

## Introduzione

Uno degli obiettivi prioritari della politica energetica europea riguarda, ormai da più di un decennio, l'incentivazione e lo sviluppo dei processi rivolti alla riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra.

Ciò anche al fine di attuare operativamente gli impegni sanciti dal protocollo di Kyoto, firmato nel dicembre 1997, ma in vigore dal 16 febbraio 2005, che impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'Est europeo) a ridurre complessivamente del 5,2% le principali emissioni antropogeniche di gas di serra entro il 2012.

Per queste ragioni la Comunità Europea ha intrapreso iniziative mirate a ridurre i consumi energetici di combustibili fossili, principali responsabili delle emissioni di gas di serra, promuovendo azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali ed adottando misure per incentivare l'impiego di fonti rinnovabili di energia nell'ottica di contribuire, almeno parzialmente, al soddisfacimento della domanda energetica.

Le azioni intraprese si sono esplicitate principalmente attraverso:

- redazione di corpi legislativi
- interventi su logiche di mercato (promozione dell'innovazione tecnologica, finanziamenti per iniziative di ricerca e sviluppo, formazioni ed informazione, etc.).

Uno degli obiettivi primari che la Comunità Europea si è posta è stato, in particolare, quello di redigere Direttive specificamente orientate a correlare tre aspetti:

- l'efficienza energetica;
- i fabbisogni energetici;
- i servizi energia.

A tale riguardo va del resto ricordato che, con l'approvazione e la firma della Carta di Aalborg, in concomitanza della Conferenza europea sulle città sostenibili, che si è svolta ad Aalborg, Danimarca, dal 24 al 27 maggio 1994, le città e le regioni europee si sono impegnate ad attuare l'Agenda 21 a livello locale e ad elaborare piani d'azione a lungo termine per uno sviluppo durevole e sostenibile delle città stesse.

Nel 2008 la Commissione europea ha anche lanciato il Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors), iniziativa aperta alle città europee di ogni dimensione, con la finalità di coinvolgere gli Amministratori pubblici e i cittadini nello sviluppo della politica energetica dell'Unione europea.

Il Patto consiste nell'impegno delle città firmatarie ad andare oltre gli obiettivi della UE per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> con misure di efficienza energetica e azioni collegate allo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili. L'obiettivo minimo consiste nel ridurre del 20% le emissioni di gas serra entro il 2020.

Il Patto dei Sindaci impegna i Comuni firmatari a raggiungere nel proprio territorio gli

obiettivi comunitari 20/20/20. Questo impegno si concretizza nella riduzione delle emissioni di gas serra del 20% entro il 2020 rispetto ad un anno di riferimento a scelta da parte dei Comuni che dovrebbero individuarlo in base alle informazioni disponibili e valorizzando eventuali loro programmi d'azione precedenti. Viene consigliato di fare riferimento al 2005.

Il raggiungimento degli obiettivi 20/20/20 è relativo ai settori in cui i Comuni hanno una possibilità concreta e significativa di intervento e sono quindi allo stato attuale riferiti agli usi energetici finali. Il Patto dei Sindaci prevede la pianificazione ed interventi sul territorio di competenza dell'Amministrazione Comunale, esso pertanto è focalizzato sulla riduzione delle emissioni e la riduzione dei consumi finali di energia sia nel settore pubblico che privato; è evidente tuttavia come il settore pubblico, ed in particolare il patrimonio comunale, debba giocare un ruolo trainante ed esemplare per il recepimento di queste politiche energetiche.

Affinchè le politiche energetiche possano diventare azioni concrete è necessario partire dalla conoscenza approfondita del territorio su cui si va ad agire. Uno tra i più efficaci strumenti di conoscenza è rappresentato dall'inventario (o dal bilancio) delle emissioni di cui un Ente territoriale può dotarsi.

Per la compilazione di questo documento sono possibili diverse metodologie. Tra tutte, ormai da anni, a partire dalla prima redazione del 1996, fino all'ultima revisione del 2006, sono validate e riconosciute a livello internazionale le Linee Guida dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Esse sono state messe a punto in ambito UNFCCC dal Comitato Intergovernativo e attualmente rappresentano la metodologia più accreditata per la redazione degli inventari di gas serra fra i Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto.

In quest'ambito, questo lavoro di Tesi, ha avuto come obiettivo la stesura di un documento, riferito al 2009, contenente la valutazione qualitativa e quantitativa dei gas serra emessi dai vari settori produttivi (inventario delle emissioni) presenti sul territorio del Comune di Reggio Calabria e la determinazione della capacità di assorbimento degli stessi gas da parte delle risorse naturali presenti (es. la vegetazione) secondo metodologie di calcolo internazionalmente riconosciute. Tale documento prende il nome di "Bilancio dei gas serra". La sua elaborazione è stata supportata dalla scelta, effettuata da parte dello stesso Comune, di dotarsi volontariamente di tale strumento conoscitivo per valutare il grado di sostenibilità del proprio territorio.

Un bilancio dei gas serra consiste, dunque, in una serie organizzata di dati relativi alle quantità di gas serra introdotte e rimosse dall'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche e costituisce un caso particolare di inventario delle emissioni, strumento utilizzato per monitorare la qualità dell'aria e pianificare interventi di abbattimento degli inquinanti atmosferici, sia in ambito industriale che urbano.

Tuttavia mentre gli scopi di un generico inventario sono legati ad obiettivi di qualità dell'aria e ad impatti locali degli inquinanti, un Bilancio dei gas serra non si propone

obiettivi puramente locali, ma si prefigge lo scopo di quantificare le responsabilità di un territorio rispetto ad un problema globale come i cambiamenti climatici, in vista di possibili miglioramenti.

Nello studio condotto tra i gas serra regolamentati dal Protocollo di Kyoto ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC e  $\text{SF}_6$ ) sono state analizzate solo le emissioni di biossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e protossido d'azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) per la mancanza di forti settori industriali nel campo dell'elettronica, principali cause di emissione dei gas fluorurati (HFC, PFC,  $\text{SF}_6$ ).

Esso ha consentito quindi di definire un quadro conoscitivo generale dello stato delle emissioni di  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  del Comune di Reggio Calabria, da cui individuare i settori di maggiore incidenza e quello sui quali è possibile intervenire nel breve e nel lungo termine.

Alla luce dei risultati ottenuti si sono avanzate due ipotesi utili ad accrescere il livello di sostenibilità del Comune, ovvero a "bilanciare" meglio il rapporto tra le emissioni lorde del territorio e il grado di abbattimento delle stesse: la prima riguarda la possibilità di intervenire sull'aumento della capacità di assorbimento del sistema naturale del Comune di Reggio Calabria, con la proposta di interventi di compensazione, la seconda è inerente il settore civile, in particolare il residenziale, ove sono stati presentati pacchetti di possibili interventi di "riqualificazione energetica" con i quali si possono ottenere sensibili riduzioni delle emissioni di gas serra.





# Capitolo 1. I cambiamenti climatici e le emissioni di gas serra

## 1.1 Introduzione

Secondo la definizione dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) per *cambiamento climatico* si intende una modificazione dello stato del clima che può essere individuata (ad esempio utilizzando test statistici) da cambiamenti medi e/o dalla variabilità (per cause naturali o antropogeniche) delle proprietà del clima stesso, e che persiste per un lungo periodo, tipicamente per decenni o più a lungo.

Tale definizione differisce da quella della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), per la quale il termine cambiamento climatico si riferisce a un cambiamento di clima attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana, che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si aggiunge alle variabilità naturale del clima osservata in periodi di tempo comparabili.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) fu fondato nel 1988, in concomitanza della Conferenza di Toronto, con lo scopo di attuare il monitoraggio del clima, dell'impatto economico, sociale e ambientale dei cambiamenti climatici, e per la definizione di possibili strategie. Esso è formato da due organismi delle Nazioni Unite, la World Meteorological Organization (WMO) e l'United Nations Environment Programme (UNEP), e rappresenta il Foro scientifico che studia gli effetti sul pianeta dei cambiamenti climatici ed il riscaldamento globale, diffondendo periodici rapporti di valutazione, gli *Assessment Report*.

Nel suo Fourth Assessment Report (IPCC, 2007), ad esempio, l'IPCC fornisce un'accurata descrizione del sistema climatico e dell'incidenza delle attività antropiche sul sistema climatico stesso, evidenziando che, per raggiungere differenti gradi di stabilizzazione in atmosfera delle concentrazioni di gas ad effetto serra, saranno necessari differenti sforzi di riduzione delle emissioni; in particolare, per arrivare alla stabilizzazione a 450 ppm di CO<sub>2eq</sub>, corrispondente ad un aumento della temperatura media del pianeta di 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali, sarà necessaria una riduzione delle emissioni del 25-40% al 2020 e del 80-95% al 2050 per i Paesi industrializzati, mentre per i Paesi in via di sviluppo sarà necessaria una sostanziale deviazione rispetto allo scenario *business as usual*.

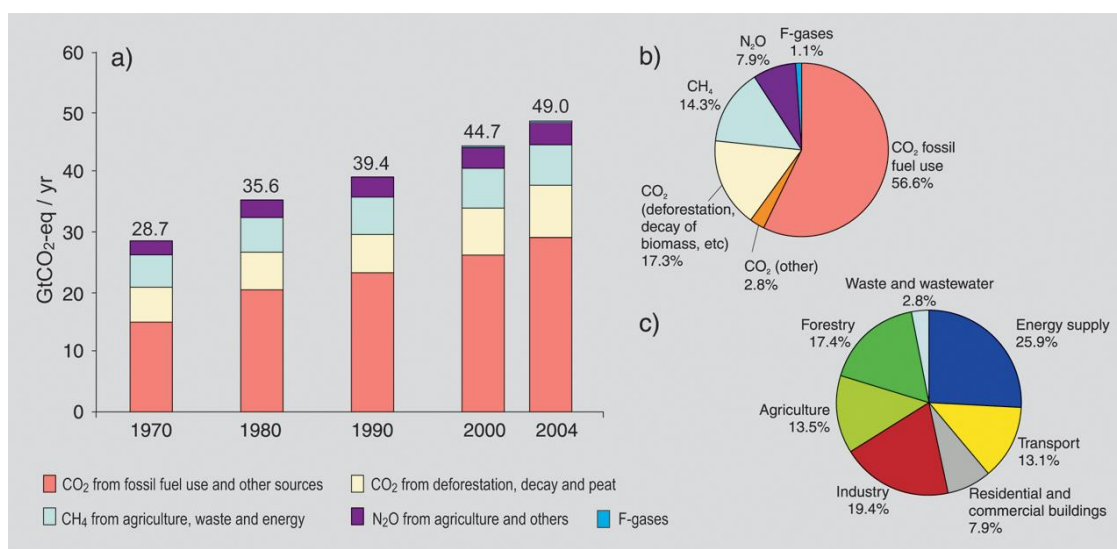
In Figura 1.1 si può osservare come le emissioni globali di gas serra dovute alle attività umane sono aumentate dall'epoca pre-industriale, ovvero dal 1970 al 2004, subendo un incremento del 70%.

Tra tutti i gas a effetto serra di origine antropica l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) è il più importante: le sue emissioni annue sono cresciute tra il 1970 e il 2004 di circa l'80%, da 21

a 38 Gt, rappresentando il 77% del totale delle emissioni antropiche di gas serra nel 2004 (Figura 1.1).

Il tasso di crescita delle emissioni di  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  è stato comunque molto più alto durante il periodo 1995-2004 (0,92  $\text{GtCO}_{2\text{eq}}$  per anno) rispetto al periodo precedente 1970-1994 (0,43  $\text{GtCO}_{2\text{eq}}$  all'anno) (IPCC, 2007).

In particolare la crescita maggiore delle emissioni di gas serra tra il 1970 e il 2004 è provenuta dall'approvvigionamento di energia, dai trasporti e dall'industria, mentre i contributi degli edifici residenziali e commerciali, del settore forestale (inclusa la deforestazione) e dell'agricoltura sono cresciuti a un tasso inferiore.



**Figura 1.1 a) Emissioni globali di gas serra antropogenici dal 1970 al 2004; b) ripartizione delle emissioni dei vari gas serra rispetto al totale nel 2004, in termini di  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ; c) ripartizione dei diversi settori rispetto nel 2004 rispetto al totale, in termini di  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  (la quota Forestry include la deforestazione) (IPCC, 2007).**

Secondo il Rapporto Energia e Ambiente 2009, pubblicato dall'ENEA nel 2010, l'incremento della temperatura globale, tra tutte le decadi scelte arbitrariamente tra il 1990 e il 2008, è stato mediamente compreso tra 0,17 e 0,34 °C (l'ultima decade, 1999-2008, ha avuto, ad esempio, una variazione di 0,19 °C), contemporaneamente la concentrazione di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera risulta attualmente pari a circa 390 ppm con un ritmo di crescita (in aumento) di 2,5 ppm annue.

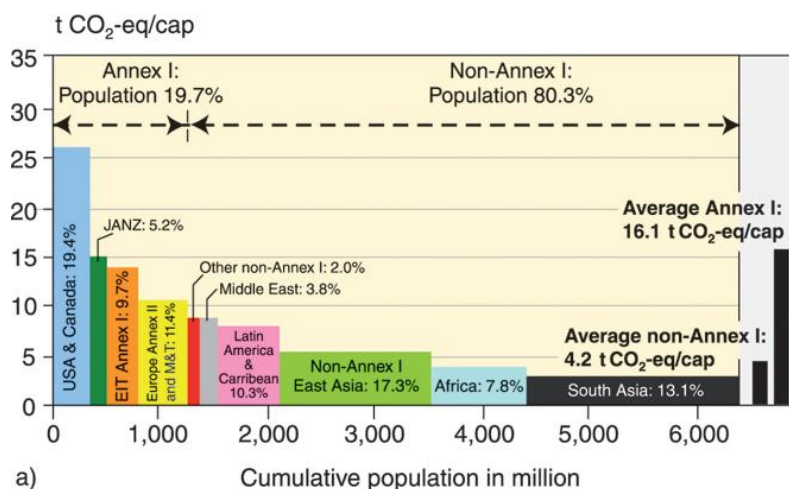


Figura 1.2 Distribuzione regionale delle emissioni pro capite di GHG per il 2004 (tutti i gas del Protocollo di Kyoto, inclusi quelli dall'uso del suolo) per la popolazione di diversi raggruppamenti di nazioni. Le percentuali nelle barre indicano la quota regionale delle emissioni globali di GHG (IPCC, 2007).

## 1.2 L'effetto serra

La Terra è circondata da un involucro gassoso, l'atmosfera, costituita da una miscela di gas (Figura 1.3), grazie ai quali si sono originate e sviluppate tutte le forme di vita sul pianeta.

L'effetto serra è quel fenomeno che garantisce che sulla superficie della Terra la temperatura mantenga i valori ottimali per l'evoluzione della vita.

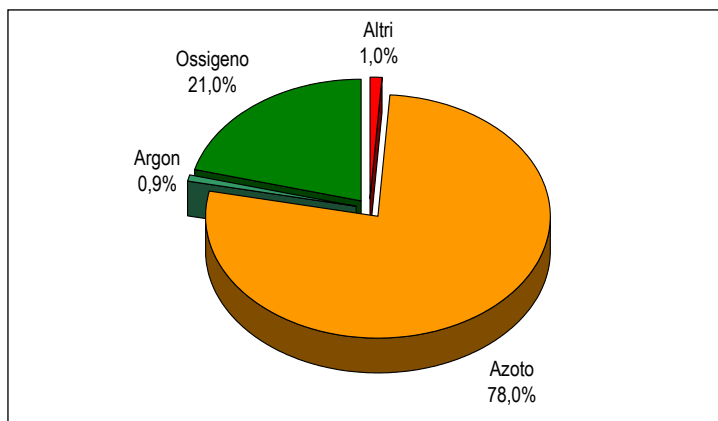


Figura 1.3 Composizione dell'aria secca in assenza di inquinamento.

La terra assorbe i raggi del sole e li riemette verso l'alto sotto forma di energia termica. Una parte di questa energia termica è assorbita dalle molecole di vapore acqueo e anidride carbonica, che intrappolano in questo modo, come i vetri di una serra, il calore proveniente dal sole (Figura 1.4). Questi gas, detti appunto gas serra, garantiscono un equilibrio termico tale da consentire la vita sulla Terra. Senza l'effetto serra la Terra sarebbe molto più fredda (avrebbe una temperatura media di circa 30°C inferiore a quella attuale che è di 15°C).

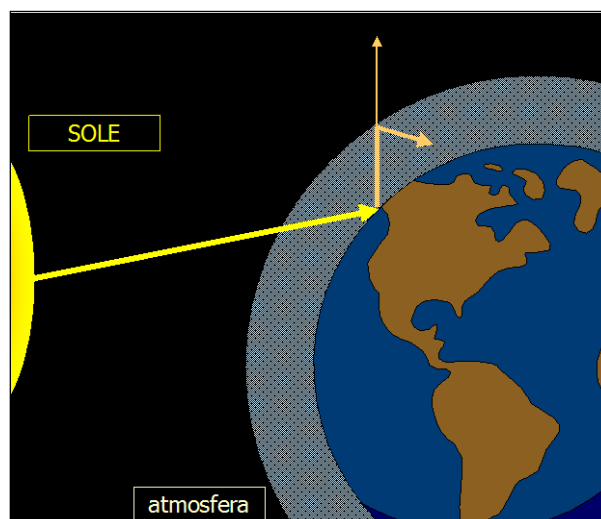


Figura 1.4 Meccanismo che presiede alla formazione dell'effetto serra.

L'anidride carbonica, oltre ad intervenire in numerosi processi biologici (per esempio la fotosintesi clorofilliana) contribuisce a regolare il naturale effetto serra del pianeta. La quantità di anidride carbonica ottimale è garantita dalla presenza di piante verdi, in particolare dalle grandi foreste, e attraverso l'assorbimento da parte degli oceani.

Un eccessivo aumento di anidride carbonica nell'atmosfera, causato soprattutto dagli impianti di produzione di energia e dalla deforestazione incontrollata, provoca il graduale aumento dell'effetto serra con conseguente riscaldamento del pianeta e possibili mutamenti del clima, con effetti quali la desertificazione, lo scioglimento dei ghiacciai e l'aumento del livello del mare.

Gli altri gas serra più importanti sono: il metano ( $\text{CH}_4$ ), il protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ), i composti alogenati (HCFC e PFC) e l'esafluoro di zolfo ( $\text{SF}_6$ ). Tuttavia la  $\text{CO}_2$ , costituendo il principale prodotto della combustione di combustibili fossili, è il gas che è prodotto in maggiori quantità dalle attività antropogeniche, pertanto le emissioni dei singoli gas vengono riportate in termini di  $\text{CO}_2$  equivalente, attraverso il potenziale di riscaldamento globale, o *global warming potential (GWP)*, di cui si dirà nel prosieguo. C'è da dire, infatti, che anche in caso di combustione completa, ossia in assenza di produzione di composti indesiderati, nel processo si formano sempre anidride carbonica e vapor d'acqua.

L'anidride carbonica è, inoltre, prodotta in natura dalla respirazione degli esseri viventi, dal decadimento della materia vegetale e animale, dagli incendi boschivi; nelle attività umane, oltre che dai processi di combustione dei combustibili fossili e delle biomasse, essa proviene anche da alcuni processi industriali (produzione di cemento, calce, vetro).

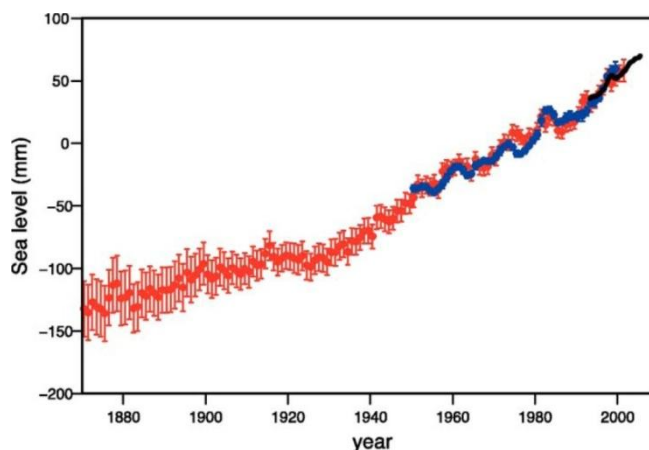


Figura 1.5 Medie annue del livello medio del mare (mm) (IPCC, 2007).

Purtroppo nell'ultimo secolo si è assistito ad un incremento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, causato oltre che dai processi di combustione, che ne rappresentano la causa diretta, anche da una deforestazione incontrollata che, riducendo una delle principali fonti di assorbimento (le piante infatti durante il loro ciclo vitale assorbono anidride carbonica per ricavare carbonio e riemettono ossigeno), ne costituisce una causa indiretta.

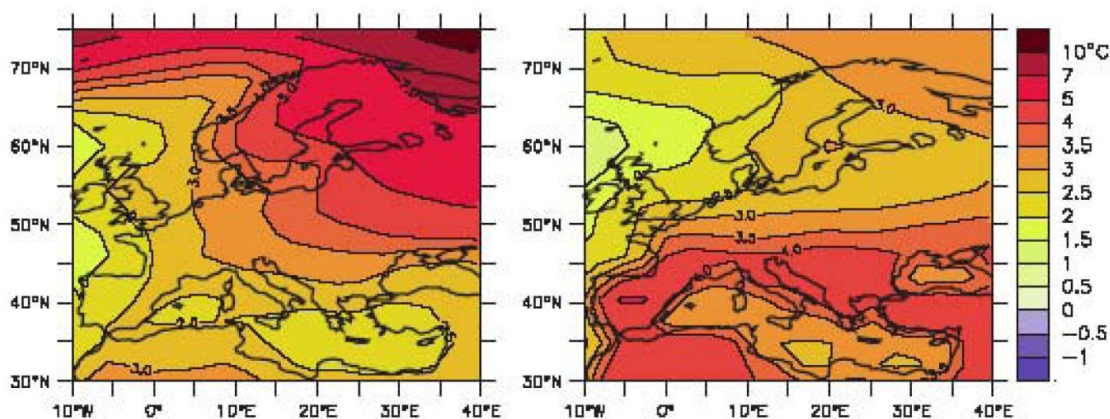


Figura 1.6 Variazione della temperatura media in Europa dal 1980-1999 al 2080-2099, stimata sulla base dello scenario di emissione A1B (IPCC, 2007).

L'incremento massiccio nella concentrazione di CO<sub>2</sub> ha provocato un graduale aumento dell'effetto serra, con conseguente riscaldamento del pianeta e possibilità di verificarsi di mutamenti climatici, accompagnati da effetti quali la desertificazione, lo scioglimento dei ghiacciai e l'aumento del livello del mare (Figura 1.5).

L'aumento della temperatura in Europa al 2080, rispetto ai valori pre-industriali, viene valutato in circa 1,0 °C per il sistema terra-oceano, 1,3 °C sulla terraferma, maggiore quindi di quello globale. Le proiezioni indicano un aumento della temperatura media per la fine di questo secolo tra 1,0 e 5,5 °C.

In base ad uno scenario elaborato dall'IPCC ed indicato come A1B (IPCC, 2007), ad esempio, si è stimato un aumento della temperatura media dal 1980-1999 al 2080-2099 compreso tra 2,3 e 5,3 °C nel Nord Europa e tra 2,2 e 5,1 °C nel Sud Europa e nelle regioni

del Mediterraneo (Figura 1.6).

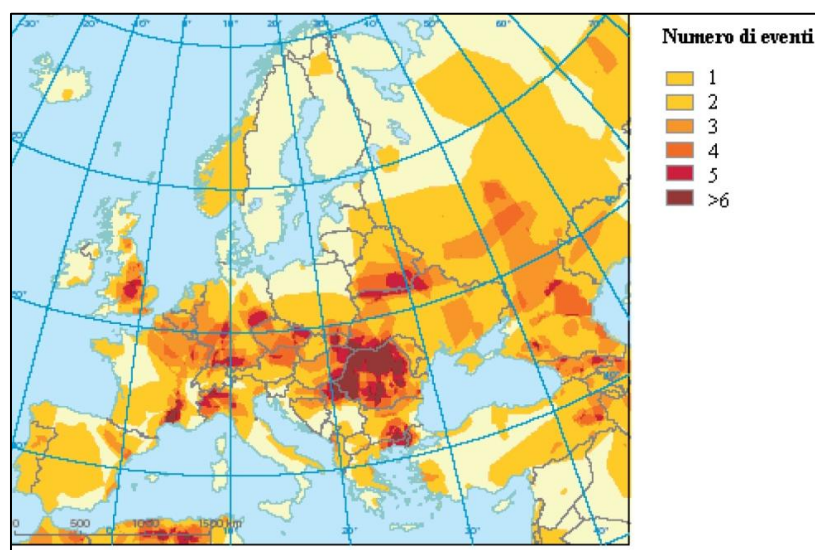


Figura 1.7 Numero di eventi alluvionali in Europa dal 1998 al 2008 (ISPRA, 2009).

L'effetto di riscaldamento prodotto da differenti gas può essere molto diverso, così come possono essere diverse le sorgenti di emissione dei singoli inquinanti (Figura 1.8).

Il protossido di azoto ( $N_2O$ ), ad esempio, è prodotto naturalmente dagli oceani e dalle foreste pluviali; nelle attività umane viene prodotto dall'industria chimica, dall'uso di taluni fertilizzanti, da alcuni processi di combustione. È inoltre utilizzato come anestetico in chirurgia e come propellente negli spray. La concentrazione atmosferica globale del protossido di azoto è di circa 310 ppb, circa l'8% superiore al livello pre-industriale, che è stimato in circa 275 ppb.

Nonostante le emissioni di  $N_2O$  siano quantitativamente molto inferiori a quelle di  $CO_2$ , il contributo di questo gas all'effetto serra è rilevante per l'elevato effetto del suo potere di riscaldamento, superiore di circa 310 volte a quello della  $CO_2$ .

Il metano ( $CH_4$ ) si forma naturalmente come decadimento di materiale organico. Vi sono però numerose attività antropiche che contribuiscono ad un incremento della sua concentrazione in atmosfera: le pratiche agricole legate alla zootecnia, lo smaltimento dei rifiuti in discarica, la combustione di biomasse e di combustibili fossili; una piccola quantità di metano viene poi dispersa durante le fasi di distribuzione del gas nelle reti di distribuzione agli utenti.

CFC e HCFC non sono presenti in natura, ma sono prodotti e utilizzati in impianti di refrigerazione, come solventi, propellenti negli spray, nella fabbricazione dei semiconduttori. Hanno un potere di riscaldamento in media 10.000 volte superiore a quello della  $CO_2$  ed un tempo di permanenza in atmosfera molto più elevato di quello degli altri gas serra.

I perfluorocarburi (PFC) sono sottoprodotti della fusione dell'alluminio e dell'arricchimento dell'uranio; vengono anche prodotti per sostituire i CFC nella

fabbricazione dei semiconduttori. Il loro potere riscaldante è mediamente pari a 7.400 volte quello della CO<sub>2</sub>.

L'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) è largamente utilizzato nell'industria per isolare gli interruttori ad alto voltaggio e per la fabbricazione di sistemi di raffreddamento dei cavi; il suo potere di riscaldamento è 23.900 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>.

