emissioni nei trasporti o meglio (tenuto conto di come i dati sono stati ricavati) del più alto utilizzo di prodotti petroliferi per autotrazione.

Il settore Civile, con il 20% sul totale Italia, è invece un settore significativo per rilascio di CO₂ nel caso della Valle d'Aosta, dove col 49% rappresenta il settore più inquinante, e della Basilicata con il 42%. Il Trentino rilascia il 37% delle proprie emissioni in questo settore, similmente alla Valle d'Aosta, e come, in genere, le altre Regioni del Nord Italia, dove i consumi per riscaldamento domestico sono, in genere, maggiori. Casi particolari sono il Molise e le Marche, le cui emissioni nel settore civile sono persino superiori a quelle rilasciate nel settore trasporti, molto probabilmente per motivi di riscaldamento domestico.

Al settore Industria è attribuibile il 18% delle emissioni nazionali, una percentuale che incide quanto il settore civile. Nella formazione del dato dell'industria il maggiore peso deriva dalle seguenti Regioni: Piemonte col 28%, dove il settore industriale è il maggiore per CO₂ rilasciata, Puglia col 26%, secondo al solo settore Termoelettrico, ed Emilia Romagna col 25%.

È utile a questo punto "leggere" le emissioni regionali rispetto alle popolazioni, per "calibrare" i quantitativi emissivi; nella tabella che segue viene riportato, in aggiunta, il reddito pro-capite regionale, come riferimento di "equità interregionale".

Se si osservano gli stessi quantitativi emissivi dal lato della fonte energetica (figura 1) si nota molta disomogeneità tra le Regioni, proprio perché le emissioni rispecchiano il mix energetico prescelto. Il Piemonte,

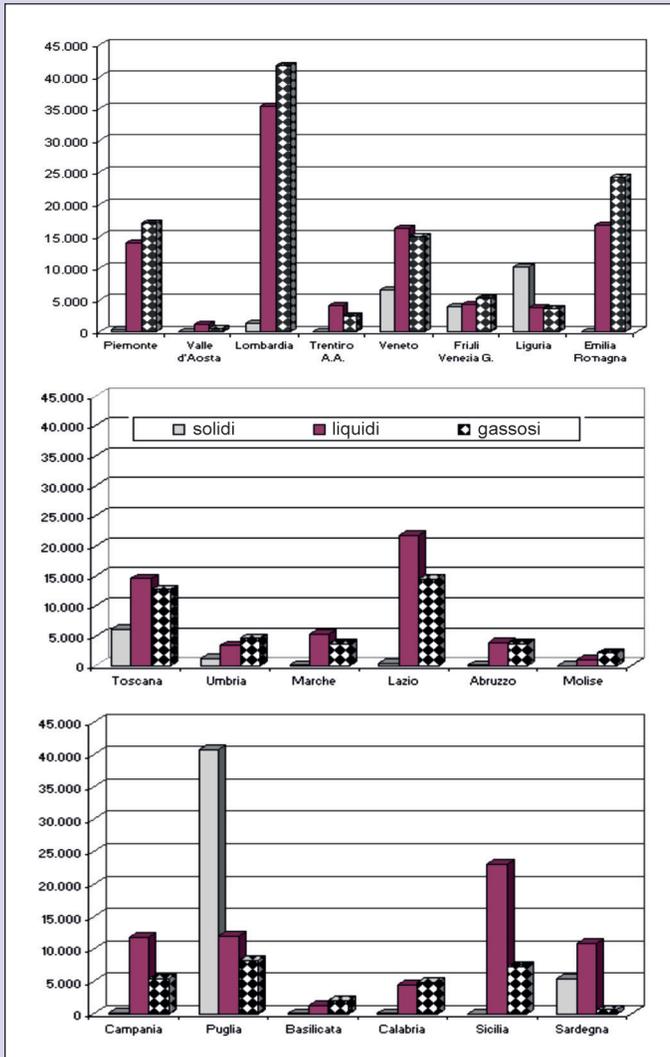


FIGURA 1 Emissioni regionali di CO₂ per fonte energetica. Anno 2006
Fonte: ENEA

la Lombardia e l'Emilia Romagna registrano emissioni prevalentemente derivanti da fonte gassosa. Anche in Calabria e in Basilicata le emissioni maggiori sono dovute al gas naturale: in genere in tutte le altre Regioni, dove non è la più inquinante, questa è sempre la seconda fonte.

Le emissioni di CO₂ da fonte liquida sono preponderanti in Trentino, Veneto, Toscana, Marche, Lazio, Campania, Sicilia e Sardegna. In Puglia e in Liguria le emissioni

di CO₂ emesse da fonti solide sono le maggiori; nella prima svettano vistosamente.

Conclusioni

Elaborare una contabilizzazione delle emissioni a livello regionale, come è stato illustrato, è un compito che incontra molteplici problematiche: la maggiore risiede nel fatto che non esiste una metodologia unica e condivisa, che a livello centrale elabori un inventario puntuale e con cadenza annuale per le Regioni. ENEA potrebbe fornire un contributo utile all'explicitazione di questo delicato compito, come agenzia istituzionalmente preposta al supporto delle politiche energetiche regionali. Seppur non investita di questo incarico vanta la disponibilità di dati puntuali, quali quelli censiti dal *database* del sistema energetico regionale (Sier), sui quali è possibile stimare le emissioni a livello regionale.

Le analisi condotte in questo studio mettono in evidenza i due lati della medaglia energetica: il lato delle fonti energetiche impiegate, e il lato dei settori di impiego. In questo modo, si ottiene una base dati sufficientemente affidabile, che può consentire alle Amministrazioni regionali di avere una rappresentazione più chiara delle proprie emissioni, ai fini delle loro scelte regionali in campo energetico.

ENEA, che pubblica ogni anno il Rapporto Regionale, arrivato attualmente alla sua terza edizione, con un solo anno di ritardo rispetto l'aggiornamento del BEN (Bilancio Energetico Nazionale), può fornire l'aiuto ed il supporto necessario sia nei confronti delle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici, sia nella ripartizione fra le Regioni degli impegni di mitigazione sottoscritti a livello internazionale dall'Italia. ●

note

1. (http://www.enea.it/produzione_scientifica/pdf_volumi/V2010_04-InventarioEmissioniGas.pdf)
2. in base al DPR 203/88 e successivi (DPR 25 luglio 1991) e varie leggi regionali.
3. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG inventories* (IPCC, 2000).
4. Valori medi Nazionali su dati Progetto CORINAIR 1995 da elaborazioni ISPRA.
5. Totale che fa riferimento al settore *Energy* delle tavole CRF dell'inventario nazionale, comunicato all'UNFCCC.
6. *GHG inventories (Annex I) e Common Reporting Format*, anno 2009.