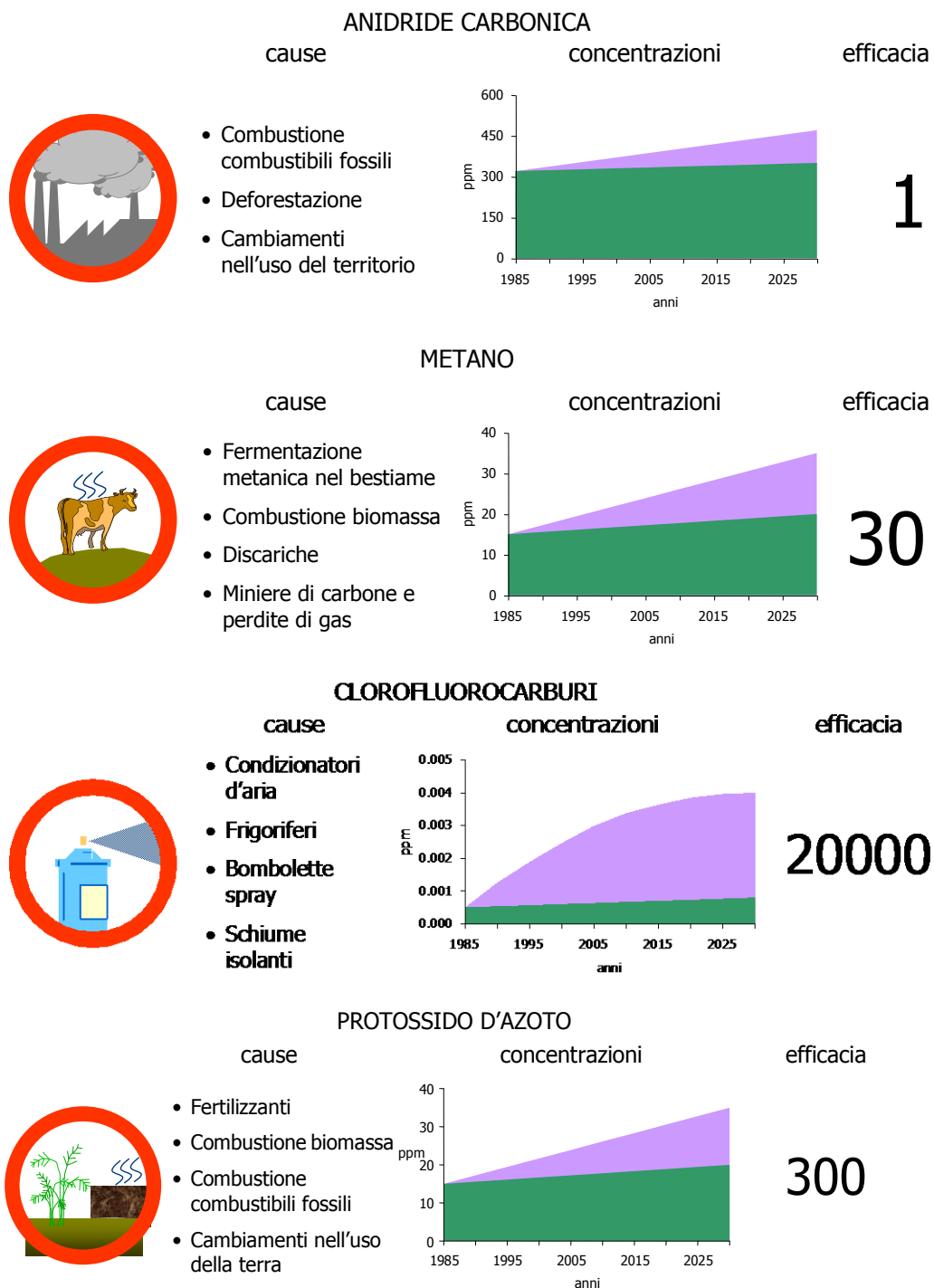


Figura 1.8 Effetti riscaldanti dei principali gas di serra.



Il contributo dei singoli gas attualmente presenti in atmosfera in termini di effetto serra può essere sintetizzato nel *Global Warming Potential (GWP)*, un parametro che descrive l'effetto serra del gas paragonato a quello della CO<sub>2</sub> su di un determinato intervallo di tempo (ad es. 100 anni, nel qual caso ci si riferisce al GWP<sub>100</sub>); i GWP sono ponderati in base al tempo di permanenza in atmosfera del gas e della sua capacità di assorbire la radiazione infrarossa emessa dalla Terra.

Essi sono calcolati dall'IPCC e riportati negli Assessment Report, con un aggiornamento ogni circa 6 anni. I valori di GWP<sub>100</sub> dei principali gas serra sono riportati nella Tabella 1.1.

Come si può notare, il potenziale di riscaldamento dei singoli gas può variare anche di 4 ordini di grandezza, rendendo così rilevanti per l'effetto serra anche piccole presenze di alcuni di essi.

**Tabella 1.1. Valori del Global Warming Potential (GWP) stabiliti dal Fourth Assessment Report (IPCC, 2007).**

Gas serra	Tempo di vita (anni)	Global Warming Potential per orizzonte temporale, GWP		
		20 anni	100 anni	500 anni
CO <sub>2</sub>	200	1	1	1
CH <sub>4</sub>	12	72	25	7,6
N <sub>2</sub> O	114	289	298	153
SF <sub>6</sub>	3200	16300	22800	32600
CHF <sub>3</sub>	270	12000	14800	12200
PFC-14	50000	5210	7390	11200

### 1.3 Accordi internazionali per la riduzione dei gas ad effetto serra

Nel 1972 si è tenuta a Stoccolma la *Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano*, il primo incontro internazionale dove è stato affrontato in maniera globale il problema ambientale del pianeta, rilevando la stretta relazione tra le politiche economiche e quelle ambientali.

Nella stessa occasione è stato istituito il *Programma Ambientale delle Nazioni Unite* (UNEP – United Nations Environmental Programme), che è tutt'oggi l'organismo istituzionale cui è attribuito il fine generale della tutela ambientale e dell'utilizzo sostenibile delle risorse naturali, nel quadro del complesso sistema organizzativo delle Nazioni Unite (ONU).

Successivamente altri incontri si sono succeduti nel tempo: ad esempio molto importante, per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico globale, è stata la tappa del 13 novembre 1979 a Ginevra, in Svizzera, in cui 29 Paesi Europei, gli Stati Uniti e il Canada hanno sottoscritto la *Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza*.

La Convenzione ha rappresentato il primo accordo internazionale che ha fissato dei valori limite per gli inquinanti atmosferici pericolosi per l'ambiente e, con la successiva integrazione di 8 protocolli, ha allargato il suo campo d'azione alle sostanze che



minacciano in modo più diretto la salute umana e gli ecosistemi.

Tuttavia è a partire dalla Conferenza di Rio de Janeiro del 1992 che viene avviato un percorso congiunto mirante a contrastare l'inquinamento atmosferico ed i cambiamenti climatici, grazie alla firma della *Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici* (United Nations Framework Convention on Climate Change – **UNFCCC**) la cui ratifica si avrà nel 1994.

La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici è nata con l'obiettivo dichiarato di "raggiungere la stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera a un livello tale da prevenire interferenze antropogeniche dannose per il sistema climatico" (art. 2 della Convenzione).

Molte Nazioni firmatarie della Convenzione hanno successivamente assunto impegni vincolanti di riduzione delle emissioni sottoscrivendo, nel 1997, il **Protocollo di Kyoto**. In tal modo si sono costituiti due gruppi negoziali:

- il primo relativo alla Convenzione sui Cambiamenti Climatici, punto di origine dell'UNFCCC (COP);
- il secondo, relativo al Protocollo di Kyoto che comprende gli Stati che hanno ratificato, oltre alla Convenzione, anche il Protocollo stesso (MOP).

L'obiettivo comune dei due gruppi è quello di essere a supporto delle istituzioni firmatarie, denominate Parti, affinché possano dotarsi delle dovute misure ed effettuare i necessari interventi per far fronte al surriscaldamento globale ed all'innalzamento delle temperature dovute ai cambiamenti climatici in atto.

Dalla nascita della Convenzione, le Parti si incontrano ogni anno per una conferenza (COP) sul clima globale, che in genere si svolge a dicembre. La presidenza cambia annualmente, secondo gli accordi presi dai gruppi di Paesi: Africa, Asia, America latina e Caraibi, Europa centrale e orientale, Europa occidentale e altri Paesi.

**Tabella 1.2. Il percorso internazionale dello sviluppo sostenibile.**

Anno	Evento
1972	Dichiarazione di Stoccolma (Dichiarazione delle Nazioni Unite sull'ambiente umano): prima importante Conferenza che tratta i temi dello Sviluppo Sostenibile. In questa sede nasce l'organizzazione UNEP (United Nations Environment Programme) per coordinare e promuovere le iniziative dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) sulle questioni ambientali.
1979	Convenzione sull'inquinamento atmosferico regionale o transfrontaliero di Ginevra; viene avviato un programma sul clima e approvato un protocollo sull'inquinamento atmosferico.
1980	L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) organizza la prima Conferenza internazionale sul clima.
1983	L'Organizzazione delle Nazioni Unite istituisce la Commissione Mondiale per lo Sviluppo e l'Ambiente, presieduta da Gro Harlem Brundtland.
1987	Rapporto Brundtland Il Nostro Futuro Comune: Gro Harlem Brundtland, Il Presidente della Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo, presenta, su incarico delle Nazioni Unite, il proprio rapporto e formula una efficace definizione di sviluppo sostenibile.
1988	Conferenza di Toronto: vengono assunti impegni per la riduzione delle emissioni di anidride

	carbonica (CO <sub>2</sub> ) e il miglioramento dell'efficienza energetica. Nasce l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) per il monitoraggio del clima, dell'impatto economico, sociale e ambientale dei cambiamenti climatici, e per la definizione di possibili strategie. Il primo rapporto dell'IPCC conferma una modificazione del sistema climatico scientificamente accertata.
1989	Protocollo di Montreal: ci si impegna ad eliminare gradualmente l'utilizzo di sostanze che riducono lo strato di ozono stratosferico.
1992	Conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo di Rio de Janeiro: vengono elaborati 27 principi per l'integrazione tra sviluppo e ambiente e firmate convenzioni sui cambiamenti climatici e la protezione della biodiversità. Viene varata, inoltre, l'Agenda 21, un programma di iniziative per ridurre l'inquinamento ambientale e realizzare uno sviluppo sostenibile. Organo di attuazione della Convenzione approvata è la Conferenza delle Parti (COP), che è convocata periodicamente e ha il compito di rivedere e monitorare le emissioni per controllare che i Paesi siano più o meno in linea con gli impegni assunti.
1995	Berlino (COP1) (prima Conferenza delle Parti): stabilisce che i limiti temporali e l'entità delle riduzioni vengano stabiliti in un Protocollo da firmare entro il 1997.
1996	Ginevra (COP2): i rappresentanti dei governi sottolineano l'importanza di un Protocollo aggiuntivo che stabilisca degli obiettivi quantitativi vincolanti. Conferenza delle nazioni Unite sugli Inseguimenti Umani: Habitat II Istanbul – Turchia. La Conferenza rilancia l'Agenda 21 come procedimento per la programmazione delle politiche e la pianificazione del territorio: attraverso la Dichiarazione di Istanbul e l'Agenda Habitat sottolinea la necessità da parte degli Enti locali di adottare l'Agenda 21.
1997	Conferenza di Kyoto (COP3) per il controllo dei gas serra: la Conferenza approva il primo Protocollo sui cambiamenti climatici (Protocollo di Kyoto). La Comunità Internazionale si impegna a ridurre globalmente del 5% le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 (impegno da concretizzare tra il 2008 e il 2012). Il Protocollo entrerà in vigore solo quando 55 Paesi (che coprano almeno il 55% delle emissioni del 1990) lo ratificheranno.
1998	Conferenza di Buenos Aires (COP4) per la riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> da combustione: approvazione del Buenos Aires Plan of Action per rendere concrete le misure previste da adottare.
1999	Bonn (COP5): si preme per l'attuazione del Protocollo entro l'anno 2000 in modo che possa entrare in vigore nel 2002.
2000	Conferenza dell'Aja (COP6): le posizioni degli Stati Europei e degli Stati Uniti sono nettamente contrapposte. Questi ultimi hanno dichiarato di non voler ratificare il Protocollo di Kyoto, nonostante ci sia la volontà di accordo sui principi più importanti.
2001	Marrakesh (COP7): accordo per la liberalizzazione del ricorso agli strumenti flessibili del Protocollo e sono definiti altri aspetti essenziali al funzionamento dello stesso. Göteborg: Approvazione della Strategia dell'Unione Europea per lo Sviluppo Sostenibile: tale strategia punta l'attenzione sui problemi che rappresentano minaccia grave o irreversibile per il benessere futuro della società europea (contiene concrete proposte per l'attuazione delle proprie politiche, obiettivi specifici e misure necessarie per il loro raggiungimento).
2002	Nuova Dehli (COP8): avvio del Clean Development Mechanism, uno dei meccanismi flessibili del Protocollo che consente ai Paesi industrializzati di rispettare il proprio obiettivo di riduzione ricorrendo a iniziative di riduzione delle emissioni in cooperazione con Paesi in via di sviluppo, consentendo alle imprese dei Paesi sviluppati di ottenere crediti di emissione. Johannesburg – Sud Africa: Vertice Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile: vengono ribaditi gli impegni di principio alla tutela e sostenibilità ambientale, anche se è emersa la riluttanza di alcuni Paesi ad adottare in concreto le misure necessarie. In particolare i temi chiave affrontati sono stati: povertà e obiettivi di sviluppo del millennio, acqua e sanità, energia, salute, protezione dell'ambiente naturale, globalizzazione, modelli di produzione e di consumo.
2002	Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile di Johannesburg: vengono messi in risalto i problemi sociali ed economici mentre scendono in secondo piano quelli ambientali
2003	New York: l'Unione Europea ratifica il Protocollo di Kyoto.

	Milano – Italia (COP9) sui cambiamenti climatici: punti importanti dell'accordo: aumento del budget per il trasferimento delle tecnologie ai Paesi in via di sviluppo, definizioni e modalità per i progetti di forestazione, revisione delle metodologie per gli inventari dei gas serra avvio del Fondo per i cambiamenti climatici istituito a Marrakesh per finanziare alcune aree di attività nei paesi in via di sviluppo.
2005	Con l'adesione della Russia viene raggiunta la condizione necessaria per l'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto. Conferenza di Montreal, (COP11), tenuta fra il 28 novembre e il 9 dicembre 2005, in concomitanza con la prima riunione delle parti (MOP1) del Protocollo di Kyoto.
2006	6-17 novembre 2006 (COP12) – (MOP2) di Nairobi, in Kenya. La Conferenza è incentrata sul maggiore coinvolgimento degli Stati africani nei progetti di Clean Development Mechanism (CDM) e sulla possibilità di rendere eleggibili come progetti CDM i progetti di cattura e sequestro del carbonio (CCS- Carbon Capture and Storage). La Conferenza rappresenta un passo in avanti anche verso la definizione di nuovi obiettivi di riduzione per il periodo post-2012. Tuttavia le parti coinvolte non hanno stabilito obiettivi di riduzione specifici per il periodo 2013-2018, come da alcuni auspicato.
2009	Copenaghen: Conferenza delle parti delle Nazioni Unite sui Cambiamenti climatici (COP 15).
2010	Cancun, Messico: 16° Conferenza delle Parti (COP 16) e 6° Conferenza delle Parti sul Protocollo di Kyoto (MOP 6). Nell'incontro è stato raggiunto un accordo su un "pacchetto bilanciato di decisioni" con particolare riferimento al rafforzamento dei meccanismi di misura, registrazione e verifica (MRV), alle attività di mitigazione dell'assorbimento forestale (REDD-plus o REDD+), all'adattamento, al trasferimento tecnologico.
2011	Durban, Sudafrica: 17° Conferenza delle Parti (COP 17) e 7° Conferenza delle Parti sul Protocollo di Kyoto (MOP 7). Durante la Conferenza si è arrivati al via libera rispetto alla tabella di marcia che dovrebbe portare all'adozione di un accordo globale salva-clima entro il 2015 per entrare in vigore dal 2020, imponendo per la prima volta a tutti i grandi inquinatori di intraprendere iniziative per ridurre i gas serra. Per quanto riguarda il protocollo di Kyoto è stato rinnovato per una seconda fase, dal 2013 al 2017.

Tra tutti l'evento più importante a livello planetario è rappresentato sicuramente dalla stipula del **Protocollo di Kyoto**, approvato dalla Terza Conferenza delle Parti (COP3) dei paesi firmatari della Convenzione Internazionale sui cambiamenti climatici (UNFCCC), l'11 dicembre 1997 a Kyoto in Giappone ed entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica della Russia.

Tale trattato costituisce il primo strumento attuativo e complementare alla Convenzione Quadro sui cambiamenti climatici, in quanto fissa obiettivi di riduzione delle emissioni per 37 Paesi industrializzati e per quelli dell'Unione Europea.

I Paesi dell'Annex I, ovvero i paesi che hanno firmato e ratificato il Protocollo, hanno concordato di ridurre le emissioni di gas serra, ossia hanno assunto l'impegno individuale o congiunto di ridurre le emissioni antropogeniche globali, di almeno il 5% rispetto ai livelli del 1990 nel periodo di adempimento 2008-2012, anche attraverso i tre meccanismi di mercato (*Emission Trading, Clean Development, Joint Implementation*).

La riduzione del 5% è il risultato di una media di contributi diversi: i Paesi dell'Unione Europea hanno nel loro insieme un obiettivo dell'8%, da realizzarsi comunque con oneri differenti per le diverse nazioni, quali il 7% per gli Stati Uniti, il 6% per il Giappone; alcuni Paesi possono addirittura aumentare le loro emissioni: la Norvegia fino all'1%, l'Australia fino all'8%, ecc. (Figura 1.9).

Per i Paesi in via di sviluppo non è stato previsto nessun target di riduzione/limitazione delle emissioni riconoscendo, quindi, il principio di responsabilità comuni ma differenziate, secondo il quale la principale responsabilità dell'attuale livello di gas serra spetta ai Paesi industrializzati, come conseguenza di più di 150 anni di attività industriale.

Con l'avvicinarsi della scadenza del Protocollo, il dibattito è sostanzialmente incentrato sul post-2012, affinché vi sia un'estensione del Protocollo con ulteriori impegni per i Paesi industrializzati.

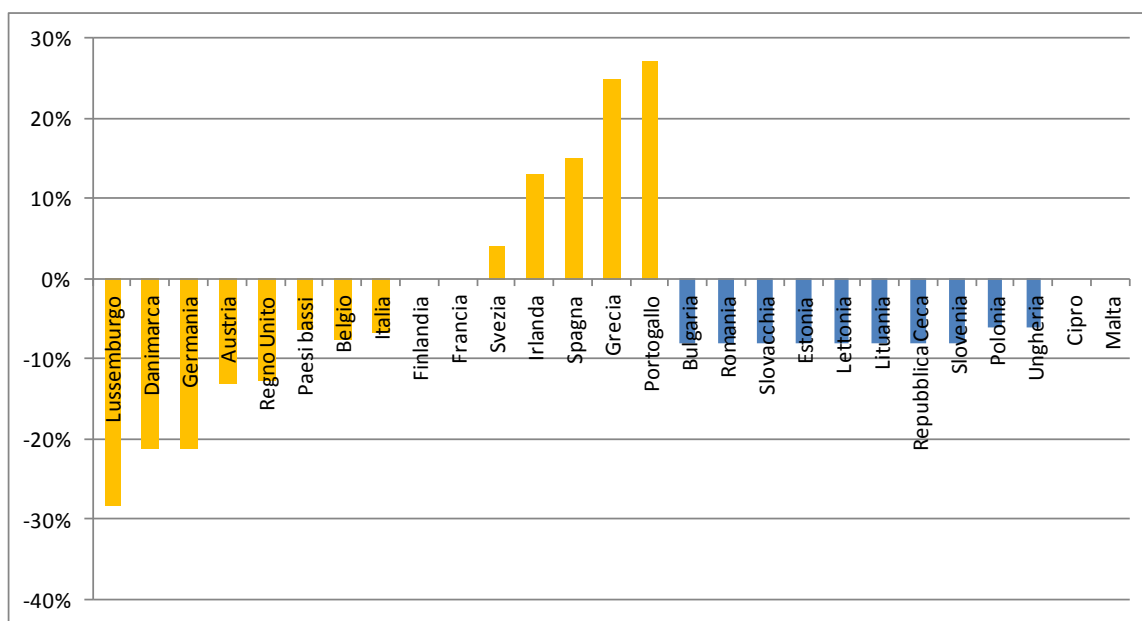


Figura 1.9. Ripartizione degli oneri di riduzione delle emissioni tra i 27 Stati membri dell'UE (in giallo gli UE-15, ovvero gli Stati che erano parte dell'UE nel 1990).

Il Protocollo di Kyoto prevede due tipi di strumenti per conseguire le riduzioni proposte:

- politiche e misure;
- meccanismi flessibili.

Le politiche e misure sono quegli interventi previsti dallo Stato attraverso programmi attuativi specifici realizzati all'interno del territorio nazionale (miglioramento dell'efficienza energetica, promozione di forme di agricoltura sostenibili, sviluppo di fonti di energia rinnovabili, ecc.).

I meccanismi flessibili danno la possibilità di utilizzare a proprio credito attività di riduzione delle emissioni effettuate al di fuori del territorio nazionale, ovvero sono degli strumenti economici mirati a ridurre il costo complessivo d'abbattimento dei gas serra, permettendo di ridurre le emissioni lì dove sia economicamente più conveniente pur nel rispetto degli obiettivi di tipo ambientale.

Questo è permesso considerando il fatto che i cambiamenti climatici sono un fenomeno globale ed ogni riduzione delle emissioni di gas serra è efficace

indipendentemente dal luogo del pianeta nel quale viene realizzata.

Si distinguono tre tipi di meccanismi flessibili:

- Joint Implementation (JI);
- International Emissions Trading (IET);
- Clean Development Mechanism (CDM).

Il meccanismo di **Joint Implementation (JI)** è il meccanismo attraverso il quale due Paesi con doveri di riduzione di emissioni (Paesi chiamati Annex I – ovvero i Paesi Industrializzati e quelli con economie in transizione) possono implementare progetti di riduzione di gas effetto serra ed ottenere dei crediti, denominati ERUs (Emission Reduction Unit) defalcabili dai propri oneri di riduzione oppure rivendibili sul mercato. Gli attori fondamentali per implementare questo tipo di progetti devono essere almeno due:

- un Paese Annex I ospitante il progetto (Host Country);
- un Paese Annex I investitore.

I crediti verranno generati dal governo del Paese ospitante.

L'**International Emission Trading (IET)** è un approccio amministrativo atto al controllo dei cambiamenti climatici attraverso degli incentivi economici per i raggiungimenti delle riduzioni di emissioni di gas serra.

In questo meccanismo vi è un'autorità centrale, comunemente un'agenzia governativa (nel caso dell'Italia Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e il Ministro dello Sviluppo Economico), che fissa un tetto massimo di inquinanti (Cap) che possono essere emessi da ogni Paese che ha ratificato il Protocollo, assegnando delle quote o crediti o permessi di emissioni a quelle realtà industriali che impattano negativamente in termini di emissioni di gas effetto serra.

Il Paese che rimarrà al di sotto del sopraccitato tetto avrà la possibilità di “rivendere” (trade) le proprie emissioni a quel paese che invece ha superato il limite fissato. Più saranno i Paesi che dovranno ricorrere a questo sistema, e più alto sarà il prezzo dei crediti.

Il **Clean Development Mechanism (CDM)** permette ad un Paese Annex I con doveri di riduzione di andare ad implementare un progetto mirato a ridurre le emissioni di gas serra in un Paese Non-Annex I (Paesi in Via di Sviluppo senza oneri di riduzione e firmatario del Protocollo), e trarne dei crediti denominati CERs (Certified Emission Reduction). Anche in questo caso gli attori devono essere almeno due:

- un Paese Annex I Investitore;
- un Paese Non-Annex I ospitante.

Grazie a questo meccanismo i benefici sono molteplici, in quanto da una parte si permette ai Paesi Annex I di andare ad implementare il progetto di abbattimento delle emissioni laddove è economicamente più conveniente, rispettando dunque gli accordi

presi con il Protocollo di Kyoto.

Dall'altra, attraverso questo meccanismo, si permette ai Paesi in via di sviluppo di disporre delle tecnologie più moderne e pulite, permettendo quindi un vero orientamento verso uno sviluppo sostenibile. I crediti CERs sono rilasciati da un'entità preposta a tale fine, chiamata Executive Board dei CDM della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite.

I crediti una volta emessi possono essere utilizzati al fine di adempiere ai doveri imposti dal Protocollo, oppure rivendibili sul mercato attraverso la direttiva Emission Trading.

Con la COP15 di Copenhagen, dal 7 al 18 dicembre 2009 è stato raggiunto un accordo che, sebbene non legalmente vincolante, riconosce gli impegni sui tagli alle emissioni globali, in accordo col mondo scientifico ed nel quadro del Fourth Assessment Report dell'IPCC auspicando una limitazione dell'aumento della temperatura media del pianeta al di sotto dei 2 °C.

In sostanza è urgente e necessaria una maggiore azione internazionale di cooperazione in materia di adattamento per garantire l'attuazione del Convenzione.

Come già avvenuto in precedenza ed in linea col principio della responsabilità comune ma differenziata, anche questo accordo assegna un maggiore sforzo ai Paesi industrializzati, che devono fornire adeguate, prevedibili e sostenibili risorse finanziarie, tecnologiche e capacity building per l'attuazione di azioni di adattamento nei Paesi in via di sviluppo.

Le Parti di cui all'Annex I si impegnano a realizzare, in un quadro economico sostenibile, individualmente o congiuntamente, quantificati obiettivi di riduzione delle emissioni per il 2020.

Le Parti dell'Annex I, che aderiscono al Protocollo di Kyoto, rafforzeranno ulteriormente le loro riduzioni delle emissioni ed inoltre le riduzioni e i finanziamenti da parte Paesi industrializzati saranno misurabili, riportate e verificate in conformità alle metodologie vigenti e con ulteriori linee guida adottate dalla Conferenza delle Parti.

Per quanto riguarda le Parti Non-Annex I è stato concordato, che implementeranno, individualmente o congiuntamente, azioni di mitigazione opportunamente identificate e concordate.

I Paesi meno sviluppati e le piccole isole possono intraprendere azioni volontarie sulla base di opportuni sostegni economici che saranno inserite nelle comunicazioni nazionali da inviare al Segretariato con cadenza biennale.

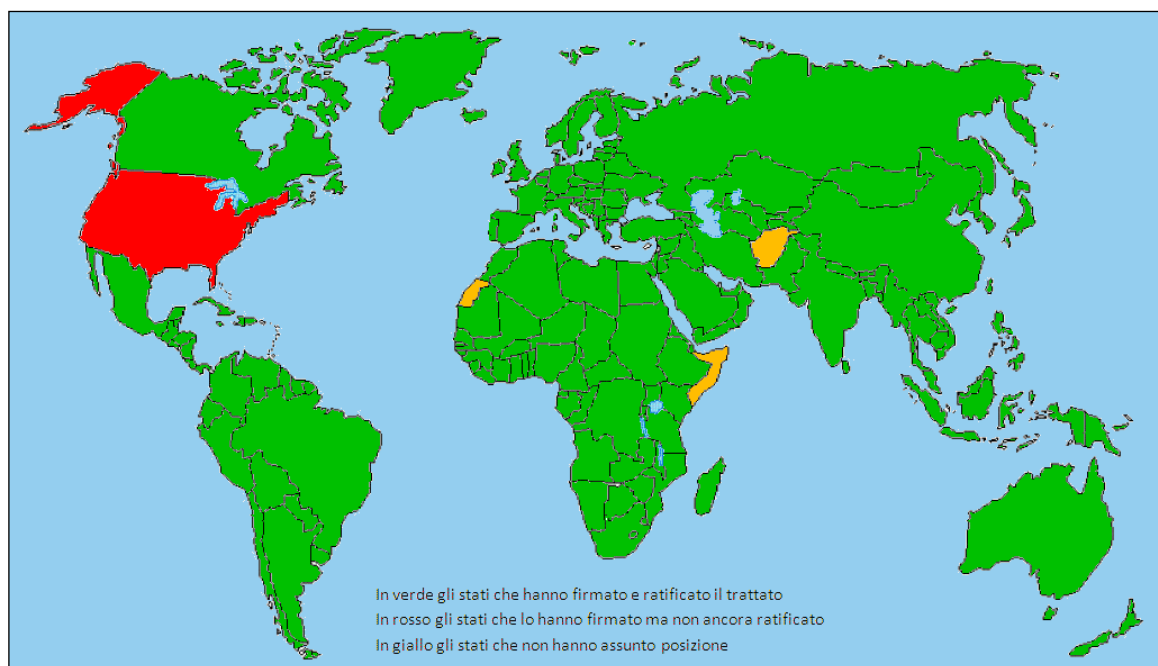


Figura 1.10. Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto nel 2009.

L'ultima Conferenza delle Parti, svoltasi a Durban (Sudafrica) dal 28 Novembre al 9 Dicembre 2011, ha segnato un passo in avanti rispetto agli incontri degli ultimi anni, in cui poco o nulla si era concluso.

Il nuovo accordo sul clima che è stato raggiunto, infatti, vede protagoniste le circa 190 nazioni riunitesi alla Conferenza sulle nazioni unite sul clima.

Non è purtroppo un accordo di tipo risolutivo, o decisivo, in quanto, sulle riduzioni di CO<sub>2</sub> si può dire che *“si è deciso che si deciderà”*: gli impegni verranno definiti entro il 2015 e messi in pratica dal 2020. Questi tempi, come mostrano vari studi, sono incompatibili con l'obiettivo di tenere il riscaldamento entro i 2 °C ([www.qualenergia.it](http://www.qualenergia.it)).

Tuttavia la piattaforma approvata a Durban segna alcuni passi avanti storici: il fatto che, per la prima volta, tutti i paesi, sia ricchi che in via di sviluppo, hanno accettato di assumersi impegni legalmente di mantenere in vita il trattato di Kyoto per altri 5 anni.

L'accordo prevede di adottare *“un nuovo protocollo o altro strumento legale o esito condiviso dotato di forza legale”* per ridurre la CO<sub>2</sub> per tutti i Paesi; questo deve avvenire *“il più presto possibile e non oltre il 2015”* e deve entrare in vigore entro il 2020.

Il Protocollo di Kyoto, con *“scadenza”* nel 2012, verrà rinnovato per una seconda fase, dal 2013 al 2017: i nuovi impegni di riduzione dovranno essere definiti entro il 1° maggio 2012 e tre importanti nazioni che avrebbero dovuto tagliare le loro emissioni di CO<sub>2</sub>, Russia, Giappone e Canada, hanno deciso di non aderire al protocollo.

L'altra questione fondamentale entrata nella piattaforma di Durban, è quella del Green Climate Fund, il fondo *“verde”* da 100 miliardi di dollari pensato alla Conferenza di Copenhagen per aiutare i paesi poveri nelle azioni di mitigazione e adattamento.

A Durban sono stati indicati i paesi nei quali verrà messo in opera entro il 2012, si è stabilito un comitato di controllo, pur non essendo ancora stata fatta chiarezza sulla copertura del fondo, ovvero la fonte da cui verranno presi i soldi.

Da definire resta anche il meccanismo di mercato di compensazione delle emissioni che si adotterà nel trattato post-protocollo di Kyoto.

### 1.3.1 Lo scenario emissivo internazionale

Nell'edizione 2010 del World Energy Outlook (WEO) a cura dell'International Environmental Agency (IEA) vengono presentati tre diversi scenari di emissioni di gas serra in funzione di vari parametri. Gli scenari in questione sono:

- *Current Policies Scenario*, cioè lo scenario di riferimento aggiornato al 2009 senza cambiamenti nelle politiche in atto;
- *450 Scenario*, ovvero lo scenario che permette di raggiungere una concentrazione di CO<sub>2eq</sub> pari a 450ppm, che consente di rispettare l'accordo di Copenhagen per limitare l'aumento globale della temperatura a 2 °C rispetto al periodo pre-industriale;
- *New Policies Scenario*, ossia uno scenario che tiene conto delle politiche e programmi annunciati dai diversi Paesi nel mondo, inclusi gli impegni nazionali per ridurre le emissioni di gas serra ed i programmi per sostituire gradualmente i combustibili fossili con l'obiettivo di quantificare l'impatto potenziale sul mercato energetico delle implementazioni degli impegni.

I principali elementi che influenzano le emissioni di gas serra, e quindi gli scenari proposti, sono la popolazione, l'andamento economico, i consumi energetici e la variabilità climatica stagionale e territoriale.

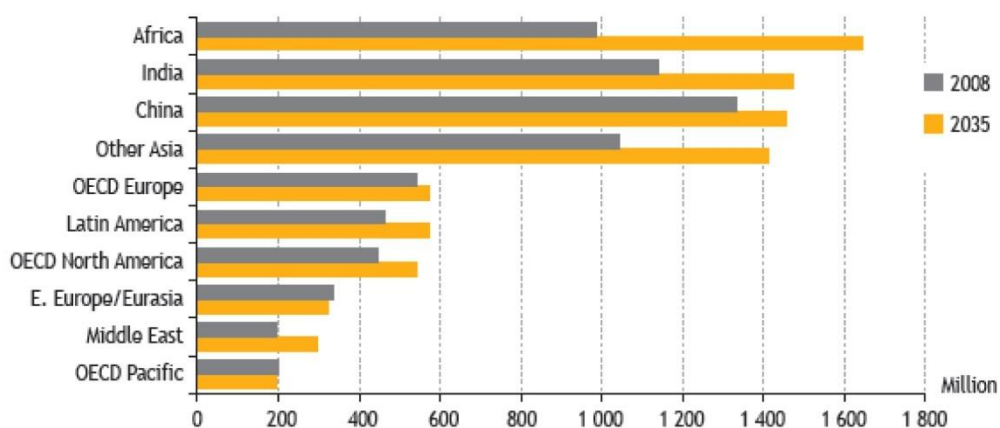


Figura 1.11. Andamento della popolazione nelle principali Regioni (WEO, 2010).



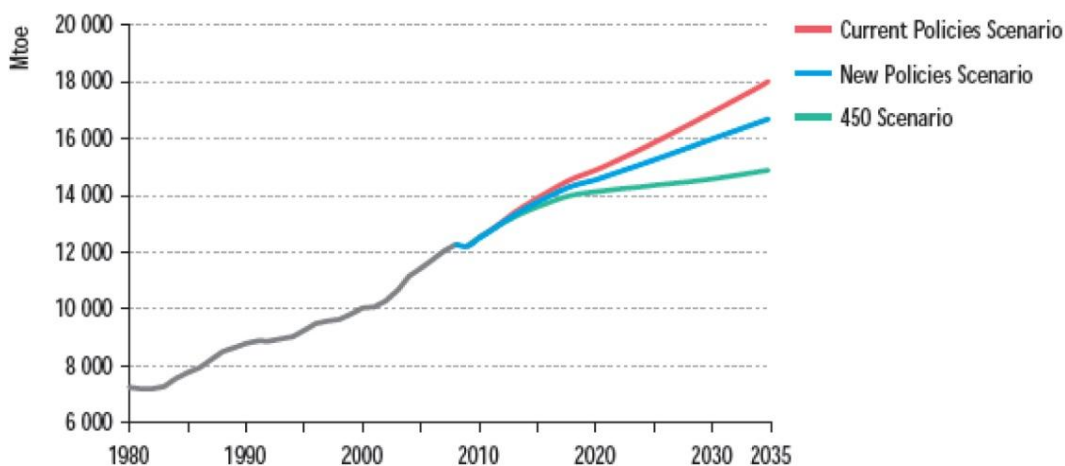


Figura 1.12. Domanda energetica primaria mondiale per scenari (WEO, 2010).

Pertanto, secondo quanto elaborato dal WEO con l'IEA, assumendo che la popolazione mondiale cresca secondo un tasso medio annuo dello 0,9% (Figura 1.11), che l'economia mondiale cresca ad un tasso medio del 4,4% nei prossimi anni fino al 2015 (grazie soprattutto ai Paesi non OECD) e a un tasso medio annuale del 3,1% nel periodo 2015-2035 (quindi imponendo che nel lungo periodo il tasso di crescita tenda ad attenuarsi) ed ipotizzando diversi scenari di domanda energetica (Figura 1.12), si dovrebbero realizzare gli andamenti in Figura 1.13 delle emissioni di gas serra, a seconda delle diverse ipotesi previste.

La formulazione di scenari per comprendere i cambiamenti in atto ed i sistemi in cui ci si trova è tipico degli organi di studio e di ricerca. A tal riguardo anche l'IPCC ha elaborato nel 2000 un Report Speciale sugli scenari di emissione (IPCC, 2000a).

Gli scenari SRES sono raggruppati in quattro "famiglie" (A1, A2, B1 e B2) che si rifanno a modelli di sviluppo alternativo, in relazione a variabili demografiche, economiche e tecnologiche differenti, con conseguenti diversi scenari di emissioni di gas serra. Gli scenari SRES non considerano ulteriori politiche climatiche se non quelle fino al momento note.

Ad esempio lo scenario A1 prevede che vi sia una rapidissima crescita economica mondiale, un picco di popolazione globale tra i più alti di metà del secolo e un'alta diffusione di nuove e più efficienti tecnologie. A1 è suddiviso in tre gruppi a seconda delle fonti energetiche utilizzate: utilizzo intensivo della sola risorsa fossile (A1FI), di sole risorse energetiche non fossili (A1T) ed infine di risorse miste (A1B).

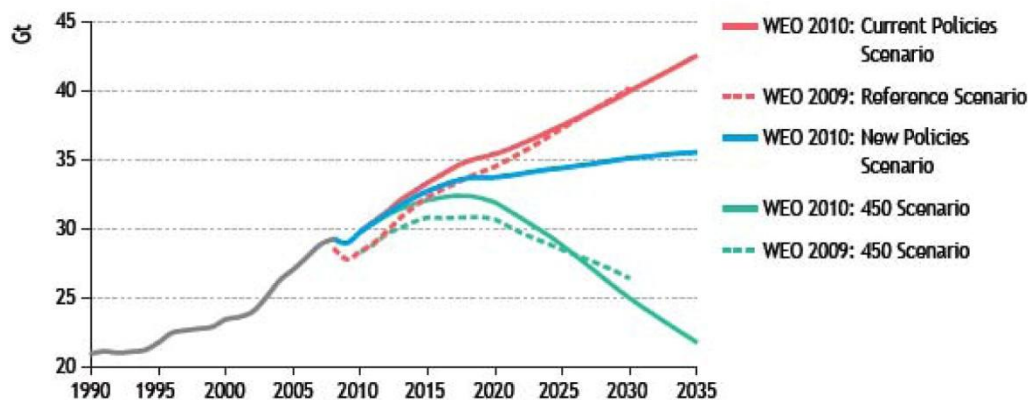


Figura 1.13. Emissioni globali di gas serra (in  $GtCO_{2eq}/anno$ ), per scenari (WEO, 2010).

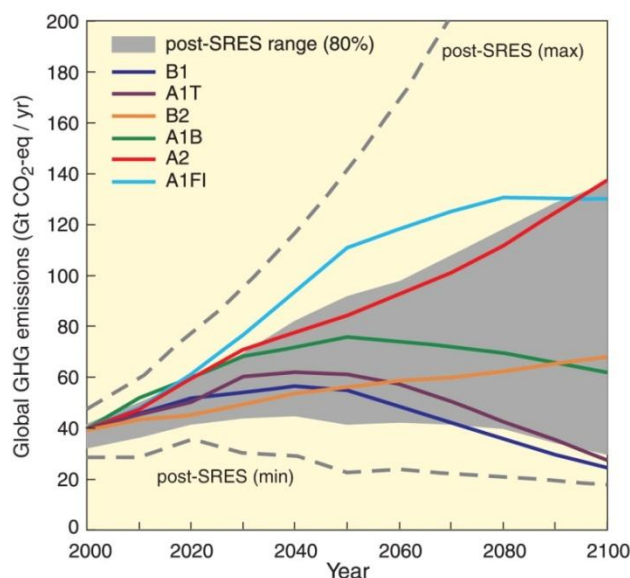


Figura 1.14. Emissioni globali di gas serra (in  $GtCO_{2eq}/anno$ ), in assenza di altre politiche sul clima, in funzione dei sei scenari ipotizzati (IPCC, 2007).

Lo scenario B1 è caratterizzato dalla stessa popolazione dello scenario A1, ma da più rapidi cambiamenti nelle strutture economiche a servizio di informazione ed economia, mentre B2 descrive un mondo con una popolazione intermedia e la crescita economica, che valorizzi, invece, aspetti di sostenibilità economica, sociale e ambientale.

Infine lo scenario A2 è rappresentato da un mondo molto eterogeneo, con una forte crescita della popolazione, un lento sviluppo economico ed un lento cambiamento tecnologico.

In Figura 1.14 è riportato l'andamento studiato dall'IPCC per i quattro scenari previsti.

## 1.4 Gli Impegni della Comunità Europea

### 1.4.1 Gli obiettivi del Protocollo di Kyoto in UE

La Tabella 1.3 evidenzia come nel 2008 le emissioni di GHG (gas serra) nei Paesi dell'UE

siano diminuite del 6,9% rispetto al 1990. I dieci nuovi Stati membri entrati nel 2004 nell'Unione Europea, ad eccezione di Cipro e Malta, hanno obiettivi di riduzione specifici da perseguire, stabiliti dal Protocollo di Kyoto, che non rientrano nell'obiettivo congiunto dell'UE-15.

Nella stessa tabella è riportato l'andamento delle emissioni di gas serra dal 1990 al 2008 per il gruppo UE-15, raffrontato all'obiettivo di riduzione previsto dal Protocollo di Kyoto. I Paesi contraddistinti da un asterisco sono i Paesi virtuosi, che sono in linea con l'impegno di Kyoto. Quelli contrassegnati da due asterischi, tra cui l'Italia, sono i Paesi in ritardo sul conseguimento dell'obiettivo.

In Figura 1.15 e Figura 1.16 viene illustrato, invece, l'andamento delle emissioni di gas serra sia per l'aggregato UE-15 che per l'UE-27 dal 1990 al 2008, comparato con l'obiettivo europeo di diminuzione del 20% dei gas serra entro il 2020.

I settori che hanno maggiormente contribuito alla riduzione delle emissioni nell'UE-27 dal 1990 al 2008 sono: produzione di energia (-135,7 Mt CO<sub>2eq</sub>), industria manifatturiera (-161,1 Mt CO<sub>2eq</sub>), residenziale/terziario (-94,6 Mt CO<sub>2eq</sub>) e agricoltura (-64,7 Mt CO<sub>2eq</sub>).

I settori sorgente che, nell'UE-27 al 2008, contribuiscono maggiormente alle emissioni sono il settore termoelettrico (79,1%), l'agricoltura (9,6%) e i processi industriali (8,3%).

**Tabella 1.3. Emissioni di gas serra (CO<sub>2eq</sub>) e obiettivi di riduzione previsti dal Protocollo di Kyoto, per Stato membro (EEA, 2010).**

Stato membro	Anno base (Mt)	2008 (Mt)	Trend 2007-2008 (Mt)	Trend 2007-2008 (%)	Trend 1990-2008 (%)	Obiettivo di Kyoto 2008-2012 e EU Burden sharing (%)
Austria**	79,0	86,6	-0,3	-0,4	9,6	-13,0
Belgio*	145,7	133,3	3,0	2,3	-8,6	-7,5
Danimarca**	69,3	63,8	-3,0	-4,5	-7,9	-21,0
Finlandia*	71,0	70,1	-7,9	-10,2	-1,2	0,0
Francia*	563,9	527,0	-3,2	-0,6	-6,5	0,0
Germania*	1232,4	958,1	0,7	0,1	-22,3	-21,0
Grecia	107,0	126,9	-5,0	-3,8	18,6	25,0
Irlanda**	55,6	67,4	-0,2	-0,3	21,3	13,0
Italia**	516,9	541,5	-11,1	-2,0	4,8	-6,5
Lussemburgo**	13,2	12,5	-0,30	-2,3	-5,1	-28,0
Paesi Bassi	213,0	206,9	0,0	0,0	-2,9	-6,0
Portogallo	60,1	78,4	-1,5	-1,9	30,3	27,0
Spagna**	289,8	405,7	-32,9	-7,5	40,0	15,0
Svezia*	72,2	64,0	-2,2	-3,3	-11,3	4,0
Regno Unito*	776,3	628,2	-11,8	-1,8	-19,1	-12,5
EU-15	4265,5	3970,5	-75,7	-1,9	-6,9	-8,0
Bulgaria	132,6	73,5	-2,4	-3,2	-44,6	-8,0
Cipro	N.a.	10,2	0,4	3,7	N.a.	N.a.

Repubblica Ceca	194,2	141,4	-6,1	-4,1	-27,2	-8,0
Estonia	42,6	20,3	-1,8	-8,2	-52,5	-8,0
Ungheria	115,4	73,1	-2,6	-3,4	-36,6	-6,0
Lettonia	25,9	11,9	-0,4	-3,1	-54,1	-8,0
Lituania	49,4	24,3	-1,1	-4,5	-50,8	-8,0
Malta	N.a.	3,0	-0,1	-1,8	N.a.	N.a.
Polonia	563,4	395,6	-4,3	-1,1	-29,8	-6,0
Romania	278,2	145,9	-6,7	-4,4	-47,6	-8,0
Slovacchia	72,1	48,8	1,1	2,3	-32,2	-8,0
Slovenia	20,4	21,3	0,7	3,5	4,6	-8,0
EU-27	N.a.	4939,7	-99,0	-2,0	N.a.	N.a.

\* Paese in linea con l'impegno di Kyoto

\*\*Paese in ritardo sul conseguimento dell'obiettivo

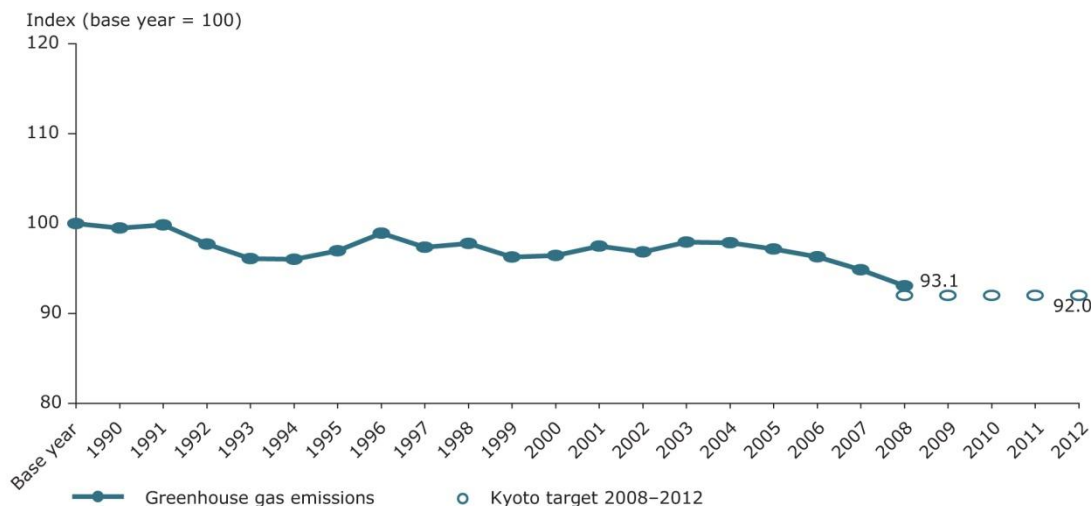
N.a.: Non applicabile.

Gli attuali livelli di emissioni e i dati di scenario per i prossimi anni mostrano che l'UE potrà raggiungere l'obiettivo di riduzione dei GHG del 20% al 2020, ricorrendo a misure nazionali, a patto che gli Stati membri implementino totalmente il pacchetto di misure su clima ed energia adottato dalla UE nel 2009.

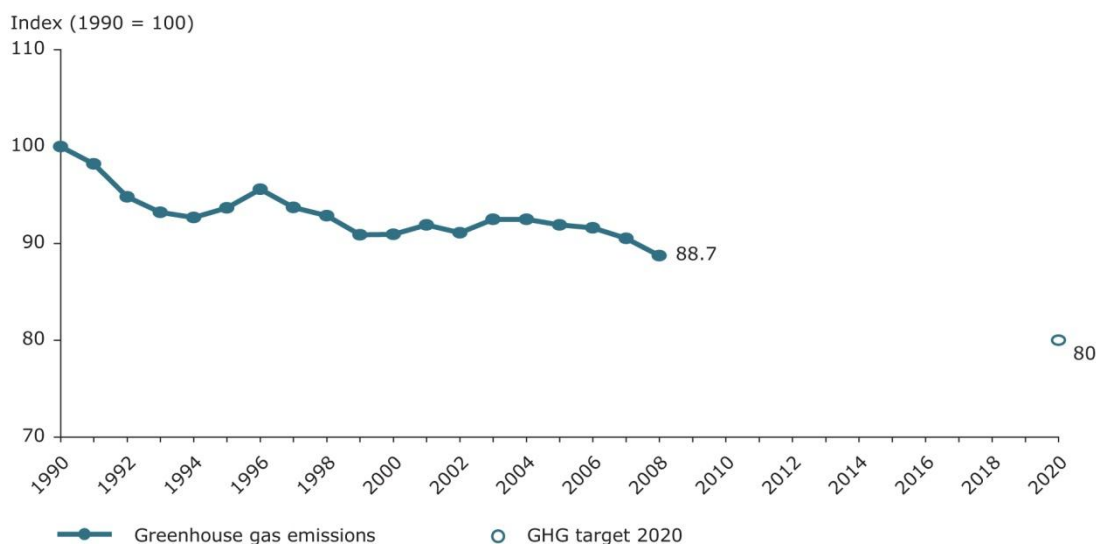
In base agli ultimi dati sulle emissioni l'UE-27 avrebbe già ridotto le proprie emissioni del 17,3% rispetto ai livelli del 1990, mentre l'UE-15 sembrerebbe sulla buona strada per il raggiungimento del -8% rispetto ai livelli del 1990.

Infatti, in base ai dati del 2009 ha già ridotto le proprie emissioni del 6,9% rispetto ai livelli del 1990, senza tener conto del contributo dei meccanismi flessibili e delle misure di assorbimento del carbonio (LULUCF).

Tuttavia, il valore medio europeo cela differenti situazioni tra i Paesi membri. Da un lato ci sono Paesi come la Germania, la Francia e il Regno Unito che hanno ridotto le emissioni in misura maggiore a quella dovuta, mentre altri Paesi come l'Italia, la Danimarca e l'Austria sono in ritardo sul conseguimento dell'obiettivo.



**Figura 1.15. EU-15: andamento dei GHG 1990-2008 rispetto all'obiettivo del Protocollo di Kyoto (2008-2012) escluso LULUCF (misure di assorbimento del carbonio) (EEA, 2010).**



**Figura 1.16. EU-27: andamento dei GHG 1990-2008 escluso LULUCF (misure di assorbimento del carbonio) (EEA, 2010).**

A seguito della recente crisi economica che si è abbattuta su tutto il sistema economico finanziario internazionale, ed anche in Europa, tra il 2005 e il 2008, l'UE ha ridotto le proprie emissioni dal 7% al 10% rispetto ai livelli del 1990: il pacchetto clima ed i prezzi elevati dell'energia hanno infatti accelerato il ritmo di riduzione delle emissioni nell'UE, già accelerato dalla crisi.

Grazie a questa riduzione straordinaria di emissioni nel 2009, l'UE ha emesso circa il 14% in meno di gas serra rispetto al 1990. Con la ripresa dell'attività produttiva nelle industrie ad alta intensità energetica, questa percentuale di riduzione non può essere ritenuta valida per il futuro.

In ogni caso, i costi legati al perseguimento dell'obiettivo di riduzione del 20% sono diminuiti: attualmente il costo per il perseguimento dello stesso obiettivo è di circa 48 miliardi di euro, ovvero il 30% in meno rispetto all'importo previsto due anni fa.

### 1.4.2 Il Pacchetto Clima-Energia 20-20-20

L'Unione Europea, con i suoi attuali 27 Stati, è responsabile di circa l'11% delle emissioni mondiali di gas serra. Il Protocollo di Kyoto prevede, per l'UE-15 (i 15 Paesi aderenti alla UE negli anni '90), una riduzione delle emissioni di gas serra dell'8% rispetto ai livelli del 1990, da realizzarsi nel periodo 2008-2012.

Il programma mirato ad aiutare l'UE ed i suoi Stati membri a raggiungere i propri obiettivi nel quadro del protocollo di Kyoto si intitola "*Programma europeo per il cambiamento climatico*" (ECCP). Gestito dalla Commissione europea, il programma ha finora consentito l'attuazione di circa 40 strategie e misure a livello europeo.

Le misure comunitarie, che completano le azioni intraprese da ciascuno Stato membro a livello nazionale, comprendono norme energetiche sugli edifici nonché regolamenti volti a limitare l'uso di alcuni gas industriali che contribuiscono particolarmente al riscaldamento climatico. Finora il sistema comunitario di scambi di quote d'emissione di gas responsabili dell'effetto serra rappresenta la misura più importante introdotta dal programma ECCP.

Nel dicembre del 2008 il Parlamento ha approvato il pacchetto clima-energia, che fissa obiettivi ambiziosi per il 2020, per limitare l'aumento globale della temperatura a +2 °C rispetto ai livelli pre-industriali. Lo scopo è indirizzare l'Europa sulla giusta strada verso un futuro sostenibile sviluppando un'economia a basse emissioni di CO<sub>2</sub> improntata all'efficienza energetica. Sono previste le seguenti misure:

- ridurre i gas ad effetto serra del 20%;
- ridurre i consumi energetici del 20% attraverso un aumento dell'efficienza energetica;
- soddisfare il 20% del nostro fabbisogno energetico mediante l'utilizzo delle energie rinnovabili.

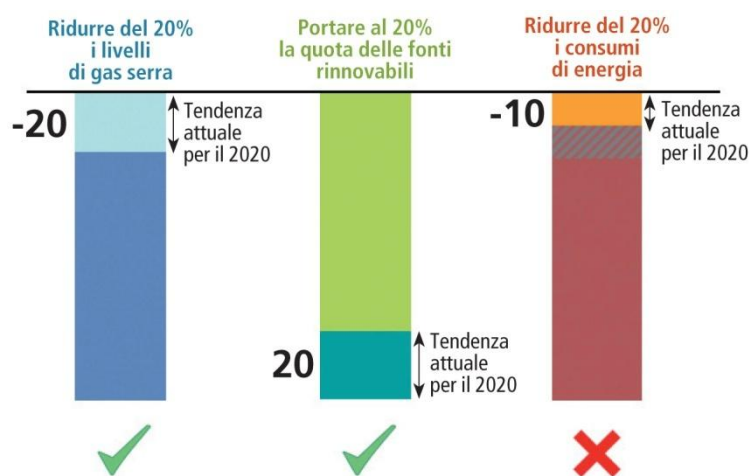


Figura 1.17. I tre obiettivi dell'UE al 2020 (Commissione Europea).

Il pacchetto comprende provvedimenti sul sistema di scambio di quote di emissione e

sui limiti alle emissioni delle automobili, esplicabili attraverso sei proposte legislative, sotto forma di Direttive e/o Regolamenti, che riguardano in particolare i seguenti sistemi:

- Sistema di scambio delle emissioni di gas a effetto serra (ETS)

La direttiva prevede il perfezionamento e l'estensione del sistema comunitario di scambio delle quote di emissione dei gas a effetto serra con l'obiettivo di ridurre le emissioni dei gas serra del 21% nel 2020 rispetto al 2005. A tal fine è stato previsto un sistema di aste, dal 2013, per l'acquisto di quote di emissione, i cui introiti andranno a finanziare misure di riduzione delle emissioni e di adattamento al cambiamento climatico. Tuttavia le industrie manifatturiere che sono a forte rischio di delocalizzazione, a causa dei maggiori costi indotti dal sistema, potranno beneficiare di quote gratuite fino al 2027. Nel 2010 si procederà a un riesame del regime.

- Ripartizione degli sforzi per ridurre le emissioni

Viene fissato l'obiettivo di ridurre del 10% le emissioni di gas serra prodotte in settori esclusi dal sistema di scambio di quote, come il trasporto stradale e marittimo o l'agricoltura. Sono stati fissati gli obiettivi nazionali di riduzione (per l'Italia 13%), prevedendo anche la possibilità per gli Stati membri di ricorrere a parte delle emissioni consentite per l'anno successivo o di scambiarsi diritti di emissione. Dei crediti sono anche previsti per progetti realizzati in paesi terzi. In caso di superamento dei limiti sono previste delle misure correttive.

- Cattura e stoccaggio geologico del biossido di carbonio

La direttiva istituisce un quadro giuridico per lo stoccaggio geologico ecosostenibile di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) con la finalità di contribuire alla lotta contro il cambiamento climatico. Fino a 300 milioni di euro, attinti dal sistema di scambio di emissione, finanzieranno 12 progetti dimostrativi, mentre le grandi centrali elettriche dovranno dotarsi di impianti di stoccaggio sotterraneo.

- Accordo sulle energie rinnovabili

Sono stati stabiliti degli obiettivi nazionali obbligatori (17% per l'Italia) per garantire che, nel 2020, una media del 20% del consumo di energia dell'UE provenga da fonti rinnovabili. Nel calcolo, a certe condizioni, potrà essere inclusa l'energia prodotta nei paesi terzi. La direttiva fissa poi al 10% la quota di energia "verde" nei trasporti e i criteri di sostenibilità ambientale per i biocarburanti. Il riesame delle misure nel 2014 non dovrà intaccare gli obiettivi generali. La direttiva, inoltre, detta norme relative a progetti comuni tra Stati membri, alle garanzie di origine, alle procedure amministrative, all'informazione e alla formazione, nonché alle connessioni alla rete elettrica relative all'energia da fonti rinnovabili.

- Riduzione del CO<sub>2</sub> da parte delle auto

Il regolamento che è stato emanato fissa il livello medio di emissioni di CO<sub>2</sub> delle auto nuove a 130 g CO<sub>2</sub>/km a partire dal 2012, da ottenere con miglioramenti tecnologici dei

motori. Una riduzione di ulteriori 10 g dovrà essere ricercata attraverso tecnologie di altra natura e il maggiore ricorso ai biocarburanti. Il compromesso stabilisce anche un obiettivo di lungo termine per il 2020 che fissa il livello medio delle emissioni per il nuovo parco macchine a 95 g CO<sub>2</sub>/km. Sono previste "multe" progressive per ogni grammo di CO<sub>2</sub> in eccesso, ma anche agevolazioni per i costruttori che sfruttano tecnologie innovative e per i piccoli produttori.

- Riduzione dei gas a effetto serra nel ciclo di vita dei combustibili

La direttiva fissa specifiche tecniche per i carburanti, stabilendo un obiettivo di riduzione del 6% delle emissioni di gas serra prodotte durante il ciclo di vita dei combustibili, da conseguire entro fine 2020 ricorrendo, ad esempio, ai biocarburanti. L'obiettivo potrebbe salire fino al 10% mediante l'uso di veicoli elettrici e l'acquisto dei crediti previsti dal protocollo di Kyoto. Il tenore di zolfo del gasolio per macchine non stradali, come i trattori, andrà ridotto. La direttiva, che dovrà essere trasposta nel diritto nazionale entro il 31 dicembre 2010, si applica a veicoli stradali, macchine mobili non stradali (comprese le navi adibite alla navigazione interna quando non sono in mare), trattori agricoli e forestali e imbarcazioni da diporto.

#### *1.4.3 Una nuova roadmap per l'UE al 2050*

L'Unione Europea, dopo aver adottato il pacchetto clima-energia, con gli obiettivi 20-20-20, ha presentato a Marzo 2011 una "roadmap" che dovrebbe consentire al Vecchio Continente di ottenere il taglio dei gas serra dell'80-95% entro il 2050, rispetto al 1990.

Infatti affinché la temperatura non aumenti più di 2°C, occorre che entro il 2050 i Paesi industrializzati riducano le emissioni dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990. Seppure una parte di tale riduzione potrebbe derivare dagli sforzi compiuti dall'UE al di fuori dei suoi confini, da una prima stima emerge che essa dovrebbe riuscire a ridurre di circa il 70% le emissioni sul suo territorio.

Tale roadmap consiste in una tabella di marcia volta a fare dell'UE un'economia competitiva a basse emissioni di carbonio entro il 2050. La tabella di marcia descrive in che modo sarà possibile conseguire, in maniera economicamente sostenibile ed entro tale data, l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas a effetto serra dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990. Essa si basa su un'analisi costi-benefici che prevede degli orientamenti per politiche settoriali, strategie nazionali e non, e investimenti a lungo termine intesi a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Per realizzare un'economia a basse emissioni di carbonio, nei prossimi 40 anni l'UE dovrà effettuare ulteriori investimenti annuali pari all'1,5% del PIL, ovvero 270 miliardi di euro, oltre all'attuale 19% del PIL già investito. Tale aumento ricondurrebbe semplicemente l'Europa ai livelli di investimento precedenti la crisi economica.



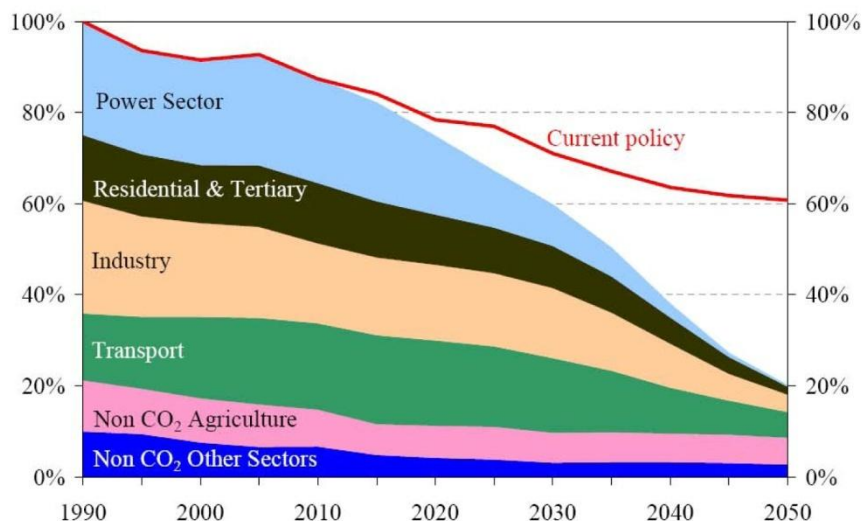


Figura 1.18. Riduzione delle emissioni europee di GHG dell'80% al 2050 (1990 = 100%) (Commissione Europea, 2011).

L'analisi rivela inoltre che, affinché l'obiettivo per il 2050 venga raggiunto nel modo economicamente più sostenibile, nel 2020 bisognerebbe ridurre le emissioni del 25%, anziché del 20% come attualmente fissato, e unicamente attraverso interventi a livello UE.

La roadmap dimostra che se l'Unione europea conseguisse l'obiettivo di migliorare del 20% la propria efficienza energetica - come riaffermato dai capi di Stato e di Governo al vertice sull'energia del 4 febbraio - e mettesse pienamente in atto il pacchetto di misure su clima ed energia adottato nel 2009 per il 2020, sarebbe possibile entro tale data ridurre del 25% le emissioni interne di carbonio.

L'UE potrebbe continuare ad incoraggiare gli Stati membri, le Regioni e le città ad intensificare gli investimenti a bassa emissione di CO<sub>2</sub> destinando una fetta più consistente dei fondi di coesione ad investimenti nelle tecnologie pulite. Si accelererebbe in tal modo la tendenza già in atto che vuole per i fondi di coesione un utilizzo più efficace, volto a dare slancio all'energia rinnovabile, all'efficienza energetica e ai trasporti pubblici.

La Roadmap 2050 per ogni settore chiave prevede un range di riduzione di emissioni, necessario per il raggiungimento dell'obiettivo globale di riduzione delle emissioni dell'80% al 2050. La forbice del range dipende dalle assunzioni sul tasso di innovazione tecnologica e sulla variabilità dei prezzi petroliferi.

**Tabella 1.4. Riduzioni per settore secondo la Roadmap 2050 (Commissione Europea, 2011).**

<b>Riduzioni GHG rispetto al 1990</b>	<b>2005</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>
Totale	-7%	-40 a -44%	-79 a -82%
Per settori:	0	0	0
Termoelettrico (CO <sub>2</sub> )	-7%	-54 a -68%	-93 a -99%
Industria (CO <sub>2</sub> )	-20%	-34 a -40%	-83 a -87%
Trasporti (incl. CO <sub>2</sub> sett. aeronautico, escl. sett. marittimo)	+30%	+20 a -9%	-54 a -67%
Trasporto stradale	+25%	+8 a -17%	-61 a -74%
Residenziale e Servizi (CO <sub>2</sub> )	-12%	-37 a -53%	-88 a -91%
Agricoltura (non CO <sub>2</sub> )	-20%	-36 a -37%	-42 a -49%
Altre emissioni (non CO <sub>2</sub> )	-30%	-72 a -73%	-70 a -78%

Il **settore elettrico** giocherà un ruolo importante nella transizione verso un'economia *low carbon*, in quanto secondo l'analisi svolta potrà quasi azzerare le proprie emissioni. Il settore elettrico europeo diventerà più diversificato e sicuro. È prevista una forte diffusione del fotovoltaico e una conseguente diminuzione dei costi.

Fondamentali saranno gli investimenti nelle *smart grid*, che permetteranno più efficienza nella gestione della domanda, una maggiore generazione distribuita e un aumento dell'elettrificazione nel settore trasporti. Senza considerare i benefici sull'affidabilità della rete, la sicurezza energetica e la riduzione dei gas serra.

Il **settore dei trasporti** contribuirà alla decarbonizzazione soprattutto attraverso veicoli con motori, materiali e design più efficienti; nuovi carburanti e nuovi sistemi di propulsione; miglior utilizzo delle reti e maggior sicurezza, grazie ai sistemi di comunicazione e informazione.

Fino al 2025 si punterà soprattutto sull'efficienza dei carburanti. Successivamente il contributo alla riduzione delle emissioni sarà dato dall'utilizzo di strumenti fiscali per decongestionare i centri urbani e abbassare i livelli di inquinamento atmosferico; dalla pianificazione intelligente delle città e dal rafforzamento delle reti di trasporto collettivo. Un ulteriore impulso alla decarbonizzazione del settore arriverà dai veicoli elettrici e ibridi plug-in, alimentati da batterie o celle a combustibile.

Il **settore edilizio** potrebbe permettere riduzioni delle emissioni fino al 90% al 2050, grazie al miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici. La Direttiva europea prevede che gli edifici costruiti a partire dal 2021 dovranno tendere allo *zero-energy*, e diversi Stati membri già prevedono criteri stringenti per l'efficienza energetica degli edifici. Recentemente il Consiglio europeo ha deciso che a partire dal 2012 gli Stati membri devono far rispettare gli standard sull'efficienza energetica per gli edifici pubblici rilevanti e per l'erogazione di servizi pubblici. Gli extra costi sostenuti saranno compensati dai risparmi sui costi energetici.

Un'altra sfida importante è la ristrutturazione in chiave *low carbon* degli edifici esistenti, per la quale i fondi strutturali rappresenteranno un'importante fonte di

finanziamento. Diversi Stati membri hanno adottato schemi di finanziamento a tasso agevolato per attirare il capitale privato. Un ulteriore contributo alla decarbonizzazione del settore civile sarà dato dall'utilizzo del solare termico, delle pompe di calore e dal rafforzamento delle reti di cogenerazione e teleriscaldamento.

Il **settore industriale** ed in particolare le industrie energivore possono dare un contributo di riduzione dal 83 al 87% al 2050, se si accelera l'innovazione dei processi in chiave low carbon, se aumenta il riciclo e se si impiegano tecnologie di abbattimento di emissioni non CO<sub>2</sub> come gli NO<sub>x</sub> e il metano.

Il **settore agricolo** contribuirà alle riduzioni di emissioni non-CO<sub>2</sub> in una percentuale compresa tra 42 e 49% rispetto ai livelli del 1990. Il settore primario ha già ridotto le sue emissioni negli ultimi anni, ma ulteriori riduzioni saranno possibili nei prossimi 20 anni, se si continuerà ad agire sull'innovazione delle pratiche agricole, su un uso più efficiente di fertilizzanti, sulla bio-gasificazione dei reflui animali, su una migliore gestione dei reflui animali, sulla produttività degli allevamenti e sull'allevamento estensivo.

Un contributo potrà arrivare anche da una maggiore diversificazione e commercializzazione dei prodotti agricoli su base locale, da un maggior riuso e riciclo di legno e carta e da cambiamenti nelle abitudini alimentari.

L'innovazione delle pratiche agricole e forestali porterebbe ad aumenti della **capacità di sequestro del carbonio nei suoli e nelle foreste**. Inoltre il settore agricolo è fondamentale per la produzione di biocombustibili.

## 1.5 Gli impegni dell'Italia

### 1.5.1 Il quadro normativo

Con la legge 120 del giugno 2002 (GURI, 2002) l'Italia ha ratificato il Protocollo di Kyoto, impegnandosi a ridurre entro il 2012 le emissioni di gas ad effetto serra del 6,5% rispetto ai livelli del 1990.

In attuazione della legge 120, il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica, con la delibera n. 123 del 19 dicembre 2002 (CIPE, 2002), ha approvato il Piano di Azione Nazionale per la riduzione delle emissioni dei gas serra (PAN).

Tuttavia già nel 1998, il CIPE, con delibera del 19 Novembre aveva emanato le *“Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra”*, presentando una prima definizione degli obiettivi quantitativi nazionali e compilando un bilancio nazionale delle emissioni serra a partire dal 1990 proiettato alla scadenza del 2012. L'obiettivo che veniva fissato dalla delibera era di una riduzione di circa 95-112 Mton/anno di CO<sub>2</sub> rispetto ai livelli del '90, agendo sull'aumento dell'efficienza di conversione energetica, sulla riduzione dei consumi energetici, sulle fonti rinnovabili, sui processi industriali, sulla forestazione.

Con l'approvazione della legge nazionale di ratifica del Protocollo di Kyoto il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) si impegnava a presentare al CIPE la proposta di revisione delle linee guida succitate. Da un punto di vista finanziario, nel triennio 2002-2004, la Legge di ratifica destinava 25 milioni di Euro/anno alla realizzazione di progetti pilota, a livello nazionale e internazionale, finalizzati alla riduzione delle emissioni e all'aumento degli assorbimenti di carbonio.

Il PAN 2003-2010, allegato alla delibera CIPE n. 123 del 2002 e redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio in riferimento alla legge n. 120, costituisce il documento fondamentale in base al quale viene definita la politica e la legislazione nazionale in tema di cambiamenti climatici.

Il Piano si riferisce alle misure, dirette e indirette, atte a garantire la riduzione delle emissioni climalteranti già adottate a livello nazionale, e propone una serie di provvedimenti aggiuntivi ed integrativi, come il ricorso ai meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto.

In particolare esso, sulla base delle emissioni del 1990 e dello scenario tendenziale di crescita, stabilisce:

- le quote di riduzione per i singoli settori per il periodo 2008-2012;
- il potenziale massimo di assorbimento di carbonio ottenibile mediante interventi di afforestazione e riforestazione e di gestione forestale e dei suoli agricoli, stimato in 10,2 Mt CO<sub>2eq</sub>;
- il ricorso illimitato ai meccanismi flessibili di JI e CDM anche per le imprese italiane.

Le misure principali di riduzione (Tabella 1.5) riguardano industria, trasporti, settore civile, crescita fonti rinnovabili e, alla data in cui sono state stabilite, avrebbero dovuto consentire una riduzione delle emissioni di 51,8 MtCO<sub>2eq</sub> l'anno nel periodo 2008-2012.

Con l'attuazione delle misure nel settore agricolo e forestale per una migliore gestione delle aree forestali e boschive e per la crescita dei serbatoi naturali in grado di assorbire anidride carbonica si prevedeva una riduzione di 10,2 MtCO<sub>2eq</sub> l'anno, mentre dalla promozione degli investimenti nei paesi in via di sviluppo e dell'Europa centro orientale, da parte delle imprese italiane, finalizzati a progetti di riduzione delle emissioni (tramite i meccanismi di Clean Development Mechanism e Joint Implementation per l'ottenimento di crediti di emissione o di carbonio) la riduzione prevista era di 30,8 MtCO<sub>2eq</sub> l'anno.

Nel dicembre 2007 è stata emanata una prima revisione della Delibera CIPE che aggiorna le linee guida per le misure nazionali di riduzione delle emissioni climalteranti e rivede i dati sulle emissioni di gas serra nell'anno-base 1990 e le previsioni al 2010.

**Tabella 1.5. Misure di riduzione previste dal PAN (CIPE, 2002).**

<b>Settori di riduzione</b>	<b>Riduzione (Mt CO<sub>2</sub>/anno)</b>
Industria elettrica	26,0
Espansione CC per 3200 MW	8,9
Espansione capacità import per 2300 MW	10,6
Ulteriore crescita rinnovabili per 2800 MW	6,5
Civile	6,3
Trasporti	7,5
Autobus e veicoli privati con carburanti a minor densità di carbonio (Gpl, metano)	1,5
Sistemi di ottimizzazione e collettivizzazione del trasporto privato Rimodulazione dell'imposizione sugli oli minerali Attivazione sistemi informatico-telematici	2,1
Sviluppo infrastrutture nazionali e incentivazione del trasporto combinato su rotaia e del cabotaggio	3,9
Civile	6,3
Totale misure nazionali	39,8
Crediti di carbonio da JI e CDM	12
<b>TOTALE MISURE</b>	<b>51,8</b>

Le emissioni di gas serra nell'anno-base 1990, quantificate inizialmente in 521 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2eq</sub>), sono state stabilite in 516,85 MtCO<sub>2eq</sub>. Le emissioni di gas serra al 2010 inizialmente quantificate in 579,7 MtCO<sub>2eq</sub> vengono stimate in 587,0 MtCO<sub>2eq</sub>.

A livello nazionale, inoltre, nel 2008, con l'articolo 7 del decreto-legge n. 112 (conv. dalla legge n. 133/2008), il legislatore aveva introdotto nell'ordinamento l'istituto della "*Strategia energetica nazionale*" (SEN), quale strumento di indirizzo e programmazione della politica energetica nazionale, cui pervenire a seguito di una Conferenza nazionale dell'energia e dell'ambiente.

Al centro di questo istituto era l'attivazione di una nuova politica per l'energia nucleare. Il decreto-legge 34/2011, come modificato dalla legge di conversione n. 75/2011, aveva dettato una nuova formulazione che manteneva l'istituto della "Strategia energetica" senza però riferimento al nucleare, ma anche questa nuova formulazione è stata abrogata dal referendum del 12 e 13 giugno 2011 (abrogazione resa esecutiva con D.P.R. n. 114/2011).

Ad oggi l'Agenzia ENEA, nel suo ruolo di ente di ricerca e nella sua funzione di supporto al decisore pubblico, è impegnata con il Ministero dello Sviluppo Economico in una attività che ha come obiettivo la predisposizione di un documento utile alla messa a punto di una Strategia Energetica Nazionale che, nell'ambito degli impegni assunti dall'Italia in sede comunitaria, affronti le problematiche della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e della crescita della competitività del sistema paese in una prospettiva di sviluppo economico sostenibile.

In questo ambito, infatti, il Governo Italiano nel 2007 aveva adottato il Piano d'azione per l'efficienza energetica (MSE, 2007), PAEE, in attuazione della Direttiva 2006/32/CE (GUCE, 2006), in cui aveva stabilito un obiettivo di risparmio al 2016 del 9,6% rispetto al consumo medio annuo del quinquennio 2001-2006, equivalente a 10,8 Mtep.

La predisposizione e l'aggiornamento periodico del PAEE costituiscono, difatti, un obbligo derivante dal recepimento della Direttiva 2006/32/CE che stabilisce, tra l'altro, l'obiettivo indicativo nazionale di risparmio energetico negli usi finali - da conseguire al 2016, nono anno di applicazione della Direttiva del 9,0% e richiede a ciascuno Stato membro di stabilire un obiettivo nazionale intermedio di risparmio energetico al 2010. Momenti di aggiornamento del Piano sono il 2011 e il 2014.

Dal momento dell'emanazione della Direttiva e del suo recepimento in Italia, la questione energetica e la lotta alle emissioni climalteranti hanno avuto un ruolo via via più importante e di recente la Commissione Europea, con il Piano d'azione europeo per l'efficienza energetica, ha rimarcato il ruolo che l'efficienza energetica ha come strumento imprescindibile di riduzione dei consumi, in particolare per il conseguimento dell'obiettivo di riduzione del 20% dei consumi di energia primaria rispetto al tendenziale entro il 2020 e di avvio concreto verso un economia efficiente delle risorse.

Nel mese di Luglio 2011 è stata presentata la Bozza del PAEE 2011, le cui direttrici principali sono quattro:

- il risparmio energetico in edilizia,
- lo sviluppo del meccanismo dei certificati bianchi,
- gli interventi tecnologici e organizzativi nel settore dei trasporti;
- l'efficiamento energetico nell'industria e nei servizi.

Il PAEE 2011 mantiene inoltre l'obiettivo quantitativo di riduzione dei consumi al 2016 pari al 9% (126.540 GWh/anno) rispetto alla media del quinquennio 2003-2007.

Una novità di grande rilievo del PAEE 2011, rispetto al Piano precedente, è costituita dall'indicazione delle misure che si prevede di attivare per soddisfare il requisito previsto dalla Direttiva 2006/32/CE con riferimento al ruolo esemplare del Settore Pubblico.

In particolare le misure considerate, includono:

- l'istituzione di un Osservatorio che avrà come obiettivo la costruzione di un quadro di riferimento sullo stato di implementazione a livello territoriale dei programmi di efficienza energetica e sulla loro efficacia, di supporto al processo di definizione delle politiche e di individuazione delle misure attuative, in un ottica di sistema e di condivisione tra istituzioni e stakeholders, sia di livello pubblico che privato;
- la valorizzazione dei risultati nazionali dell'iniziativa europea "Patto dei Sindaci", che hanno portato all'approvazione di circa 30 PAES (Piani D'Azione per l'Energia Sostenibile) approvati dai Comuni italiani;
- la valutazione degli effetti derivanti dall'adozione nel 2008 del "Piano d'azione per

la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (Piano d'azione nazionale sul "green public procurement - PAN GPP)", approvato con Decreto interministeriale n. 135 del 11 aprile 2008 (GU n.107 del 8 maggio 2008). Il Piano fornisce indicazioni operative alle stazioni appaltanti pubbliche per l'acquisto di prodotti, servizi o lavori con impatti ambientali ridotti lungo l'intero ciclo di vita e più efficienti sotto il profilo energetico.

Un altro strumento di politica economica attraverso cui sono messe a disposizione risorse pubbliche per la concessione di credito agevolato a sostegno di investimenti che contribuiscono alla riduzione delle emissioni clima-alteranti e, di conseguenza, al rispetto degli obblighi imposti dal Protocollo di Kyoto è il Fondo Rotativo, istituito con la Legge Finanziaria Italiana del 2007 (legge 27 dicembre 2006, n. 296).

### *1.5.2 L'Inventario nazionale dei gas serra*

In quanto parte della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e firmataria del Protocollo di Kyoto, l'Italia deve pubblicare e aggiornare regolarmente un **inventario nazionale delle emissioni di gas serra**.

L'inventario è uno strumento di analisi e programmazione necessario per pianificare gli interventi di riduzione delle emissioni.

L'istituzione dell'inventario è avvenuta con la Decisione Europea n. 280/2004/CE (GUCE, 2004), che prevede un meccanismo europeo destinato:

- al controllo, all'interno degli Stati membri, di tutte le emissioni antropiche di gas serra (compreso l'assorbimento da parte dei pozzi di assorbimento);
- alla valutazione dei progressi compiuti nell'adempimento degli impegni assunti dalla Comunità a livello di emissioni e del loro assorbimento;
- all'attuazione della convenzione UNFCCC e del protocollo di Kyoto;
- alla verifica delle informazioni che la Comunità trasmette al Segretariato dell'UNFCCC, che devono essere complete, precise, coerenti, trasparenti e comparabili.

L'obiettivo della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) è quello di stabilizzare le concentrazioni di gas serra (GHG) nell'atmosfera a un livello tale da prevenire e ridurre la pericolosa interferenza antropica sul sistema climatico. La capacità della comunità internazionale di raggiungere questo obiettivo dipende da una conoscenza accurata delle tendenze delle emissioni di gas serra.

Pertanto ai sensi degli articoli 4 e 12 della Convenzione e delle relative decisioni della Conferenza delle Parti (COP), le Parti dell'Annex I della Convenzione devono presentare annualmente alla Segreteria nazionale degli inventari di gas ad effetto serra delle emissioni antropiche.

Inoltre devono fornire i dati degli inventari in forma sintetica nelle loro comunicazioni

nazionali ai sensi della Convenzione. Tali inventari sono oggetto di un processo annuale di revisione tecnica.

La qualità e la credibilità degli inventari dei gas serra si basano sull'integrità delle metodologie utilizzate, la completezza delle relazioni, le procedure per la compilazione dei dati. Per promuovere l'offerta di informazione credibile e coerente di gas serra, la Conferenza delle Parti (COP) ha messo a punto requisiti standardizzati per la segnalazione inventari nazionali.

L'inventario nazionale è aggiornato annualmente dall'ISPRA e inviato all'UNFCCC e alla Commissione europea nell'ambito del *Greenhouse Gas Monitoring Mechanism*.

Report e serie storiche sulle emissioni in Italia sono disponibili sulla Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, dal sito internet dell'IPRA, e nella sezione "GHG Inventory Data" del sito UNFCCC.

Le linee guida UNFCCC (UNFCCC, 2008) per inventari annuali richiedono che l'inventario nazionale dei gas serra sia inviato entro il 15 aprile di ogni anno.

Secondo le linee guida UNFCCC per le parti dell'Annex I l'inventario deve comprendere due parti:

- Modello di relazione comune (CRF), ovvero una serie di tabelle di dati standardizzati contenenti informazioni principalmente numeriche e presentate per via elettronica;
- National Inventory Report (NIR), cioè una descrizione completa delle metodologie utilizzate nella compilazione dell'inventario, le fonti di dati, le strutture istituzionali e di garanzia della qualità e procedure di controllo

La metodologia accreditata dall'UNFCCC per la redazione dell'inventario dei gas serra è rappresentata dalla Linee Guida IPCC 2006, di cui si parlerà nel capitolo successivo.

### *1.5.3 Lo scenario emissivo nazionale*

Le emissioni italiane di gas serra, contrariamente all'obiettivo di riduzione fissato al 2012, del 6,5% rispetto al 1990, nel 2007 erano aumentate del 7,3%, in base al rapporto annuale (Inventario Nazionale delle Emissioni, NIR) ufficialmente consegnato realizzato dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e comunicato ufficialmente agli organismi internazionali, in particolare l'UNFCCC, dopo l'approvazione da parte del Ministero dell'Ambiente. Il trend emissivo era fuori target di Kyoto.

Dal grafico di Figura 1.19 è possibile visualizzare il trend delle emissioni di gas serra che parte da 516,9 MtCO<sub>2eq</sub> nel 1990, passa per 550,4 MtCO<sub>2eq</sub> nel 2000, registrando un picco nel 2005 con 573,6 MtCO<sub>2eq</sub>, per poi scendere, complice il momento economico in forte decrescita, fino a 544 MtCO<sub>2eq</sub> nel 2008.



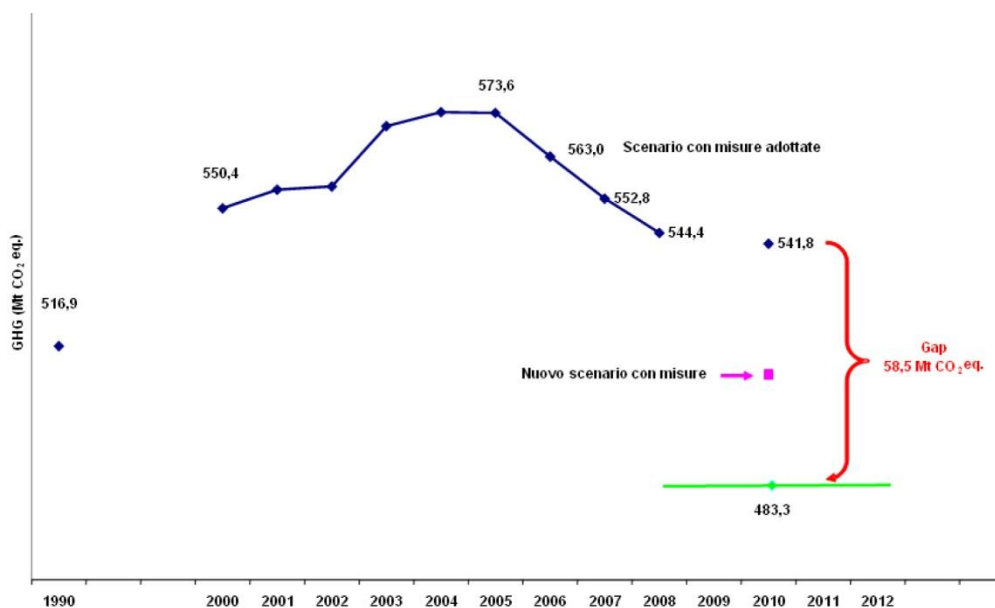


Figura 1.19. Emissioni nazionali di gas serra fino al 2008 e distanza dal Protocollo di Kyoto (ENEA, 2010).

L'obiettivo da raggiungere in ottemperanza al Protocollo di Kyoto è fissato con un valore medio, nel "commitment period" del 2008-2012, a 483,3 MtCO<sub>2eq</sub> al 2012. Il gap, su scenari previsionali di riferimento, è di 58,5 MtCO<sub>2eq</sub>.

Analizzando parimenti il grafico di Figura 1.20, aggiornato al più recente NIR di Marzo 2011 (ISPRA, 2011), si può infatti osservare che, in aggiunta a quanto precedentemente detto, nel periodo 2004-2009, le emissioni sono diminuite marcatamente, fino a giungere al valore di 491,12 MtCO<sub>2eq</sub>, raggiungendo il valore più basso dal 1990 ad oggi.

Questo calo è strettamente legato alla recessione economica degli ultimi anni, che ha avuto una notevole influenza sui livelli di produzione, in particolare su quelli dell'energia e dei processi industriali, con conseguente riduzione delle emissioni totali.

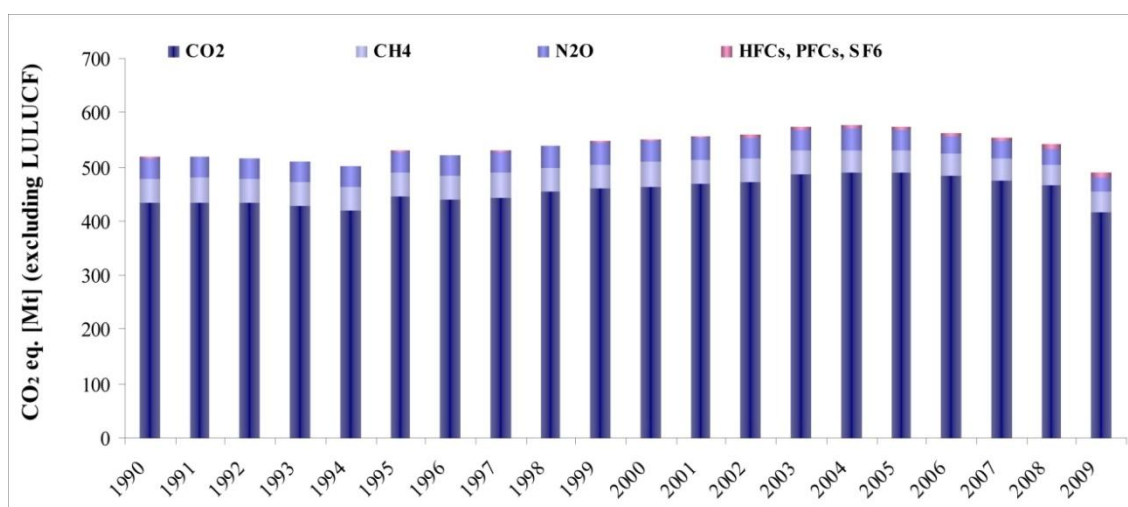


Figura 1.20. Emissioni nazionali di gas serra dal 1990 al 2009, escluso il LULUCF (ISPRA, 2011).

I settori sorgente, per come stabilito dall'UNFCCC (UNFCCC, 2008) sono rappresentati da:

- “Energy” comprende le emissioni di CO<sub>2</sub>, rilasciate nei processi di combustione, dalle industrie energetiche (termoelettrico, raffinerie, ecc) dalle industrie manifatturiere e di costruzione, dai trasporti, altri settori (commerciale, residenziale, agricoltura e pesca);
- “Industrial Process”, i processi industriali, comprendono le emissioni prodotte da prodotti minerali, industrie chimiche, produzione di metalli, e altro;
- “Solvent and Other Product Use” calcola le emissioni da solventi e usi di altri prodotti;
- “Agriculture” si riferisce alla CO<sub>2</sub> generata dai processi bio-chimici del settore agricolo: le fermentazioni, la gestione manuale del suolo, le coltivazioni del riso e la combustione degli alberi, ecc.;
- gli scambi del “Land Use” e foreste (LULUCF) considerano la capacità di assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte delle foreste;
- “Waste” e “Other” comprende le emissioni di CO<sub>2</sub> dal settore dei rifiuti e/o da altri settori non definibili a priori.

Il settore a maggiore rilascio di emissioni è il settore “Energy” (Tabella 1.6) con un contributo alle emissioni totali di GHG (greenhouse gas) che è passato dall’80,6% nel 1990 all’82,8% nel 2009.

Tabella 1.6. Emissioni di gas serra nazionali per settore (ISPRA, 2011).

Settore emissivo e categoria di assorbimento	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009
	CO <sub>2eq</sub> (Mt)						
Energia	418,54	450,76	473,54	468,31	458,52	450,80	406,74
Processi Industriali	37,67	35,31	41,11	36,59	37,14	34,29	29,94
Uso di solventi e di altri prodotti	2,45	2,30	2,14	2,14	2,10	2,00	1,86
Agricoltura	40,62	40,04	37,90	36,69	37,31	35,95	34,48
Uso del suolo, cambiamenti d’uso del suolo e Foreste (LULUCF)	-61,79	-78,89	-90,54	-96,96	-73,31	-92,83	-94,67
Rifiuti	19,86	23,21	20,82	20,17	19,49	18,71	18,09
Altro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TOTALE (escluso LULUCF)	519,16	551,64	574,89	563,91	554,57	541,75	491,12

Il gas serra a maggiore rilevanza si conferma essere la CO<sub>2</sub>, con l’85% del contributo rispetto alle emissioni in termini di CO<sub>2eq</sub> (Figura 1.22).

Nel 2010 le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O sono pari, rispettivamente, al 7,6% e 5,7% delle emissioni totali di CO<sub>2eq</sub>, con una diminuzione del 14,3% dal 1990 al 2009 delle emissioni di CH<sub>4</sub>, mentre l’N<sub>2</sub>O è diminuito del 25,3% (Figura 1.23 e Figura 1.24).

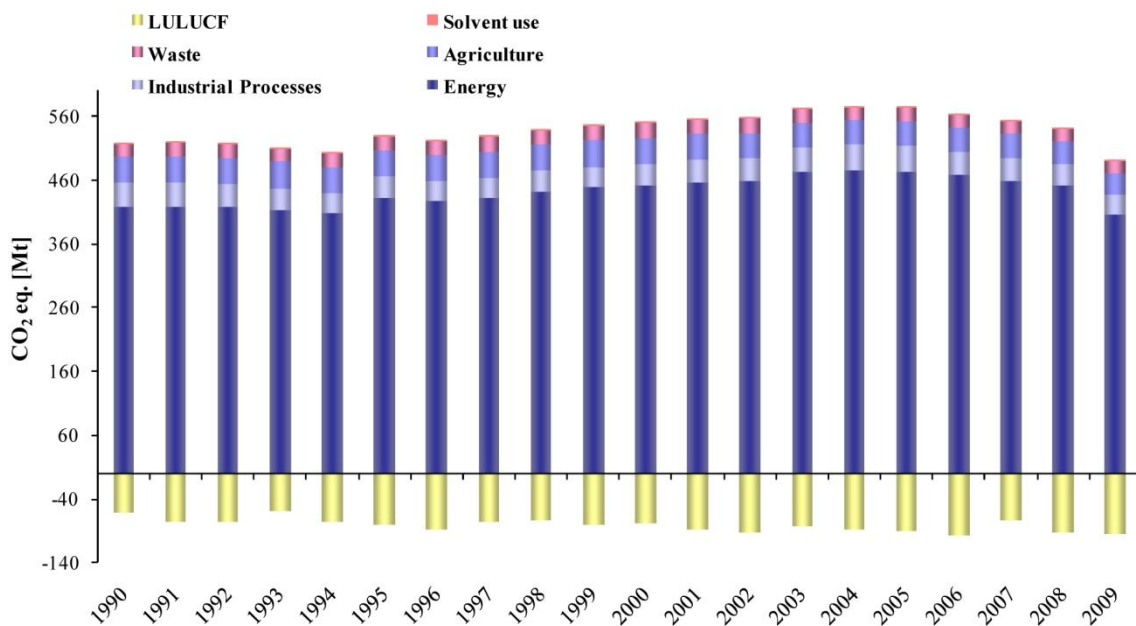


Figura 1.21. Emissioni e rimozioni di nazionali di gas serra dal 1990 al 2009 in CO<sub>2</sub>eq (ISPRA, 2011).

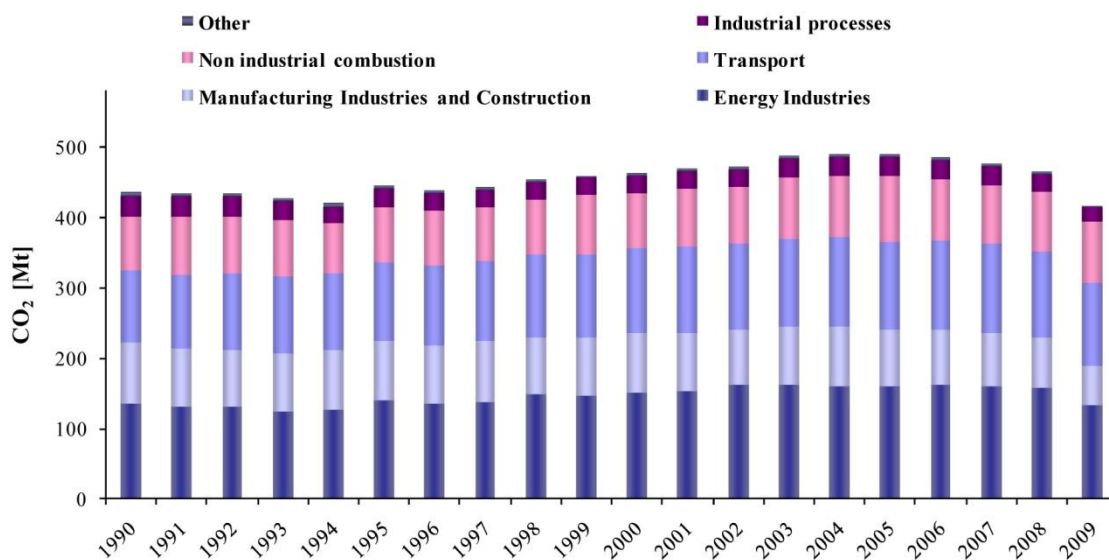


Figura 1.22. Emissioni nazionali di CO<sub>2</sub> per settore dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

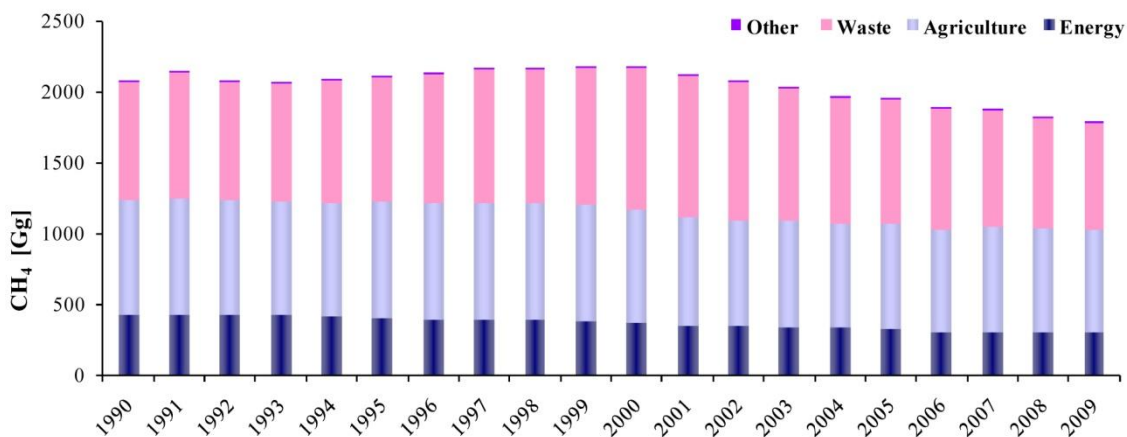


Figura 1.23. Emissioni nazionali di CH<sub>4</sub> per settore dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

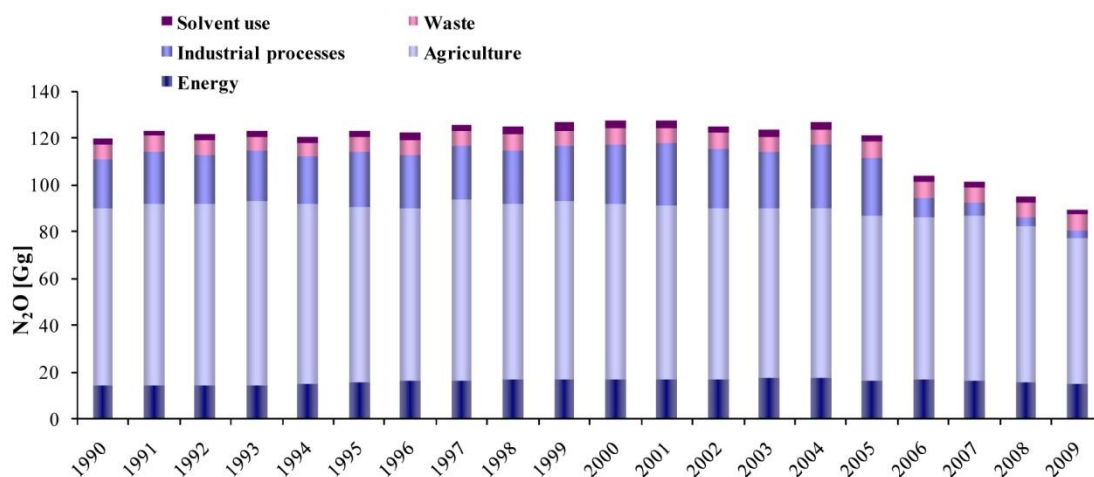


Figura 1.24. Emissioni nazionali di N<sub>2</sub>O per settore dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

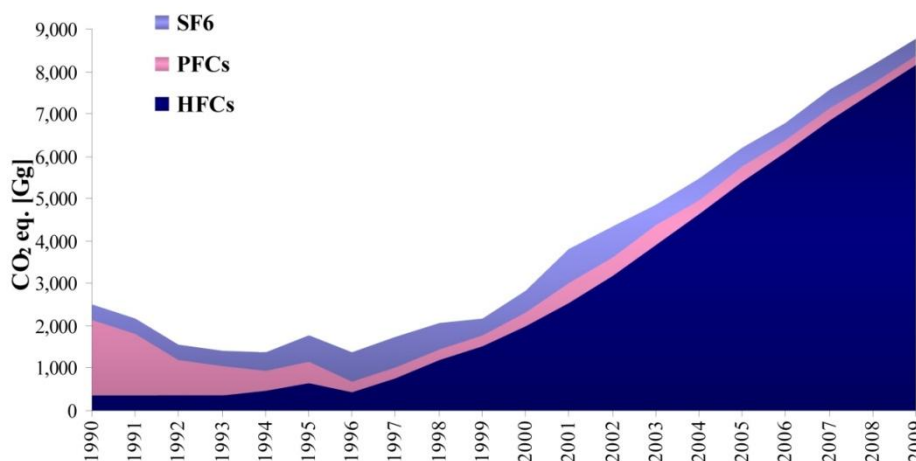


Figura 1.25. Emissioni nazionali di gas fluorurati dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

#### 1.5.4 Lo scenario emissivo regionale

La Conferenza dei Presidenti delle Regioni ha approvato nel giugno 2001 un “Protocollo d’intesa della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome per il Coordinamento delle Politiche finalizzate alla Riduzione delle Emissioni dei Gas Serra nell’atmosfera”, noto come Protocollo di Torino (CoPre, 2001), con il quale anche le Regioni e le Province Autonome si sono impegnate a garantire l’orientamento delle diverse politiche quanto più possibile alla riduzione dei gas serra.

L’obiettivo con il quale l’Italia si è impegnata a ridurre le emissioni del 6,5% risulta tuttavia relativamente ambizioso, in funzione soprattutto del fatto che la nazione è caratterizzata da una bassa intensità energetica, anche se un buon livello di efficienza energetica, raggiunta a causa della forte dipendenza energetica dall’estero. Pertanto, anche a livello regionale risulta importante che venga rispettato un impianto coerente con le politiche, le misure, gli strumenti e gli obiettivi disegnati a livello prima nazionale e poi europeo.

La possibilità di procedere verso un *burden sharing* (ripartizione della responsabilità

nella riduzione delle emissioni) regionale sta, infatti, recentemente prendendo piede (ENEA, 2008): già nella Legge Finanziaria 2008 era presente infatti una proposta di ripartizione regionale degli obiettivi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili, individuati dalla direttiva 2001/77/CE. Ciononostante, ad oggi, non si è ancora arrivati ad una formalizzazione legislativa che chiarisca sia il ruolo degli Enti locali nel raggiungimento degli obiettivi nazionali che i criteri di ripartizione delle riduzioni.

Il processo di decentramento nella politica energetica italiana è stato avviato con la prima Legge in materia energetica, la Legge 10/91, che ha conferito alle Regioni maggiori responsabilità e potestà in materia energetico-ambientale.

Il punto centrale di questo processo è quello di aver assegnato alle Regioni il compito di predisporre i Piani Energetici Regionali, che rappresentano gli strumenti principali di programmazione e di indirizzo, relativi alle politiche energetiche.

In particolare i Piani energetici rappresentano l'anello di congiunzione tra gli obiettivi generali di politica energetica e le specifiche proposte regionali, definendo a livello territoriale secondo un disegno armonico, quanto deciso a livello centrale.

Le delibere CIPE 137/98 e 123/02, ancora, segnano un altro importante passaggio per lo svolgimento dei loro compiti in campo energetico e ambientale, con l'assunzione di una piena responsabilità, non solo di ciascuna Regione per le attività e gli obiettivi propri, ma per l'insieme delle Regioni, con una impostazione d'integrazione, nell'ambito degli indirizzi nazionali e comunitari.

Per quantificare i livelli di emissione, identificare le fonti principali e verificarne il rispetto dei limiti di emissione in forza degli impegni di riduzione intrapresi nei diversi contesti, diventano progressivamente frequenti vari esercizi di inventari regionali.

A livello regionale, tuttavia, non esiste una metodologia ufficiale poiché le Regioni, a differenza dei soggetti nazionali, non sono investite dell'obbligo di comunicare le proprie emissioni, se pur chiamate a svolgere un ruolo attivo nel raggiungimento degli obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra.

Uno strumento molto utile, a tal proposito, è il rapporto annuale delle emissioni regionali di CO<sub>2</sub> dal sistema energetico regionali redatto dall'ENEA, giunto nel 2010 alla sua terza edizione (ENEA, 2010). Esso, infatti, ha come scopo principale quello di elaborare una stima delle emissioni di anidride carbonica per le regioni d'Italia.

La stima per il livello regionale delle emissioni di anidride carbonica viene effettuata secondo la metodologia ENEA che si basa sui consumi derivanti dal sistema energetico.

La metodologia usata riflette un percorso classico di stima delle emissioni che fa riferimento, per l'appunto, al progetto CORINAIR (EMEP/CORINAIR, 2007), in base al quale i dati energetici (forniti dai Bilanci Energetici Regionali, BER) vengono rapportati a dei fattori di emissione.

Il rapporto parte dall'inventario nazionale, redatto da ISPRA, come base di confronto e

punto di partenza dell'analisi di approfondimento del livello regionale.

Analizzando la Tabella 1.7 si può osservare come, a livello nazionale, si sia passati da un valore di circa 411 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> nel 1990, a 464 milioni di tonnellate nel 2006. Questo aumento, pari al 12,7%, è sostanzialmente dovuto ad un congruo contributo di alcune regioni.

Infatti al 2006 il contributo più alto di emissioni in valore assoluto è dato dalla Lombardia con 78.351 kt, dalla Puglia con 61.017 e dall'Emilia Romagna con 40.927 kt, seguite dal Veneto con 37.749 kt.

Le variazioni delle emissioni verificatesi negli ultimi dieci anni offrono una lettura dinamica della situazione delle Regioni; nella Tabella 1.7 vengono riportate, per ogni regione italiana, le emissioni nel 1990 e nel 2006 e le variazioni, assolute e percentuali, nell'intero periodo.

**Tabella 1.7. Emissioni di CO<sub>2</sub> regionali per gli anni 1990 e 2006, e variazione assoluta e relativa (ENEA, 2010).**

Regione	Emissioni (ktCO <sub>2</sub> )		Variazione	
	1990	2006	Assoluta (ktCO <sub>2</sub> )	Relativa (%)
Piemonte	24.823	31.416	6.593	26,6%
Valle d'Aosta	1.090	1.606	516	47,3%
Lombardia	65.339	78.351	13.012	19,9%
Trentino A.A.	4.876	6.713	1.837	37,7%
Veneto	37.298	37.749	451	1,2%
Friuli Venezia G.	10.123	13.405	3.282	32,4%
Liguria	23.587	17.523	-6.064	-25,7%
Emilia Romagna	33.778	40.927	7.149	21,2%
Toscana	29.910	33.192	3.282	11,0%
Umbria	5.724	9.003	3.279	57,3%
Marche	6.853	8.897	2.044	29,8%
Lazio	35.595	36.377	782	2,2%
Abruzzo	5.308	7.510	2.202	41,5%
Molise	1.695	3.015	1.320	77,9%
Campania	19.457	17.374	-2.083	-10,7%
Puglia	44.498	61.017	16.519	37,1%
Basilicata	2.231	3.418	1.187	53,2%
Calabria	9.408	9.445	37	0,4%
Sicilia	35.806	30.428	-5.378	-15,0%
Sardegna	14.496	16.813	2.317	16,0%
Italia	411.895	464.179	52.284	12,7%

Nelle Figura 1.26 e Figura 1.27 vengono invece riportate, per le diverse Regioni, rispettivamente le variazioni, assolute e percentuali, delle emissioni di CO<sub>2</sub> determinatisi nel 2006 rispetto al 1990.

È evidente come gli incrementi più vistosi, superiori al 50%, hanno interessato le regioni con quantitativi emissivi poco rilevanti, quali Umbria, Molise e Basilicata. Hanno registrato diminuzioni la Liguria, la Sicilia e la Campania.

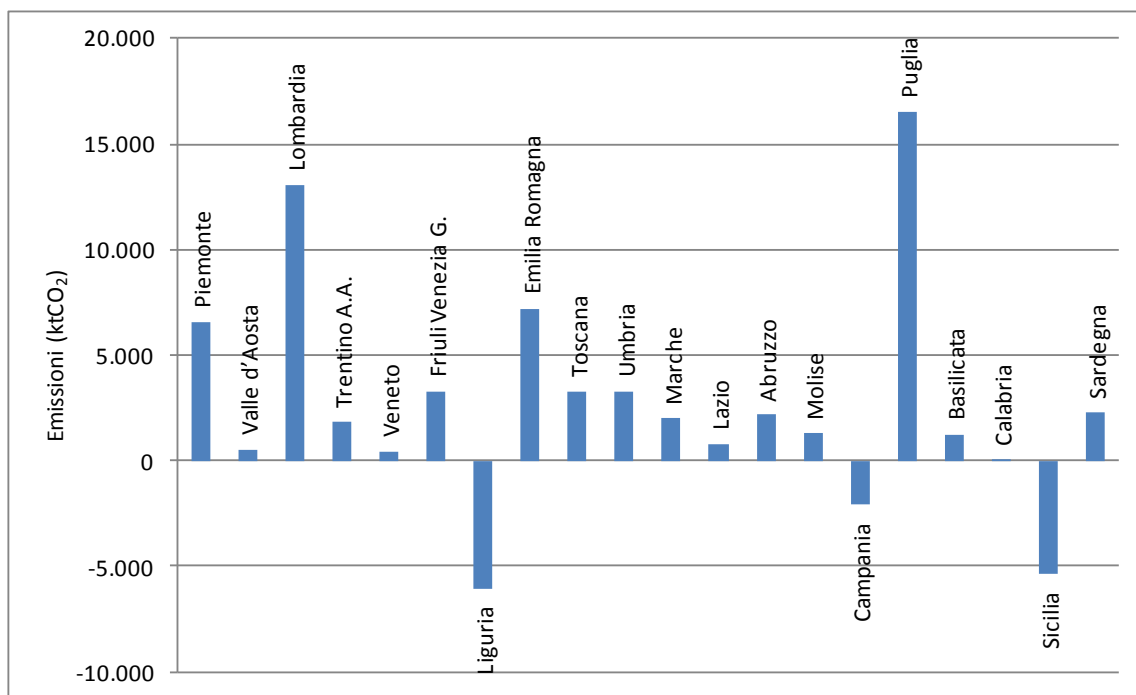


Figura 1.26. Variazione assoluta delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel 2006 rispetto al 1990 (ENEA, 2010).

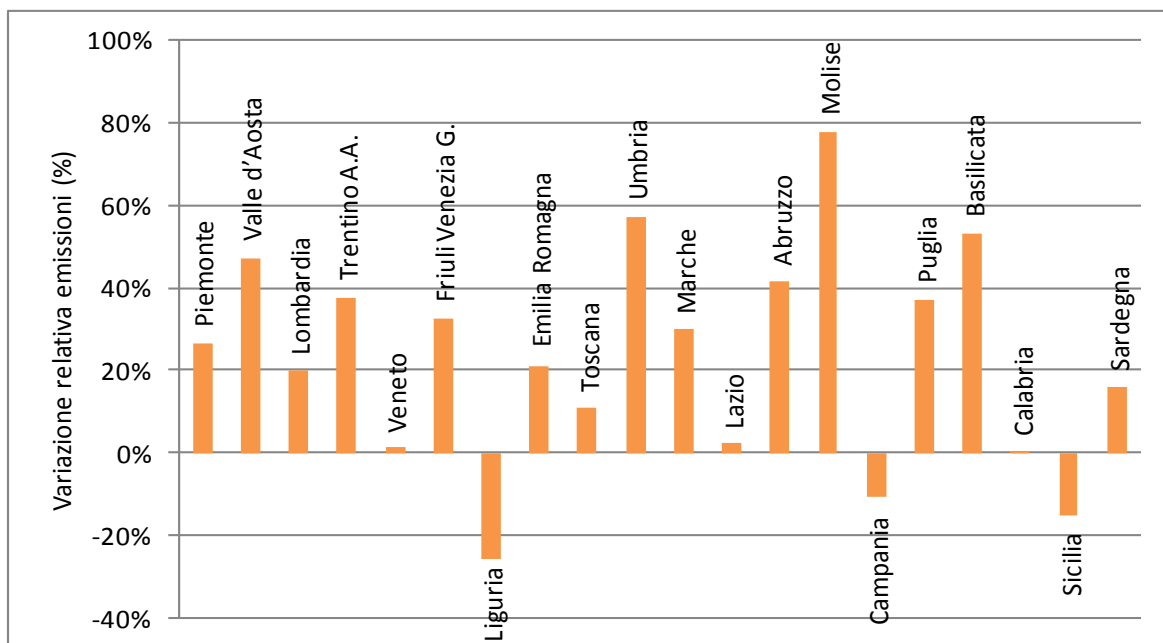


Figura 1.27. Variazione percentuale relativa delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel 2006 rispetto al 1990 (ENEA, 2010).

Analizzando infine l'andamento temporale delle emissioni (Figura 1.28), si evince come nel corso degli ultimi anni soprattutto in Lombardia e Puglia Emilia-Romagna si sia registrato un netto trend positivo mentre nelle altre Regioni o la situazione è più o meno stabile, oppure si hanno sensibili riduzioni.

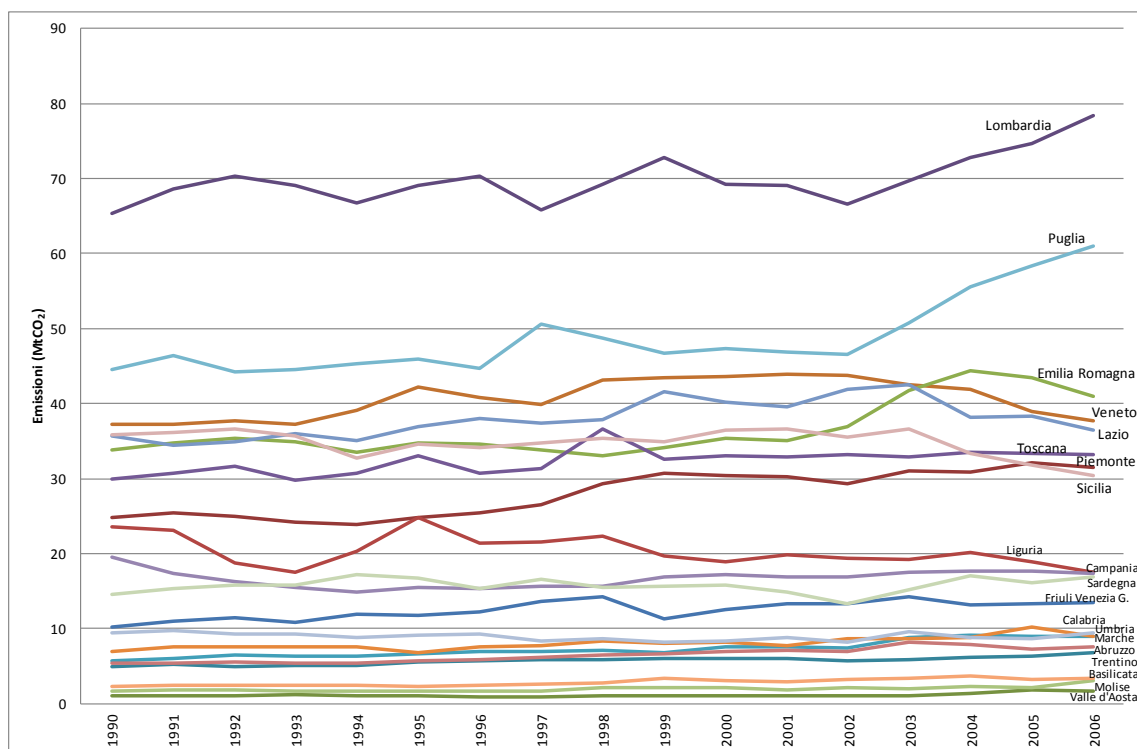


Figura 1.28. Andamento delle emissioni regionali di CO<sub>2</sub> negli anni 1990-2006 (ENEA, 2010).



## Bibliografia

- CIPE, (2002). Piano Nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra (2003-2010). Delibera Cipe N° 123 Del 19-12-02.
- Commissione Europea, (2007). *La lotta contro i cambiamenti climatici*. Bruxelles, 2007.
- Commissione Europea, (2011). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Bruxelles, 2011.
- CoPRE, (2001). Protocollo d'intesa della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome per il Coordinamento delle Politiche Finalizzate alla Riduzione delle Emissioni sei Gas-Serra nell'atmosfera. Torino, 5 giugno 2001.
- EEA, (2010). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2008 and inventory report 2010. European Environment Agency. Copenhagen, 2010.
- EMEP/CORINAIR, (2007). Emission Inventory Guidebook – 2007 Technical report No 16/2007.
- ENEA, (2008). Riduzione delle emissioni e sviluppo delle rinnovabili: quale ruolo per Stato e Regioni. Dossier Enea.
- ENEA, (2010). Inventario annuale delle emissioni di gas serra su scala regionale. Le emissioni di anidride carbonica dal sistema energetico. Rapporto 2010. Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente. Roma, 2010.
- ENEA, (2011a). Politiche e misure nazionali sui cambiamenti climatici. Elementi per una valutazione. Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente. Roma, 2011.
- ENEA, (2011b). *Indagine conoscitiva sulla strategia energetica nazionale*. Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente. Roma, 2011.
- GUCE, (2004). Decisione n. 280/2004/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 febbraio 2004, relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a effetto serra nella Comunità e per attuare il protocollo di Kyoto. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea n. 49 del 19/2/2004.
- GUCE, (2006). Direttiva 2006/32/CE Del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea del 27/04/2006.
- GURI, (2002). Legge 1 giugno 2002, n. 120. "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997". Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 142 del 19 Giugno 2002, Supplemento Ordinario n. 129/L.
- IPCC, (2000a). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- IPCC, (2007). *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- ISPRA, (2009). *Adattamento ai cambiamenti climatici: strategie e piani in Europa*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Roma, 2009.
- ISPRA, (2011). *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2009. National Inventory Report 2011*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Roma, 2011.
- MSE, (2007). *Piano d'azione italiano per l'efficienza energetica 2007*. Ministero per lo Sviluppo Economico. Roma, Luglio 2007.

MSE, (2011). *Piano d'azione italiano per l'efficienza energetica 2011 – BOZZA*. Ministero per lo Sviluppo Economico. Roma, Luglio 2011.

UNFCCC, (2008). *Kyoto Protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Bonn, 2008.

WEO, (2010). *World Energy outlook 2010*. IEA (International Energy Agency). Francia, 2010.

<http://www.energiaenergetica.enea.it>

<http://www.isprambiente.gov.it>

<http://www.qualenergia.it>

<http://unfccc.int/>

<http://www.osservatoriokyoto.it>

<http://www.sinanet.isprambiente.it/>

## Capitolo 2. L'inventario delle emissioni dei gas serra e le linee guida IPCC

### 2.1 Introduzione

Alla luce degli obiettivi fissati con il Protocollo di Kyoto l'UNFCCC ha istituito l'obbligo, per i Paesi rientranti nell'Annex I della Convenzione (si ricorda che essi sono i Paesi Industrializzati e quelli con economie in transizione), di redigere e consegnare entro il 15 Aprile di ogni anno alla Segreteria centrale di Bonn dell'UNFCCC un *Inventario Annuale delle Emissioni dei gas serra* prodotte all'interno dei propri confini territoriali.

L'adempimento di questo obbligo consente agli Stati membri di poter partecipare ai meccanismi introdotti dal Protocollo stesso, quali CDM e JI, discussi nel capitolo precedente.

I gas serra da inventariare, secondo l'UNFCCC, sono: l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>), il protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O), gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (CFC) e l'esfluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

L'UNFCCC richiede che l'inventario nazionale dei gas serra sia suddiviso in due parti:

- Modello di relazione comune (CRF), ovvero una serie di tabelle di dati standardizzati contenenti informazioni principalmente numeriche e presentate per via elettronica;
- National Inventory Report (NIR), cioè una descrizione completa delle metodologie utilizzate nella compilazione dell'inventario, le fonti di dati, le strutture istituzionali e di garanzia della qualità e procedure di controllo

Questo inventario è oggetto di un processo annuale di revisione tecnica da parte di un team di esperti facenti parte dell'UNFCCC stessa, tesa a valutare se le emissioni e gli assorbimenti sono stati riportati in modo corretto e se sono state utilizzate le metodologie adeguate.

A tal proposito la metodologia accreditata dall'UNFCCC per la redazione dell'inventario dei gas serra è rappresentata dalla *Linee Guida IPCC 2006* (IPCC, 2006), precedute dalla versione del 1996 (IPCC, 1996). Fanno capo all'IPCC, e comprese nei documenti di riferimento dell'UNFCCC, anche le *"Buone Pratiche IPCC per la redazione degli Inventari dei gas ad effetto serra e per la gestione dell'incertezza"* (IPCC, 2000) e le *"Buone Pratiche IPCC per il Settore uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e foreste"* (IPCC, 2003).

Pertanto, nella fase di verifica degli inventari, il team di esperti dell'UNFCCC verifica, prioritariamente, il rispetto e la conformità del lavoro alla metodologia succitata.

## 2.2 Le linee guida IPCC

### 2.2.1 Introduzione

Le Linee Guida IPCC del 2006 sono state elaborate a partire da quelle del 1996, dopo che l'IPCC, in concomitanza ad un evento organizzato dall'UNFCCC, fu da questa invitata a rivedere le precedenti Linee Guida.

Pertanto l'ultima versione del 2006 è frutto di un lavoro di tre anni di un team di oltre 250 esperti, provenienti da ogni parte del mondo: essa comprende un numero più elevato di attività sorgenti di gas serra, rispetto al passato, ed è aggiornata alle più recenti tecnologie e conoscenze scientifiche.

Le Linee Guida IPCC si pongono, quindi, come una guida completa per i Paesi che devono compilare gli inventari nazionali dei gas serra. La raccolta è stata strutturata in modo che ogni paese, a prescindere dalle proprie esperienze o risorse, sia in grado di produrre stime attendibili delle emissioni e degli assorbimenti di questi gas. In particolare, i valori di default dei vari parametri e dei fattori di emissione sono forniti per tutti i settori, di modo che, in maniera molto semplice, un paese debba solo conoscere i dati di attività nazionali.

Tuttavia, avendo a disposizione dati di maggiore dettaglio, possono essere utilizzati anche parametri e fattori di emissione più specifici, pur mantenendo la compatibilità, la comparabilità e la coerenza tra i Paesi che ne hanno fatto uso. Così facendo si utilizza un approccio, chiamato Tier, di livello superiore, di cui si parlerà nel paragrafo seguente.

Infine le linee guida integrano e migliorano anche le precedenti "Linee guida sulle buone pratiche nella compilazione dell'inventario", in modo che i risultati finali non siano né sovra né sottostimati, e l'incertezza sia ridotta il più possibile.

L'IPCC gestisce anche il database dei fattori di emissione (EFDB). Questo è stato pubblicato, per la prima volta, nel 2002 e viene regolarmente aggiornato per essere utilizzato dai compilatori degli inventari.

Le Linee Guida IPCC 2006 sono suddivise in cinque volumi, di seguito riportati:

1. Guida generale e Reporting;
2. Energia;
3. Processi industriali ed utilizzo dei prodotti;
4. Agricoltura, Foreste ed altri usi del suolo;
5. Rifiuti.

### 2.2.2 I settori IPCC e la metodologia di stima

La metodologia IPCC suddivide le emissioni di gas serra di un territorio in quattro settori, inventariandole in base alla categoria di emissione di provenienza:

6. Energia;
7. Processi Industriali ed utilizzo dei prodotti;
8. Agricoltura, Foreste ed Uso del Suolo (AFOLU);
9. Rifiuti.

In particolare il settore AFOLU (Agriculture, Forestry and Land Use) comprende l'integrazione dei due comparti dell'Agricoltura, all'interno del quale vengono contabilizzate le emissioni relative alle attività di gestione delle coltivazioni, degli allevamenti e dei suoli e dell'Uso del suolo, Cambiamenti di uso del suolo e Foreste, LULUCF, (Land Use, Land Use Change and Forestry), che invece erano separati nella precedente versione delle Linee Guida.

Ogni settore è composto da categorie rappresentate in Figura 2.1 e sub-categorie (analizzate nel paragrafo successivo).

In definitiva l'inventario dovrà essere realizzato a partire dalla sotto-categoria per poi contabilizzare le emissioni totali di settore come sommatoria di tutte le sotto-categorie.

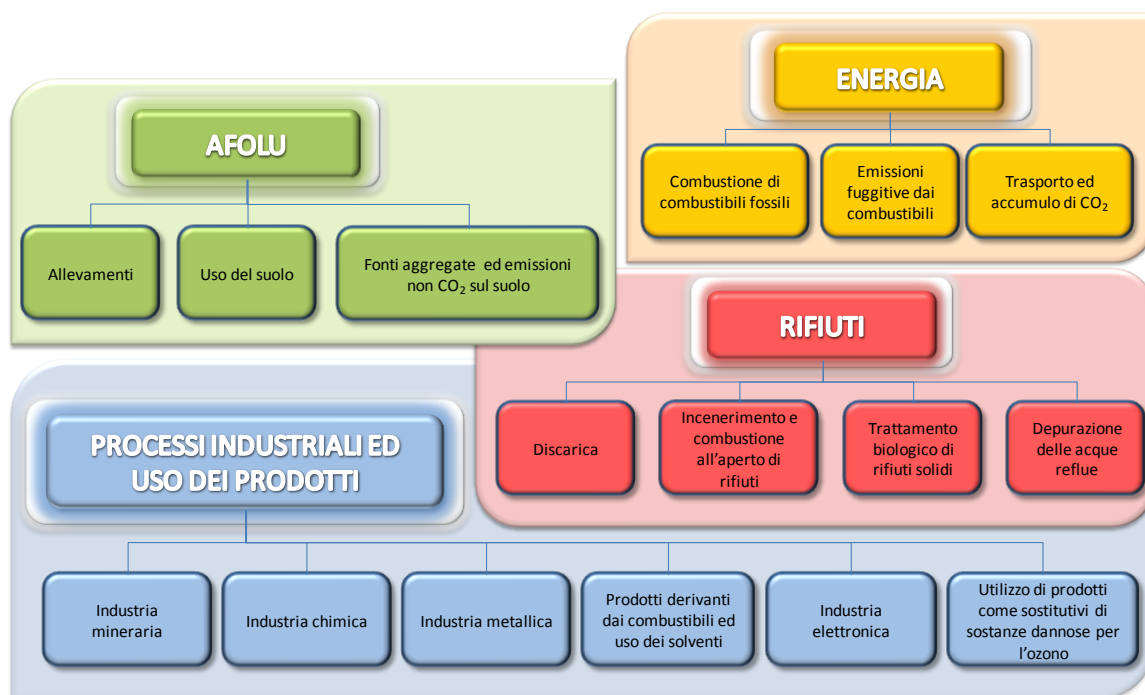


Figura 2.1. I settori previsti dalle Linee Guida IPCC e le relative categorie.

Il totale nazionale è calcolato sommando le emissioni e gli assorbimenti per ogni gas. Un'eccezione è rappresentata dalle emissioni per l'uso di combustibile per le navi e gli aeromobili impegnati in trasporti internazionali, che non sono inclusi nel conteggio delle emissioni nazionali, ma devono essere riportati separatamente.

La metodologia più semplice di base per la stima delle emissioni combina le informazioni relative all'attività oggetto di calcolo (indicate con AD, ovvero *activity data*) con coefficienti che quantificano le emissioni o rimozioni per unità di attività. Questi sono chiamati fattori di emissione (EF).

Pertanto l'equazione di base proposta dall'IPCC è la seguente:

$$\text{Emissions} = \text{AD} \times \text{EF} \quad (1)$$

Per esempio nel Settore Energia il consumo di carburante costituirebbe il dato di attività, e la massa di anidride carbonica emessa per unità di consumo di carburante il fattore di emissione.

L'equazione di base, in alcune circostanze, può essere modificata per includere parametri di stima diversi piuttosto che i fattori di emissione. Questo può accadere, ad esempio, laddove le emissioni/assorbimenti riguardano attività che si realizzano in intervalli di tempo definiti, come può avvenire per il tempo necessario ai rifiuti a decomporsi in una discarica, oppure alle perdite di refrigeranti da dispositivi di raffreddamento. Per questi casi sono disponibili altri metodi, ad esempio metodi di decadimento del primo ordine.

Le Linee Guida IPCC contengono, oltre questa equazione di base, quella del bilancio di massa, per esempio il metodo dello "stock change", utilizzato nel settore AFOLU per stimare le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte dalle variazioni nel tempo del contenuto di carbonio della biomassa viva e della materia organica morta.

Per il calcolo delle emissioni e per la scelta dei fattori di emissione, a seconda della disponibilità locale delle informazioni, vengono individuati vari livelli di dettaglio, chiamati *Tier*: sostanzialmente essi rappresentano i livelli di complessità metodologica adottata.

Il Tier 1 rappresenta il metodo di base, il Tier 2 quello intermedio, infine il Tier 3 è il livello a cui competono maggiori requisiti di complessità e di dati. I Tiers 2 e 3 sono spesso indicati come metodi di livello superiore e sono generalmente considerati più accurati, in quanto il dettaglio ottenuto è di certo maggiore, ma richiedono un grosso impiego di risorse per il recupero di un elevato numero di informazioni utili a descrivere ciascuna sorgente emissiva.

I Tiers sono quindi organizzati secondo una struttura gerarchica: il livello più alto implica maggiore precisione della metodologia e/o dei fattori di emissione utilizzati (Figura 2.2).

I termini maggiormente in uso nelle Linee Guida IPCC, la cui comprensione è necessaria per potere redigere, o anche solo sapere leggere, un inventario di gas serra, sono:

- **Buone Pratiche:** al fine di promuovere la diffusione di inventari nazionali di gas serra di alta qualità nelle precedenti Linee Guida era stata definita una serie di principi metodologici, di azioni e di procedure, indicate come Buone Pratiche. Le Linee Guida IPCC del 2006 mantengono il concetto e l'utilizzo delle buone pratiche (IPCC, 2000b).
- **Tiers:** come sopra esposto un Tier rappresenta un livello di complessità metodologica. Si rinvia pertanto a quanto sopra scritto.

- **Dati di default:** i metodi di Tier 1 consentono di utilizzare le statistiche nazionali o internazionali per tutte le categorie, in combinazione con fattori di emissione di default, ovvero predefiniti ed uguali per tutti.
- **Key category:** il concetto di key category (categoria chiave) è utilizzato per identificare le categorie che hanno una significativa influenza sull'inventario totale di gas serra di un paese, in termini di livelli assoluti di emissioni/assorbimenti, di andamento delle emissioni e rimozioni, di incertezza delle emissioni e rimozioni. La definizione delle key categories dovrebbe essere la priorità per i paesi durante l'assegnazione delle risorse per la raccolta dati, la compilazione, la certezza e il reporting dell'inventario.

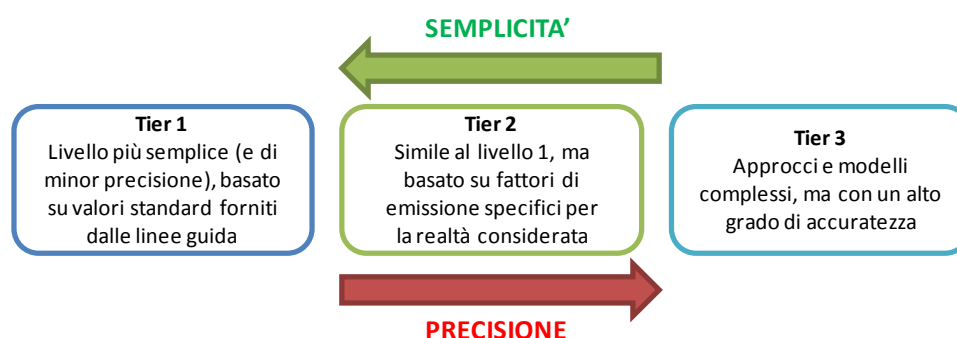


Figura 2.2. Rappresentazione schematica dei Tiers.

La qualità di un inventario è garantita se rispetta i seguenti parametri:

- **trasparenza:** le assunzioni e le metodologie devono essere chiaramente spiegate per facilitare la riproducibilità e la verifica delle stime;
- **consistenza:** l'inventario deve essere internamente consistente in tutti i suoi elementi con gli inventari degli altri anni;
- **comparabilità:** le stime riportate dalle Parti devono essere confrontabili tra loro;
- **completezza:** l'inventario deve comprendere tutte le sorgenti di emissione e di assorbimento incluse nelle linee guida IPCC;
- **accuratezza:** l'inventario non deve essere sistematicamente sovra o sottostimato, e l'incertezza sulle stime deve essere ridotta quanto possibile.

La qualità dell'inventario delle emissioni deve essere garantita anche attraverso l'elaborazione di un piano di quality assurance/quality control (QA/QC) da aggiornare annualmente. Il piano QA/QC è lo strumento di pianificazione degli approfondimenti metodologici necessari per aumentare l'accuratezza e ridurre l'incertezza delle stime.

L'inventario è sottoposto annualmente ad un processo internazionale di *review* previsto dalla Convenzione al fine di verificarne la qualità e il rispetto degli obblighi previsti per il Paese. Le condizioni per l'eleggibilità di un Paese alla partecipazione ai meccanismi di Kyoto sono rappresentate dalla disponibilità e dal corretto funzionamento dell'inventario nazionale dei gas-serra, del sistema nazionale dell'inventario e del registro

nazionale. A partire dal 2010, il processo di *review* prende in esame anche una serie di informazioni relative ai conti e alle transazioni delle unità di Kyoto, rese disponibili attraverso i registri nazionali.

La compilazione di un inventario dei gas a effetto serra è un processo step-by-step, che comprende: la raccolta di dati, la stima delle emissioni e degli assorbimenti, il controllo e la verifica, la valutazione dell'incertezza e il reporting. In Figura 2.3 è riportato un diagramma di flusso delle fasi di redazione di un inventario.

### *2.2.3 La classificazione delle sorgenti di emissione*

Le sorgenti emissive possono essere classificate in diverse tipologie sulla base di più criteri, quali:

- modalità di funzionamento;
- dislocazione spaziale sul territorio.

In base alle modalità di funzionamento le sorgenti si possono distinguere in continue e discontinue.

Rientrano nel primo gruppo le fonti le cui emissioni sono caratterizzabili da una certa regolarità, continuità (per esempio grossi impianti come le centrali termoelettriche o inceneritori, ecc.) o periodicità (per es. gli impianti di riscaldamento). Viceversa appartengono al secondo gruppo le sorgenti che emettono in modo intermittente e senza alcuna periodicità (impianti di verniciatura, fonderie di metalli, ecc.).

Per quanto concerne la dislocazione spaziale, le sorgenti si suddividono in sorgenti fisse o mobili a seconda che la loro posizione sia costante o variabile nel tempo.

Un'ulteriore classificazione delle sorgenti, che risulta essere quella più utilizzata nella pratica, comporta la suddivisione delle sorgenti in **puntuali**, da considerare singolarmente, distribuite su una linea (**lineari**, tipicamente infrastrutture da trasporto) ed **areali**.

Per le sorgenti puntuali è possibile riportare direttamente il dato di emissione, in base a quanto dichiarato dalle singole aziende o dalle misurazioni effettuate: si tratta, infatti, di impianti con livelli di emissioni significativi. Nel caso di mancanza di dati in riferimento ad uno specifico inquinante è possibile fare delle stime sulla base di un fattore di emissione opportuno.

Per le sorgenti lineari e areali le emissioni possono essere stimate secondo la (1).

In particolare per le sorgenti lineari occorre individuare le principali arterie di comunicazione ed applicare specifici metodi di calcolo per la stima delle emissioni. Ad esempio, lavorando su scala provinciale, è possibile far rientrare in questa categoria le emissioni attribuibili alle tratte autostradali ed alle principali vie di collegamento e considerare invece il traffico cittadino come emissioni diffuse. Nel caso di inventari urbani, invece, vengono generalmente considerate come areali le emissioni attribuibili al



traffico presente nelle vie secondarie di scorrimento interquartiere.

La stima complessiva delle emissioni riferite ad una certa area è data dalla somma di tutte le categorie di emissioni presenti sul suo territorio (ANPA, 2001).

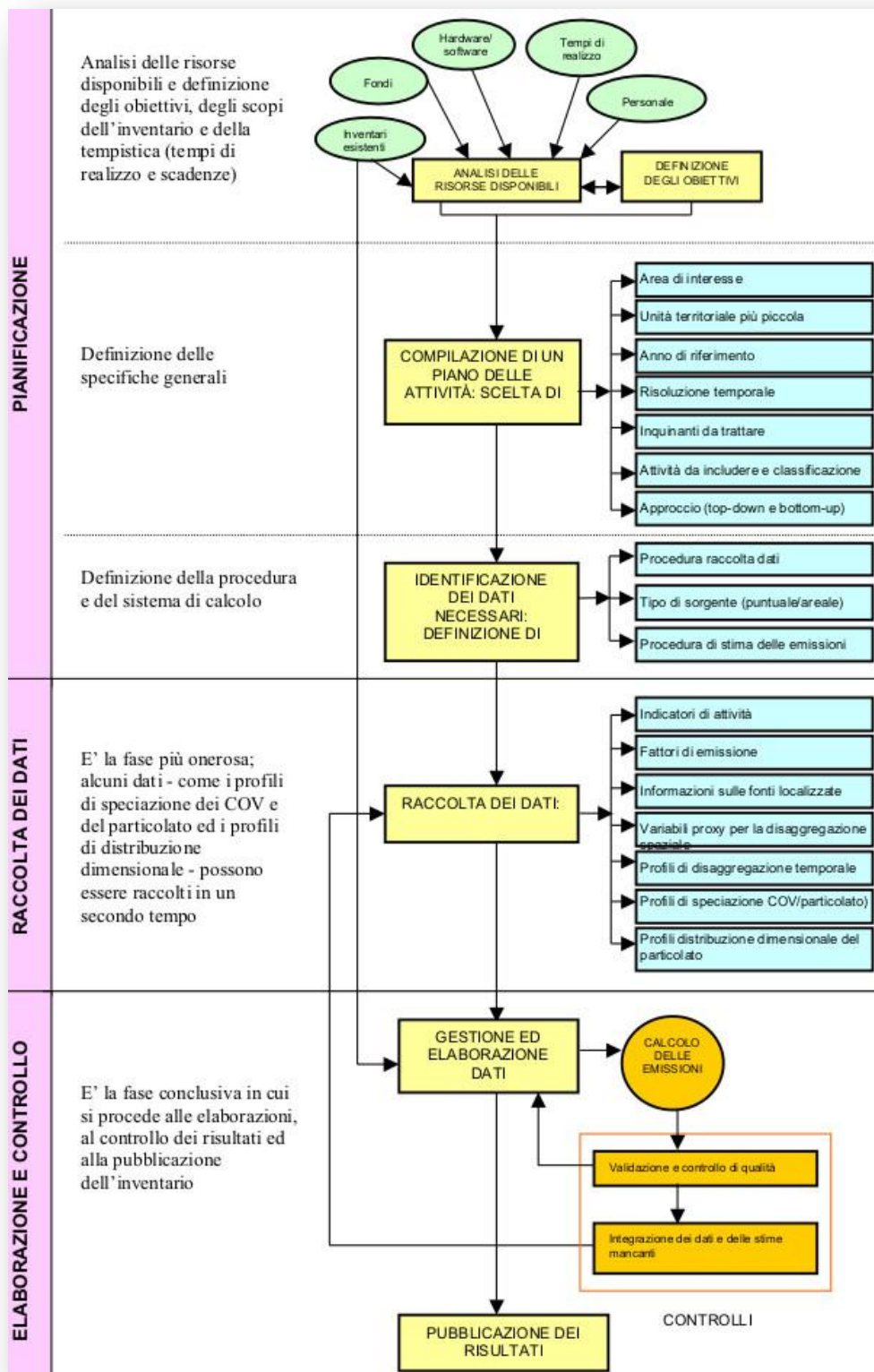


Figura 2.3. Diagramma di flusso per la redazione di un inventario (ANPA, 2001).

## 2.2.4 Gli approcci e i criteri per la realizzazione dell'inventario

Un inventario può essere realizzato secondo due principali approcci: *bottom-up* e *top-down*.

Nel caso di un approccio di tipo *bottom-up* le informazioni vengono ottenute direttamente da una realtà produttiva locale a livelli di aggregazione maggiori, mentre nel secondo caso esse partono da una scala spaziale più grande (es. nazionale) e discendono a livelli inferiori (regioni/province/comuni) utilizzando specifiche variabili di disaggregazione, cioè di ripartizione delle emissioni, calcolate per una realtà territoriale più ampia al livello territoriale richiesto.

Pertanto è chiaro che, sfruttando un approccio di tipo *bottom-up*, occorre un maggiore impegno soprattutto per quanto riguarda il reperimento dei dati, in quanto l'indagine riguarda l'analisi delle singole sorgenti con l'acquisizione di informazioni dettagliate sugli indicatori di attività, sui processi e le tecnologie e sulle emissioni. Per ragioni di economicità spesso gli enti compilatori sono portati a seguire un tale approccio soltanto per alcune categorie di sorgenti e classi di attività.

Un approccio completamente *top-down*, viceversa, comporta un'eccessiva approssimazione per la scala locale e, in particolare, per la scala urbana, ottenendo un livello di dettaglio che può essere insufficiente. Infatti lo studio viene condotto essenzialmente sulla base dei risultati di elaborazioni statistiche di dati disponibili che riguardano generalmente porzioni di territorio più vaste di quello che è l'obiettivo dell'inventario.



Figura 2.4. Schematizzazione degli approcci top-down e bottom-up.

L'eccessivo impegno richiesto dalla metodologia *bottom-up* e l'approssimazione di quella *top-down* costituiscono limitazioni rilevanti per entrambi gli approcci, per cui spesso è più conveniente l'utilizzo di una opportuna combinazione delle due metodologie, ovvero un approccio di tipo misto. Un tale approccio implica una scelta metodologica diversa in relazione alle attività, agli inquinanti e alla disaggregazione spaziale e temporale.

Inoltre un inventario può essere realizzato seguendo due tipologie di principi di attribuzione delle emissioni: il principio geografico e quello di responsabilità.

Le Linee Guida IPCC sono impostate secondo un principio geografico, ovvero la contabilizzazione delle emissioni è prevista all'interno di determinati confini territoriali.

Tuttavia il calcolo delle emissioni prodotte da un certo territorio può essere seguito non solo prendendo in considerazione quelle effettivamente generate all'interno dei suoi confini territoriali, ma anche quelle generate all'esterno di tale area, ovunque esse avvengano, purché riconducibili ad attività svolte nel territorio di partenza: il principio geografico viene così sostituito dal principio di responsabilità.

Il principio di responsabilità richiede che vengano considerate le emissioni derivanti dagli usi finali dell'energia attribuibili ad attività localizzate nell'area selezionata, sia che la loro produzione avvenga all'interno dell'area stessa, che oltre i suoi confini.

È chiaro che maggiore è la dimensione dell'area, più simili saranno i risultati a cui si perviene con le diverse metodologie di calcolo, fino a identificarsi a scala nazionale.

La metodologia IPCC è stata predisposta per la scala nazionale, ovvero la scala alla quale sono poi applicati gli obblighi di riduzione dei gas serra stabiliti dal protocollo di Kyoto. Adottando questa metodologia a una scala più piccola, regionale, provinciale o comunale può essere opportuno utilizzare un criterio misto, geografico e di responsabilità, poiché al diminuire della scala aumentano gli scambi con l'esterno del sistema considerato e il solo criterio geografico può dar luogo a conclusioni che possono sovrastimare o sottostimare la realtà.

#### *2.2.5 Disaggregazione spaziale e temporale*

Un problema che si presenta molto frequentemente è quello di ripartire un dato di emissione stimato ad un livello territoriale aggregato, quale può essere una regione o una nazione, ad una porzione di territorio in esso compreso, ad esempio una provincia o un comune.

Inoltre, spesso, può essere necessario disporre di un profilo temporale medio, per esempio il fattore di carico medio giornaliero o almeno mensile di una centrale termoelettrica o la curva del fattore di utilizzo di un impianto industriale ed una ripartizione geografica di risoluzione decisamente più elevata, per applicare modelli di dispersione di inquinanti in atmosfera.

Ciò vuol dire che è necessario stimare le emissioni su scale spaziali e temporali ristrette ed è quindi necessario disaggregare le emissioni inventariate sia spazialmente che temporalmente.

Queste operazioni di disaggregazione vengono effettuate sulla base di alcuni indicatori, chiamati anche "variabili surrogate" o "variabili proxy", che vengono ritenuti in grado di rappresentare la distribuzione del "peso" delle diverse emissioni nel territorio.

Per quanto riguarda la **disaggregazione spaziale**, si ha che, nota una certa grandezza su base territoriale ad una scala più vasta, si può stimare la stessa grandezza al livello

territoriale inferiore, utilizzando le variabili correlate dette, appunto, “variabili proxy”.

In pratica, detta  $V_p$  la grandezza nota su vasta scala,  $S$  il parametro che caratterizza il territorio, sia a vasta scala che a scala più bassa, tramite i valori  $S_p$  e  $S_k$ , il valore di  $V_k$  a livello territoriale più basso è fornito dalla:

$$V_k = \frac{S_k}{S_p} \times V_p \quad (2)$$

dove:

- $V_p$  è il totale della variabile nella Provincia  $p$  (o Regione);
- $S_k$  è il valore della variabile surrogata nel Comune  $k$ ;
- $S_p$  è il totale della variabile surrogata a livello provinciale (o regionale).

Questa metodologia applicata nella disaggregazione delle emissioni permette quindi di ripartire a livello comunale il dato di emissione annuale provinciale, attribuendo ad esso la stessa distribuzione territoriale di un'altra grandezza nota e supposta ben correlata al parametro in questione. Buoni risultati si avranno se la variabile scelta come surrogato è ben correlata con la variabile che si intende distribuire a livello comunale.

La **disaggregazione temporale** è una procedura per ripartire le emissioni annuali in emissioni mensili, giornaliere e orarie mediante l'uso di profili di disaggregazione (proxy).

Una proxy mensile è costituita da un insieme di 12 valori (1 per ciascun mese dell'anno) che moltiplicati per l'emissione annuale forniscono una stima per le emissioni mensili. La somma dei 12 valori deve essere pari a 1.

Una proxy settimanale è un insieme di 7 valori che moltiplicati per l'emissione mensile forniscono l'emissione di ciascun giorno di una settimana di quel mese. La somma dei 7 valori deve essere pari a:  $7 \times 12 / 365$  cioè al numero medio di settimane in un mese.

Una proxy giornaliera è un insieme di 24 valori che moltiplicati per l'emissione di un giorno forniscono l'emissione di ciascuna ora, la somma dei 24 valori deve dare 1.

L'emissione annuale moltiplicata per una terna di proxy temporali fornirà quindi l'emissione relativa ad una determinata ora di un giorno della settimana di un mese dell'anno.

Le Linee Guida nazionali (ANPA, 2001) forniscono una buona spiegazione dei metodi di disaggregazione su descritti.

## 2.3 Il settore energia nelle linee guida IPCC

Attualmente i sistemi energetici sono retti in maggioranza dalla combustione di combustibili fossili.

Il settore dell'energia è il più importante in termini di emissioni di gas serra, in quanto contribuisce tipicamente per oltre il 90% delle emissioni di  $CO_2$  e per il 75% delle

emissioni totali di gas serra nei paesi sviluppati (IPCC, 2006).

La CO<sub>2</sub> copre circa il 95% delle emissioni del settore energetico, seguita da metano e protossido di azoto.

Tra le attività "energivore" la combustione stazionaria è responsabile di circa il 70% delle emissioni di gas a effetto serra: circa la metà di queste emissioni sono associate principalmente a combustione nelle industrie di energia, centrali elettriche e raffinerie. Le emissioni del settore Trasporti costituiscono, altresì, circa un quarto delle emissioni nel settore energetico (IPCC, 2006).

Il settore energetico comprende principalmente:

- l'esplorazione e lo sfruttamento delle fonti energetiche primarie;
- la conversione di fonti energetiche primarie in forme di energia più utilizzabile nelle raffinerie e centrali elettriche;
- la trasmissione e la distribuzione di carburanti;
- l'utilizzo di combustibili in applicazioni fisse e mobili.

Ai fini della redazione di un inventario, per "combustione di combustibili fossili" si intende l'ossidazione intenzionale di materiali all'interno di un apparato che è progettato per fornire calore o lavoro meccanico ad un processo (IPCC, 2006).

Questa definizione mira a separare la combustione di combustibili per uso energetico e produttivo, dal calore rilasciato, ad esempio, dall'utilizzo di idrocarburi nelle reazioni chimiche nei processi industriali, o dall'uso di idrocarburi come prodotti industriali. Questa quantità, infatti, andrebbe contabilizzata nel settore Processi industriali; pertanto è buona norma attenersi alla definizione sopra data il più possibile.

Durante il processo di combustione, la maggior parte del carbonio viene immediatamente emesso come CO<sub>2</sub>. Tuttavia vi sono anche percentuali di rilascio di monossido di carbonio (CO), metano (CH<sub>4</sub>) o composti organici non metanici volatili (COVNM<sub>s</sub>). Una buona parte di questo carbonio emesso sotto forma di gas non CO<sub>2</sub> a contatto con l'atmosfera ossida, formando CO<sub>2</sub>. Questa frazione rilasciata può essere stimata nella sezione delle emissioni dei gas diversi dalla CO<sub>2</sub>.

Le emissioni di CO<sub>2</sub> non dipendono dalla tecnologia del processo adottato, bensì solo dal fatto che avviene la combustione, mentre quelle CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O sono fortemente dipendenti dalla tecnologia.

Per quanto riguarda la scelta del Tier da adottare, essa può dipendere dalle seguenti considerazioni:

- **Tier 1:** a questo livello la stima viene effettuata sulla base dei quantitativi di combustibile bruciato (di solito ottenuti da statistiche nazionali di energia) e fattori di emissione medi. Infatti i fattori di emissione, per un Tier 1, sono disponibili per tutti i gas ad effetto serra: la loro "bontà", tuttavia, varia a seconda del gas. Per la CO<sub>2</sub>, ad esempio, i fattori di emissione dipendono principalmente

dal contenuto di carbonio del carburante, pertanto le condizioni di combustione (rendimento di combustione, il carbonio trattenuto nelle scorie e ceneri, ecc) sono relativamente poco importanti. Di conseguenza, le emissioni di CO<sub>2</sub> possono essere stimate in modo abbastanza preciso, in base alla quantità totale di carburanti combusti e il contenuto di carbonio medio dei combustibili.

- Invece i fattori di emissione per il metano e il protossido di azoto dipendono dalla tecnologia di combustione e delle condizioni operative, e variano in modo significativo, sia tra i singoli impianti di combustione sia nel tempo. A causa di questa variabilità, l'uso di fattori di emissione medi di questi gas, può causare incertezze relativamente grandi.
- **Tier 2:** le emissioni da combustione sono stimate da statistiche analoghe a quelle utilizzate nel Tier 1, ma vengono utilizzati fattori di emissione specifici "locali", piuttosto che quelli di default proposti dall'IPCC. Poiché, tuttavia, i fattori di emissione locali potrebbero essere differenti a seconda dei combustibili, delle tecnologie di combustione o anche dei singoli impianti, i dati di attività potrebbero essere ulteriormente disaggregati per rispecchiare adeguatamente queste fonti già disaggregate.
- **Tier 3:** a questo livello di dettaglio sia i modelli delle emissioni o le misure sia i dati a livello di singolo impianto vengono utilizzati all'occorrenza. Correttamente applicati, questi modelli e le misure dovrebbero fornire stime migliori soprattutto per i gas ad effetto serra non-CO<sub>2</sub>, anche se ad un costo e ad un impegno certamente maggiori.

### *2.3.1 Categorie e sottocategorie del Settore Energia*

Come rappresentato in Figura 2.1 le macrocategorie in cui si suddivide il Settore Energia sono tre. Ognuna di queste è, a sua volta, suddivisa in sottocategorie, schematizzate in Figura 2.5.

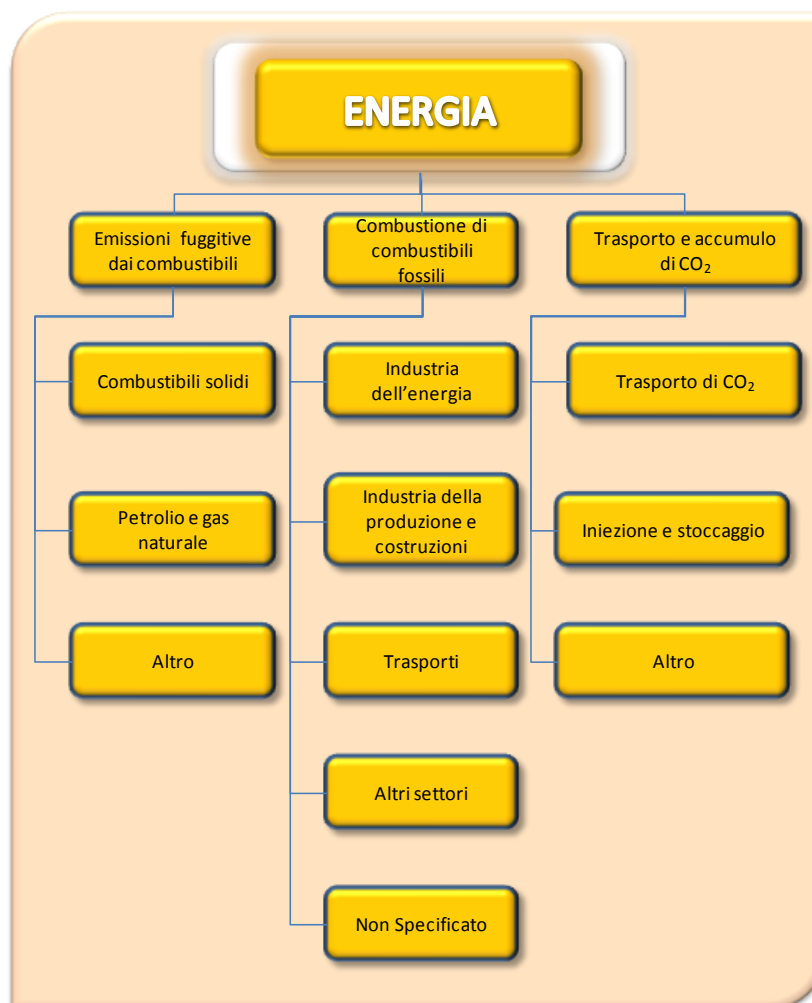


Figura 2.5. Categorie e sottocategorie del Settore Energia.

A loro volta le sottocategorie sono ulteriormente disaggregate, una o più volte. Essendo lo schema IPCC molto articolato si rimanda, per approfondimenti, alle stesse Linee Guida, Volume 2, mentre in Figura 2.6 si riporta, a titolo di esempio, l'ulteriore classificazione della sola categoria dei Trasporti.

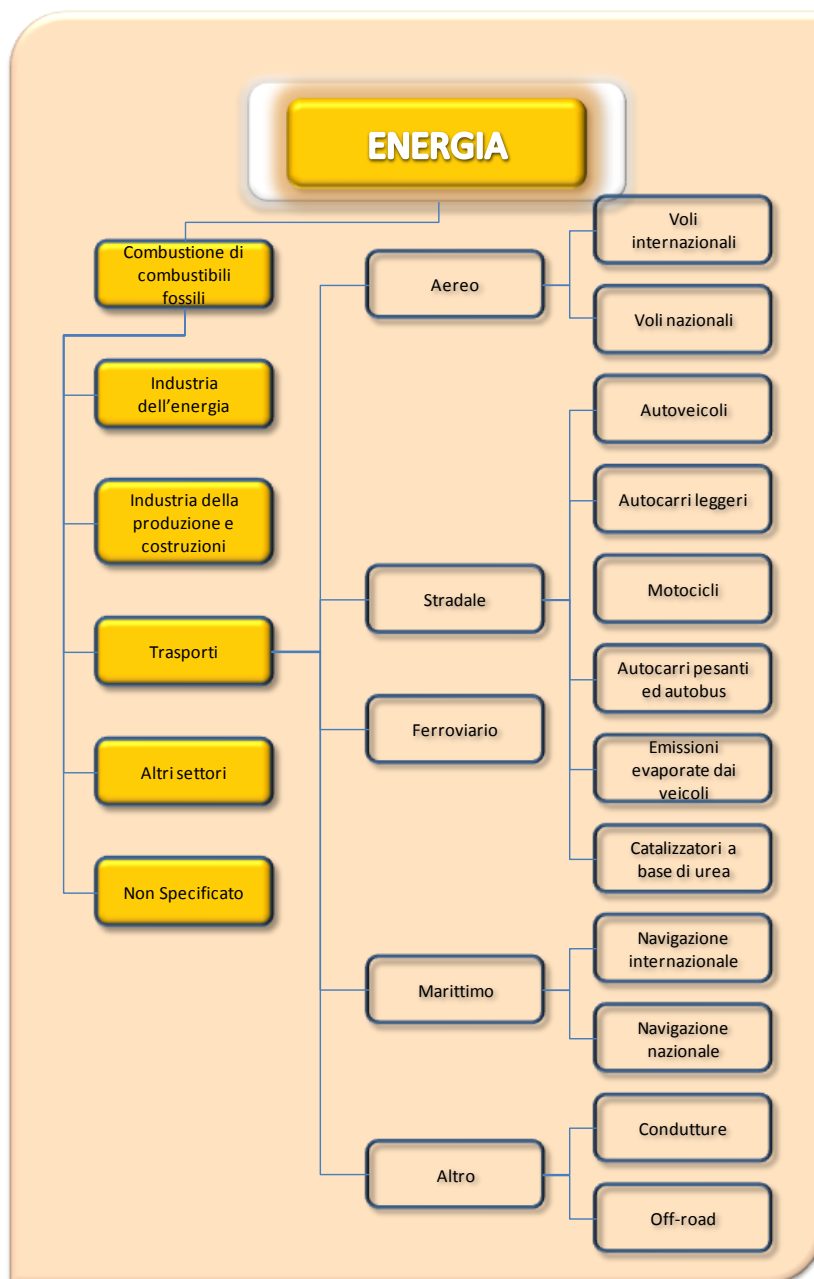


Figura 2.6. Disaggregazione della sottocategoria Trasporti per il Settore Energia.

Per quanto riguarda la categoria *combustione di combustibili fossili* per la contabilizzazione delle emissioni, in generale, sono sufficienti i dati relativi alla quantità di combustibile bruciato, soprattutto per un'analisi di Tier 1, avendo già detto che, per approcci di livello superiore, sono necessari ulteriori dati sulle caratteristiche del combustibile e le tecnologie di combustione applicate.

Le linee guida IPCC forniscono un elenco esaustivo di tutti i tipi di carburante utilizzabili, specificando anche le unità in cui esprimere i dati relativi all'attività e le indicazioni sulle possibili fonti di dati relativi all'attività.

Spesso i quantitativi di combustibili, nei database statistici dell'energia, sono espressi in tonnellate o metri cubi. Per poterli convertire in unità energetiche, come ad esempio



Joule, o Calorie, è necessario conoscere il potere calorifico inferiore degli stessi. Le linee guida IPCC forniscono, per ogni combustibile, il potere calorifico inferiore ( $NCV_s$ ), espresso nelle unità del Sistema Internazionale, o nei suoi multipli (per esempio TJ / Mg).

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dei dati di attività, in generale gli organismi/Enti nazionali provvedono annualmente con report statistici a fornire i dati sui consumi. Qualora questo non sia possibile, allora si può ricorrere a statistiche internazionali, come quelle fornite dall' IEA o dalle Nazioni Unite. Entrambi, infatti, raccolgono informazioni circa i consumi di energia a partire dalla somministrazione di questionari a tutti gli Stati membri. Al fine di evitare duplicazioni, se ad esempio i paesi sono membri di entrambe le organizzazioni, le Nazioni Unite ricevono le copie dei questionari dall'IEA senza che li richiedano esse stesse.

Pertanto l'espressione generale per la stima delle emissioni di gas serra provenienti dal settore Energia, categoria *combustione di combustibili fossili*, è la seguente:

$$\text{Emissioni} = (\text{Consumo di combustibile}) \times (EF_{\text{combustibile}}) \quad (3)$$

Per quanto riguarda le emissioni fuggitive risulta molto complicato monitorarle direttamente. Inoltre i metodi di stima sono molto specifici, a seconda del tipo di sorgente di emissioni.

Per esempio, i metodi per contabilizzare le emissioni disperse durante l'estrazione del carbone sono legati alle caratteristiche geologiche dei giacimenti di carbone, così come dipendono dal tipo di apparecchiatura nel caso di estrazione di petrolio e gas.

Ben diverso è il caso dell'energia geotermica, per la quale l'IPCC non ha reso disponibile, almeno finora, alcuna metodologia di calcolo.

Pertanto, noto che sia il caso specifico in esame, è facile conoscere l'equazione da impiegare, contenuta, caso per caso, nel Capitolo 4 del Volume 2 delle Linee Guida IPCC.

Infine, per quanto concerne la categoria *Trasporto e accumulo di CO<sub>2</sub>*, essa rappresenterebbe un'ottima alternativa per ridurre le emissioni di gas a effetto serra dovute all'uso continuato dei combustibili fossili.

Nel caso più semplice il processo CCS (capture and storage CO<sub>2</sub>) è una catena composta da tre fasi principali: la cattura e la compressione di CO<sub>2</sub> (di solito nelle grosse industrie, quali: industrie siderurgiche, lavorazione del gas naturale, industrie per la produzione di cemento, di ammoniaca, di idrogeno e di etanolo), il suo trasporto in un luogo dove viene stoccata e a lungo isolata dall'atmosfera.

In particolare, le Linee Guida IPCC, prevedono la stima delle emissioni relativa alle seguenti quattro fasi:

1. cattura e sistema di compressione;
2. sistema di trasporto: oleodotti e navi sono considerate il mezzo più probabile su larga scala per il trasporto di CO<sub>2</sub>;

3. sistema di iniezione: comprende impianti di superficie del sito di iniezione, per esempio impianti di stoccaggio, reti di distribuzione di pozzi, impianti di compressione aggiuntivi, sistemi di misura e controllo;
4. sistema di stoccaggio: comprende il sito di stoccaggio geologico.

Anche in questo caso, non essendo formulabile un'equazione generale, si rimanda al Capitolo 5 del Volume 2 delle Linee Guida IPCC, per ulteriori approfondimenti.

## 2.4 Il settore IPPU nelle linee guida IPCC

L'acronimo IPPU sta per *Processi Industriali ed Uso dei Prodotti*, per come definito nel Volume 3 delle Linee Guida IPCC: esso comprende le emissioni di gas serra prodotte dai processi industriali, l'uso di gas serra nei prodotti o nelle apparecchiature, e gli usi non energetici dei combustibili fossili.

La categoria *Uso di solventi ed altri prodotti*, tratta dalla Revisione del 1996 delle Linee Guida IPCC e prima considerata come sezione a parte, è stata inserita in questo volume nel 2006.

A livello industriale si hanno numerose attività che emettono gas ad effetto serra: tra queste rientrano i processi che trasformano chimicamente o fisicamente materiali (per esempio, l'industria del ferro e dell'acciaio con le emissioni dell'altoforno, l'industria del cemento, dell'ammoniaca e di altri prodotti chimici derivanti da combustibili fossili ed impiegati come materia prima nelle industrie).

Inoltre i gas ad effetto serra sono spesso utilizzati in prodotti quali frigoriferi, schiume o bombolette spray. Per esempio gli HFC sono usati come alternativa alle sostanze dannose per l'ozono in vari tipi di applicazioni. Allo stesso modo, l'esafluoruro di zolfo ( $\text{SF}_6$ ) e l' $\text{N}_2\text{O}$  sono utilizzati in una serie di prodotti destinati all'industria (ad esempio l' $\text{SF}_6$  è utilizzato nelle apparecchiature elettriche, l' $\text{N}_2\text{O}$  viene impiegato come propellente per aerosol in alcuni prodotti del settore alimentare) o dai consumatori finali (ad esempio l' $\text{N}_2\text{O}$  trova impiego in fase di anestesia).

Non è semplice stabilire, in taluni casi, se le emissioni generate durante i processi industriali siano da attribuire al settore Energia, o all'IPPU, in quanto, sovente, vengono impiegati combustibili fossili per fornire energia durante i processi stessi, oppure parte della materia prima utilizzata nelle fasi di lavorazione, può essere combusta per produrre calore.

A tal proposito è bene rifarsi alla definizione, già citata nel paragrafo precedente e fornita dalle Linee Guida di "combustione del combustibile". Essa è intesa, in modo funzionale, come "*l'ossidazione intenzionale di materiali all'interno di un apparato che è progettato per fornire calore o lavoro meccanico ad un processo, o per l'utilizzo a distanza dall'apparecchio*".

Lo scopo di questa definizione è quello di separare il calore (quindi le emissioni) della

combustione a scopo energetico e produttivo, dal calore rilasciato dall'impiego di idrocarburi nelle reazioni chimiche che caratterizzano un processo industriale.

I combustibili di processo possono essere ottenuti direttamente dalla materia prima, come nel caso della produzione di ammoniaca, dove il gas naturale fornisce sia la materia prima che il combustibile. In alternativa, i combustibili di processo possono essere ottenuti indirettamente attraverso l'utilizzo di sottoprodotti della lavorazione delle materie prime o di sostanze riducenti. Esempi sono i gas ottenuti dallo steam cracking della nafta per la produzione di etilene o i gas di altoforno.

Poiché durante questo tipo di processi si possono originare sia emissioni da combustione che da processo industriale, una regola semplice stabilita nelle Linee Guida IPCC per distinguerle, è la seguente:

le emissioni di combustione dei combustibili ottenuti, direttamente o indirettamente, dalla materia prima per un processo IPPU, devono essere normalmente assegnate alla categoria sorgente in cui il processo si verifica che, generalmente, rientra o nell'industria chimica o in quella dei metalli.

Tuttavia se i combustibili derivati vengono trasferiti per la combustione in un'altra categoria di fonti, le emissioni devono essere contabilizzate nella parte appropriata del settore Energia (in genere nella sotto-categoria *combustione stazionaria*, ed in particolare: produzione di calore ed elettricità, raffinazione del petrolio, produzione di combustibili solidi ed altri prodotti energetici, produzione di ferro ed acciaio, di metalli non ferrosi, industria della carta e della stampa, etc...).

In Tabella 1.1 vengono schematizzate le categorie (e sottocategorie) del Settore IPPU, specificando quali possono essere i gas serra rintracciabili durante i processi industriali, quali sono oggetto di metodologia di stima delle Linee Guida IPCC, quali no, e quali possono portare alla produzione di altri tipi di gas.

**Tabella 2.1. Categorie e sottocategorie del Settore IPPU e loro possibili emissioni (IPCC, 2006).**

<b>Processi Industriali ed Utilizzo dei Prodotti (IPPU) (Nota 1, 2)</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>HFC<sub>s</sub></b>	<b>PFC<sub>s</sub></b>	<b>SF<sub>6</sub></b>	<b>Altri Gas Alogenati (Nota 3)</b>
<b>2A Industria Minerale</b>							
2A1: Produzione del cemento	X	*					
2A2: Produzione di calce	X	*					
2A3: Produzione del vetro	X	*					
2A4: Altri processi in cui si utilizzano carbonati							
2A4a: Ceramiche	X	*					
2A4b: Altri utilizzi di ceneri di calce	X	*					
2A4c: Produzione non metallurgica di magnesio	X	*					
2A4d: Altro	X	*					
2A5: Altro	X	*	*				
<b>2B Industria chimica</b>							

2B1: Produzione di ammoniaca	X	*	*				
2B2: Produzione di acido nitrico	*	*	X				
2B3: Produzione di acido adipico	*	*	X				
2B4: Produzione di caprolattame, gliossale e acido gliossilico	*	*	X				
2B5: Produzione di carburo	X	X	*				
2B6: Produzione di diossido di titanio	X	*	*				
2B7: Produzione di ceneri di soda	X	*	*				
2B8: Produzione di petrolchimici e carbone nero							
2B8a: Metanolo	X	X	*				
2B8b: Etilene	X	X	*				
2B8c: Etilene Dichloride e Vinyl Chloride Monomero	X	X	*				
2B8d: Ossido di etilene	X	X	*				
2B8e: Acrylonitrile	X	X	*				
2B8f: Carbone nero	X	X	*				
2B9: Produzione di fluorochimici							
2B9a: Sottoprodotti di emissione				X	X	X	X
2B9b: Emissioni fuggitive				X	X	X	X
2B10: Altro	*	*	*	*	*	*	*
<b>2C Industria dei metalli</b>							
2C1: Produzione di ferro e acciaio	X	X	*				
2C2: Produzione di ferro leghe	X	X	*				
2C3: Produzione di alluminio	X	*			X		
2C4: Produzione di magnesio	X			X	X	X	X
2C5: Produzione di piombo	X						
2C6: Produzione di zinco	X						
2C7: Altro	*	*	*	*	*	*	*
<b>2D Prodotti non energetici da combustibili ed utilizzo di solventi</b>							
2D1: Uso di lubrificanti	X						
2D2: Uso di paraffina	X	*	*				
2D3: Uso di solvente (Nota 4)							
2D4: Altro (Nota 5)	*	*	*				
<b>2E Industria elettronica</b>							
2E1: Circuito semiconduttore integrato	*		*	X	X	X	X
2E2: Video a schermo piatto				X	X	X	X
2E3: Fotovoltaico				X	X	X	X
2E4: Fluido termovettore							X
2E5: Altro	*	*	*	*	*	*	*
<b>2F Utilizzo di prodotti come sostitutivi di sostanze lesive dell'ozono</b>							
2F1: Refrigeranti e condizionatori dell'aria							
2F1a: Refrigerazione e condizionamento fisso	*			X	X		*

dell'aria							
2F1b: Condizionatori mobili dell'aria	*			X	X		*
2F2: Agenti rigonfianti	*			X	*		*
2F3: Protezione dal fuoco	*			X	X		*
2F4: Aerosols				X	X		*
2F5: Solventi				X	X		*
2F6: Altre applicazioni	*	*	*	X	X		*
<b>2G Produzione ed uso di altri prodotti</b>							
2G1: Apparecchiature elettriche							
2G1a: Produzione di apparecchiature elettriche					X	X	*
2G1b: Uso di apparecchiature elettriche					X	X	*
2G1c: Smaltimento di apparecchiature elettriche					X	X	*
2G2: SF6 e PFCs da utilizzo di altri prodotti							
2G2a: Applicazioni militari					*	X	*
2G2b: Acceleratori					*	X	*
2G2c: Altro					X	X	*
2G3: N2O da utilizzo di prodotti							
2G3a: Applicazioni mediche			X				
2G3b: Propellenti per pressione e Prodotti Aerosol			X				
2G3c: Altro			X				
2G4: Altro	*	*		*			*
<b>2H Altro</b>							
2H1: Industria della carta e della stampa	*	*					
2H2: Industria del cibo e delle bevande	*	*					
2H3: Altro	*	*	*				

- 1) 'X' indica quei gas per i quali è presente una metodologia di calcolo nelle Linee Guida IPCC;
- 2) '\*' indica che potrebbero verificarsi emissioni di questi gas, ma nelle Linee Guida IPCC non è prevista la metodologia di calcolo;
- 3) potrebbero essere precursori di altri gas (NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, SO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>)
- 4) essendo rilevanti solo le emissioni di COVNM e non quelle di gas serra, nessuna guida metodologica è fornita nel Volume IPPU, bensì nell'ultimo volume delle Linee Guida IPCC;
- 5) sono qui incluse le emissioni da produzione di asfalto, pavimentazione delle strade e tetti.

La metodologia di calcolo delle emissioni varia categoria per categoria, sebbene in linee molto generali può essere ricondotta alla (1), in cui il dato di attività è notevolmente variabile a seconda dell'attività in esame. Pertanto, anche in questo caso, per ulteriori e maggiori approfondimenti, si rimanda al Volume 3 delle Linee Guida IPCC.

## 2.5 Il settore AFOLU nelle linee guida IPCC

Il settore AFOLU (Agriculture, Forestry and Land Use) comprende, rispetto alle Linee Guida del 1996, l'integrazione dei due comparti dell'Agricoltura (all'interno del quale vengono contabilizzate le emissioni relative alle attività di gestione delle coltivazioni, degli allevamenti) e dei Suoli, Uso del suolo, Cambiamenti di uso del suolo e Foreste, LULUCF

(Land Use, Land Use Change and Forestry), che comprende tutti gli effetti delle attività antropiche sui suoli ed include la stima del bilancio netto tra le emissioni e l'assorbimento di gas serra.

Questa integrazione riconosce che i processi alla base delle emissioni di gas a effetto serra e degli assorbimenti, così come le diverse forme di stock di carbonio terrestre, si possono verificare in tutti i tipi di terreni, così come i cambiamenti di uso del territorio, tendendo pertanto a migliorare la coerenza e la completezza nella valutazione e contabilizzazione del bilancio emissioni/assorbimenti.

Viene inoltre assimilato il rapporto Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, o GPG-LULUCF (IPCC, 2003).

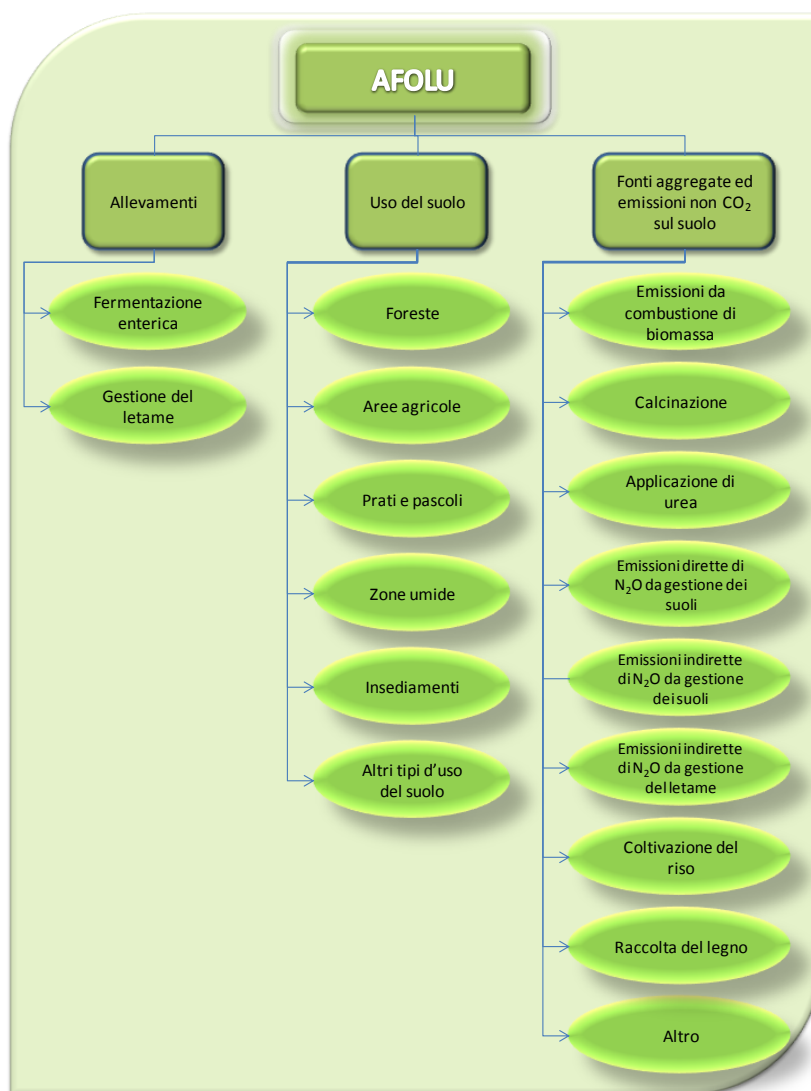


Figura 2.7. Categorie e sottocategorie del Settore AFOLU.

Le principali modifiche apportate nelle Linee Guida IPCC 2006 (sia per i cambiamenti di uso del territorio e forestali, e l'agricoltura) si basano su quanto riportato nelle "Buone pratiche per la gestione dell'incertezza negli inventari nazionali dei gas serra" (IPCC, 2000b) e nelle "Buone pratiche per il Settore Uso del Suolo, Cambiamenti di uso del suolo

e Foreste” (IPCC, 2003) e sono di seguito elencate:

- l'adozione delle sei categorie di uso del territorio richiamate nelle GPG-LULUCF (IPCC, 2003) le quali sono ulteriormente suddivise in “suolo che rimane nella stessa categoria” e “suolo che viene convertito da una categoria di uso ad un'altra”. L'introduzione delle categorie d'uso del suolo consente l'inclusione di tutte le tipologie di suolo gestite all'interno di una porzione territoriale;
- la contabilizzazione delle emissioni e degli assorbimenti di quelle categorie di suolo che risultano “gestite”, in cui sia presente, cioè, qualche forma di attività antropica, con l'esclusione, pertanto, di quelle in cui questa non sia;
- l'introduzione di elementi aggiuntivi per la stima di emissioni ed assorbimenti, la possibilità di utilizzare gli stessi metodi per la contabilizzazione della biomassa, della materia organica morta, dei cambiamenti dello stock di carbonio e per le emissioni di gas serra da combustione di biomassa, in tutte le categorie di uso del suolo;
- l'impiego di metodi per le emissioni di gas non CO<sub>2</sub> dalla gestione dei suoli e dalla combustione della biomassa, la caratterizzazione della popolazione degli allevamenti e dei sistemi di gestione del letame nel settore Agricoltura;
- il rispetto dei principi di bilancio di massa nel calcolo delle modifiche degli stock di carbonio;
- una maggiore coerenza nella classificazione della superficie territoriale per la scelta delle più appropriate sorgenti di emissione e dei dati di attività;
- il miglioramento delle emissioni “di default” e dei fattori di cambiamento dello stock di carbonio, nonché lo sviluppo di un database dei fattori di emissione (EFDB) che è uno strumento complementare alle Linee Guida IPCC 2006, fornendo fattori di emissione alternativi con relativa documentazione.

Il Settore AFOLU ha alcune caratteristiche uniche rispetto agli altri settori: infatti esistono processi che causano emissioni e assorbimenti di gas serra, che possono essere variabili nello spazio e nel tempo. I fattori che regolano le emissioni e le rimozioni possono essere sia naturali che antropici (diretti e indiretti) e può essere difficile distinguere chiaramente tra i fattori causali

Per il settore AFOLU le emissioni e gli assorbimenti sono sempre quelli di origine antropica, ovvero, come già anticipato sopra, relativi a quelle attività che interessano “suoli gestiti”. Per “suolo gestito” si intende una porzione di territorio in cui vengono effettuati degli interventi da parte dell'uomo, ai fini di produzione, funzioni ecologiche e/o sociali.

Il concetto fondamentale alla base di questo approccio è, infatti, che la maggior parte degli effetti antropici si verifica sui terreni gestiti.

In definitiva nel Settore AFOLU vanno incluse, per tutti i suoli “gestiti”, le emissioni:

- di CO<sub>2</sub> e gli assorbimenti risultanti da modifiche degli stock di carbonio nella

- biomassa, nella materia organica morta e minerale;
- di CO<sub>2</sub> e di gas “non-CO<sub>2</sub>” da incendi;
- di N<sub>2</sub>O da qualunque attività antropica;
- di CO<sub>2</sub> associate a calcinazione e applicazione di urea;
- di CH<sub>4</sub> da coltivazione del riso;
- di CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O dai terreni organici coltivati;
- di CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O da suoli umidi;
- di CH<sub>4</sub> da allevamento (fermentazione enterica);
- di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O da gestione del letame
- da variazioni dello stock di carbonio associate alla raccolta di legno.

### 2.5.1 La stima delle emissioni e degli assorbimenti nel Settore AFOLU

La gestione e l'uso del suolo influenzano una serie di processi ecosistemici che riguardano i flussi di gas serra (Figura 2.8), come ad esempio la fotosintesi, la respirazione, la decomposizione, la nitrificazione/denitrificazione, la fermentazione enterica, e la combustione.

Questi processi implicano trasformazioni di carbonio e azoto che sono guidati da processi biologici (attività di microrganismi, piante e animali) e fisici (combustione, lisciviazione e run-off).

I gas serra emessi di maggiore rilievo per il settore AFOLU sono l'anidride carbonica CO<sub>2</sub>, il metano CH<sub>4</sub> ed il protossido d'azoto N<sub>2</sub>O.

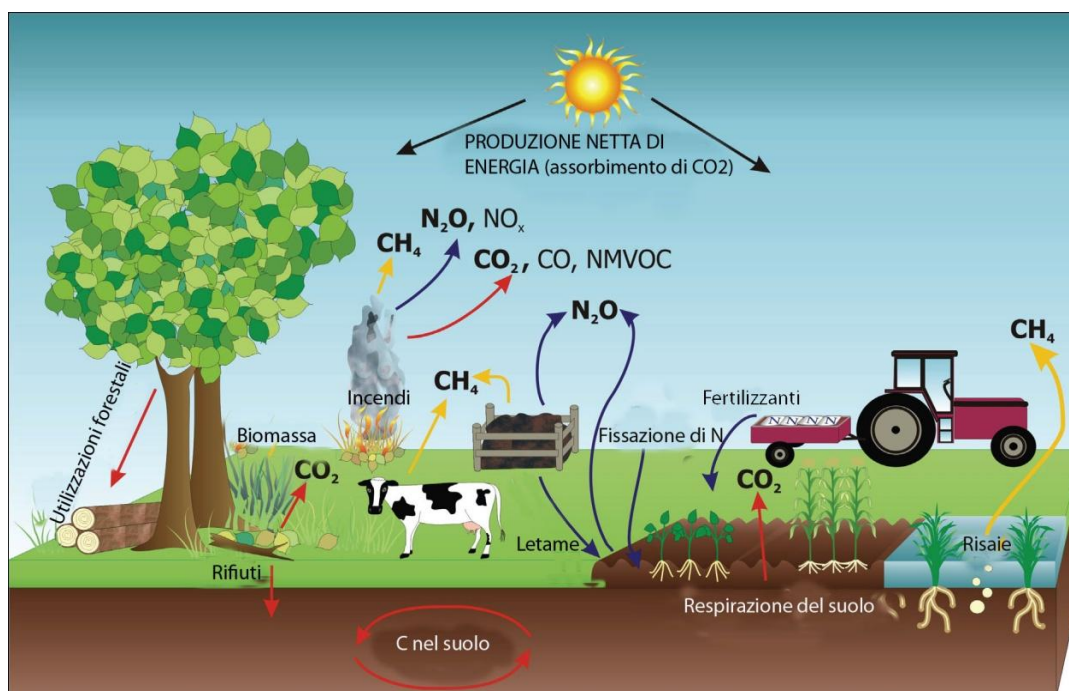


Figura 2.8. Le principali fonti di emissione/assorbimento di gas serra nei “suoli gestiti” (IPCC, 2006).

I flussi di CO<sub>2</sub> tra l'atmosfera e gli ecosistemi sono controllati principalmente



dall'assorbimento delle piante attraverso la fotosintesi e dalle emissioni che avvengono attraverso la respirazione, la decomposizione e la combustione della materia organica. L' $\text{N}_2\text{O}$  è principalmente emesso come sottoprodotto dei processi di nitrificazione e denitrificazione, mentre il  $\text{CH}_4$  è emesso dalla metanogenesi in condizioni anaerobiche nel suolo e nelle fasi stoccaggio del letame, attraverso la fermentazione enterica, e durante la combustione incompleta di materia organica.

Altri gas di interesse (derivanti dai processi di combustione e dai terreni stessi) sono gli  $\text{NO}_x$ , l' $\text{NH}_3$ , il CO ed i NMVOC (composti organici volatili senza metano), poiché sono precursori per la formazione di gas a effetto serra (Figura 2.8).

I flussi di gas serra nel settore AFOLU possono essere stimati in due modi:

- come variazione netta degli stock di C nel corso del tempo (utilizzato nella maggior parte dei casi);
- direttamente come tassi di flusso da e per l'atmosfera (utilizzato per lo più per la stima di gas non  $\text{CO}_2$  e per qualche tipologia di assorbimento).

Alla base del metodo dello "stock change" vi è il principio per cui le variazioni di stock di C (necessarie per stimare le emissioni e gli assorbimenti di  $\text{CO}_2$ ) avvengono prevalentemente (ma non esclusivamente) attraverso lo scambio di  $\text{CO}_2$  tra la superficie terrestre e l'atmosfera (ovvero altri processi di trasferimento di C, come ad esempio la lisciviazione, si presume siano trascurabili). Quindi ad un aumento dello stock totale di C nel corso del tempo corrisponde una riduzione netta di  $\text{CO}_2$  dall'atmosfera, mentre variazioni negative (quindi riduzioni) dello stock totale di C significano emissioni nette di  $\text{CO}_2$ .

I gas non- $\text{CO}_2$  sono in larga parte un prodotto dei processi microbiologici (ad esempio, all'interno dei suoli, dell'apparato digerente degli animali e del letame) e della combustione di materiali organici.

Più in dettaglio, in ambito UNFCCC, il termine *sink* (letteralmente pozzo) è usato per indicare ogni processo, attività o meccanismo che rimuova un gas serra dall'atmosfera. La vegetazione e le foreste scambiano grandi quantità di gas serra con l'atmosfera. Le piante, grazie alla fotosintesi, assorbono  $\text{CO}_2$  dall'atmosfera e rilasciano  $\text{O}_2$ ; una parte della  $\text{CO}_2$  assorbita è restituita all'atmosfera con la respirazione, mentre una parte è trattenuta come stock nei vari composti organici presenti in una pianta.

L'afforestazione e la riforestazione, o l'adozione di qualsivoglia modalità di gestione delle coltivazioni agricole e dei soprassuoli forestali che determinino un aumento degli *stock* di C nelle piante, nella lettiera e nel suolo, rimuovono un'ulteriore porzione di  $\text{CO}_2$  dall'atmosfera. Ad esempio, se un'area agricola o pascoliva è convertita in bosco, una quota di  $\text{CO}_2$  è rimossa dall'atmosfera e immagazzinata nella biomassa arborea (INEA, 2008).

Lo stock di C su quell'area aumenta, creando quindi un *sink* di carbonio. In ogni modo,

la foresta di nuova formazione funge da *sink* di C fino a quando lo *stock* di C continua a crescere. Aumenta fintantoché non sia raggiunto il limite massimo (equilibrium), oltre al quale le perdite dovute alla respirazione e alla morte degli alberi, bilanciano l'aumento di C dovuto alla fotosintesi. Inoltre il verificarsi di eventi esterni straordinari, quali ad esempio incendi, uragani o attacchi fitopatologici, rappresenta un rischio aggiuntivo per l'efficacia di fissazione del soprassuolo.

Anche il legno prelevato dal bosco e trasformato in prodotti legnosi costituisce uno stock di carbonio. Questo stock (extraboschivo) aumenterà (agendo pertanto da *sink*) fino a quando il deperimento e la distruzione dei vecchi prodotti resterà inferiore alla fabbricazione di nuovi.

**Tabella 2.2. Definizione dei serbatoi di carbonio utilizzati nell'AFOLU per ogni categoria d'uso del suolo.**

Serbatoi di C		Descrizione
Biomassa	Biomassa epigea	Tutta la biomassa di vegetazione vivente, sia legnosa che erbacea, al di sopra del suolo, compresi i condotti, ceppi, rami, cortecce, semi e foglie. Nota: Nei casi in cui il sottobosco è una componente relativamente piccola della biomassa epigea, è possibile trascurarlo, a condizione che i tiers siano utilizzati in modo coerente in tutto l'inventario.
	Biomassa ipogea	Tutta la biomassa radicale. In genere radici con un diametro inferiore a 2 millimetri sono escluse perché non possono essere distinte empiricamente dalla materia organica del suolo e rifiuti. In genere, si assume che la biomassa radicale vari nel tempo in maniera proporzionale rispetto alla biomassa epigea (AA.VV., 2002; Ponce - Hernandez, 2005): pertanto, si può applicare a quest'ultima un coefficiente di proporzionalità, pari in linea di massima a 0,2, ma variabile a seconda della specie.
Materia organica morta (necromassa)	Legno morto	Comprende tutti le biomasse legnose "non-viventi". Occorre distinguere tra necromassa in piedi e necromassa a terra. La prima comprende le piante morte in piedi, intere o troncate; la necromassa a terra è invece formata da ceppaie e da tutti i rametti, rami e fusti di alberi e arbusti morti caduti che si trovano sul terreno.
	Lettiera	Comprende tutta la biomassa non-vivente con una dimensione superiore al limite per la materia organica del suolo (consigliato 2 mm) e inferiore al diametro minimo del legno morto (ad esempio 10 cm). La parte delle radici "vive" sottili, che si trova sopra il suolo minerale o organico è inclusa nella lettiera quando non può essere distinta da esso empiricamente.
Suolo	Materia organica del suolo	Include il carbonio organico nei suoli minerali fino ad una profondità variabile da paese a paese. Le radici fini vive e morte e la necromassa all'interno del suolo, il cui diametro è inferiore al limite minimo (consigliato 2 mm), sono incluse con la materia organica del suolo quando non si può distinguerle empiricamente. Generalmente come valore di profondità del suolo si assumono 30 cm.

All'interno di ogni categoria di uso del suolo, di cui si tratterà nel paragrafo seguente, le variazioni degli stock di C devono considerare cinque "serbatoi", definiti nella Tabella 2.2.

I tre noti livelli gerarchici di complessità (Tiers), possono, nell'ambito del Settore AFOLU, essere utilizzati in tal senso:

- **Tier 1:** il calcolo si basa su dati statistici di crescita e perdita di biomassa e su fattori di emissione/rimozione indicati nelle linee guida IPCC e si applica ad un livello globale e sovranazionale;
- **Tier 2:** comprende stime più complesse e dati statistici di biomassa dettagliati e specifici per nazione e si applica ad un livello nazionale;
- **Tier 3:** sia le stime che i fattori derivano da procedure basate su misure di biomassa dirette, effettuate in condizioni locali e si applica ad un livello locale.

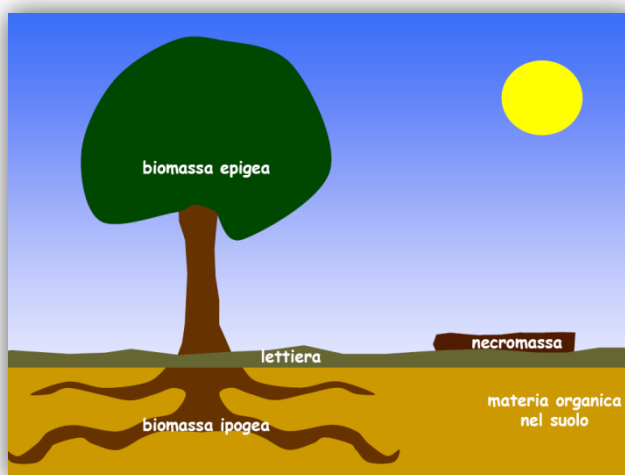


Figura 2.9. Rappresentazione dei cinque serbatoi di carbonio (INEA).

### 2.5.2 Le categorie d'uso del suolo

Le categorie di uso del territorio che le Linee guida IPCC 2006 prevede di analizzare sono sei, ovvero:

**Foreste:** questa categoria include tutte le terre con vegetazione arborea i cui parametri minimi di copertura, altezza e superficie ricadano nella definizione di foresta utilizzata dal Paese per il suo inventario delle emissioni di gas serra. Questa categoria include anche sistemi con vegetazione che attualmente non ricadono nei parametri minimi della definizione di foresta ma che ci si aspetta possa superarli (IPCC, 2006).

- 1) **Aree agricole:** s'intendono tutte le terre lavorate o sottoposte a sistemi agroforestali dove la vegetazione ricade al di sotto della definizione utilizzata per la categoria forestale definita dal Paese (IPCC, 2006).
- 2) **Prati e pascoli:** questa categoria include prati e pascoli che non sono classificati come "Aree agricole". Sono incluse anche le formazioni vegetali che ricadono al di sotto della soglia utilizzata per le terre forestali. Anche le aree ricreative, le praterie naturali e i sistemi silvopastorali sono da considerarsi appartenenti a tale categoria (IPCC, 2006).

- 3) **Zone umide:** in questa categoria ricadono le terre che sono coperte o saturate da acqua per tutto o per parte dell'anno (come ad esempio le torbiere) e che non ricadono in alcuna delle altre categorie. Sono incluse anche le riserve idriche, i fiumi e i laghi (IPCC, 2006).
- 4) **Insedimenti:** nella categoria "urbano" vengono incluse tutte le aree costruite, comprese le infrastrutture per i trasporti e gli insediamenti urbani di qualsiasi dimensione, a meno che questi siano stati già inseriti in una delle altre categorie (IPCC, 2006).
- 5) **Altri tipi d'uso del suolo:** in questa categoria sono incluse le zone improduttive o con vegetazione rada o assente, come i suoli nudi, le rocce, i ghiacciai, e tutte le terre non gestite che non ricadono in nessuna delle altre cinque categorie. Sostanzialmente questa categoria permette di far coincidere il totale delle aree identificate con la superficie nazionale complessiva (IPCC, 2006).

Ognuna delle sei categorie d'uso del suolo è ulteriormente suddivisa a seconda che abbia mantenuto inalterata la forma d'uso negli ultimi venti anni o se invece ha subito delle trasformazioni (transizioni), passando da una categoria d'uso del suolo a un'altra, nell'ambito delle sei categorie.

Così, per esempio, per tutte le aree forestali (nell'anno in cui è effettuata la stima) occorrerà effettuare le stime degli assorbimenti e delle emissioni di C separatamente per:

- le foreste rimaste tali negli ultimi vent'anni (*forest remaining forest*);
- le foreste divenute tali da meno di vent'anni, a seguito di trasformazione d'uso da altre categorie d'uso del suolo (*other land converted to forest*).

Ovviamente, stessa distinzione deve essere fatta per le colture agrarie (*cropland remaining cropland e other land converted to cropland*), e così via.

Inoltre per ognuna di queste sub-categorie di uso del suolo le Linee Guida IPCC 2006 definiscono il processo di stima delle emissioni e degli assorbimenti di C in quattro sub-sezioni:

- 1) Variazione dello stock di C nella biomassa viva (biomassa ipogea e biomassa epigea);
- 2) Variazione dello stock di C nella sostanza organica morta (necromassa legnosa e lettiera);
- 3) Variazione dello stock di C nel suolo;
- 4) Emissioni di gas serra non-CO<sub>2</sub> dai suoli e dalla combustione della biomassa, dagli allevamenti zootecnici e dai sistemi di gestione dei residui.

In sintesi vengono esaminati i cinque pool di C (biomassa viva ipogea, biomassa viva epigea, necromassa legnosa, lettiera, suolo) di ogni tipo di terra e i trasferimenti di C tra i cinque pool della stessa area.

Nel caso specifico delle foreste, le Linee Guida includono le variazioni degli stock di C

nelle foreste a causa di attività di natura antropica, quali la realizzazione di nuove piantagioni forestali, tagli colturali, prelievi di legna da ardere e da opera, perdite a causa di fattori biotici (parassiti, patogeni, ecc.) e abiotici (incendi, uragani, ecc.). Per le aree forestali, come per ogni altra categoria di uso del suolo, le variazioni degli stock di C sono stimate per ogni stratum o suddivisione interna della superficie forestale (per zona climatica, ecotipo, forma di governo, eccetera). In pratica, le variazioni degli stock di C all'interno di uno stratum sono stimate sommando le variazioni degli stock di C che avvengono in tutti e cinque i pool, secondo la seguente equazione:

$$\Delta C_F = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{NM} + \Delta C_S + \Delta C_{HWP} \quad (4)$$

con:

- $\Delta C_F$  = variazione annuale del C stock [tC/anno];
- $\Delta C_{AB}$  = variazione annuale del C stock nella biomassa viva epigea [tC/anno];
- $\Delta C_{BB}$  = variazione annuale del C stock nella biomassa viva ipogea [tC/anno];
- $\Delta C_{NM}$  = variazione annuale del C stock in necromassa (legno morto e lettiera) [tC/anno];
- $\Delta C_S$  = variazione annuale del C stock nel suolo [tC/anno];
- $\Delta C_{HWP}$  = variazione annuale del C stock nei prodotti legnosi prelevati [tC/anno].

Sulla base delle metodologie IPCC, diversi autori hanno sviluppato numerosi modelli di simulazione per quantificare stock e flussi di C a scala stazionale, per progetti agricoli e forestali finalizzati alla fissazione di quest'ultimo nella biomassa forestale epigea e ipogea, nella necromassa (lettiera e legno morto) e nella sostanza organica del suolo.

### 2.5.3 I metodi generali di stima

I metodi per stimare le emissioni di gas serra e le rimozioni nel Settore AFOLU possono essere suddivisi in due grandi categorie:

- i metodi che possono essere applicati in modo analogo per tutti i tipi di uso del suolo (cioè, metodi generici per le sei categorie d'uso del suolo);
- i metodi che si applicano solo ad un singola categoria di uso del suolo o che vengono applicati a dati aggregati a livello nazionale, senza specificare l'uso del territorio.

L'equazione generale che regola il bilancio finale delle emissioni e degli assorbimenti di CO<sub>2</sub> per il settore AFOLU è quella IPCC di seguito riportata:

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL} \quad (5)$$

dove:

- $\Delta C$  = variazione dello stock di carbonio;
- FL = foreste;

- CL = campi e terre coltivate;
- GL = prati e pascoli;
- WL = zone umide;
- SL = insediamenti urbani;
- OL = altri tipi d'uso del suolo.

Per la stima delle variazioni di C in un qualsivoglia dei cinque pool sopra menzionati, è possibile applicare due metodi alternativi: il Metodo 1 (anche chiamato **Gain-Loss Method**) ed il Metodo 2 (**Stock-Difference Method**).

Per il Gain-Loss Method (Metodo 1), è da precisare che un *gain* (ossia un incremento) per un determinato pool è rappresentato dalla crescita della biomassa o dal trasferimento di C da un altro pool. Per esempio, il rilascio in bosco di residui delle utilizzazioni o di disturbi naturali rappresenta un gain di C per il pool necromassa.

Per *loss* (ossia perdita), invece, si deve considerare il trasferimento di C a un altro pool. Per esempio, il C contenuto nei residui delle utilizzazioni rilasciato in bosco a seguito di utilizzazioni boschive è un loss per il pool biomassa epigea.

Il Metodo 1 richiede di sottrarre le perdite di C agli incrementi di C nell'anno considerato, secondo l'equazione delle Linee Guida IPCC:

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L \quad (6)$$

Con:

- $\Delta C$  = variazione annuale del C stock [tC/anno];
- $\Delta C_G$  = incremento annuale del C stock [tC/anno];
- $\Delta C_L$  = perdita annuale del C stock [tC/anno].

Il Metodo 2 richiede l'inventario del C in due anni diversi. La variazione del C in ognuno dei cinque pool (o in quelli più significativi) è uguale alla differenza tra lo stock di C all'anno  $t_2$  e quello all'anno  $t_1$ , diviso per il numero di anni tra i due inventari, secondo l'equazione seguente:

$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \quad (7)$$

Con:

- $\Delta C$  = variazione annua dello stock di C in un pool [tC/anno];
- $C_{t_1}$  = C stock in un pool al tempo  $t_1$  [tC];
- $C_{t_2}$  = C stock in un pool al tempo  $t_2$  [tC].

Se le variazioni del C stock sono misurate per ettaro, allora il valore ottenuto è moltiplicato per l'area totale di ciascun *stratum*, per ottenere la variazione totale del C stock per quello specifico pool. Nel caso del pool biomassa, ad esempio:

$$C_{ij} = \sum_{ij} [A_{ij} \times V_{ij} \times D_{ij} \times BEF_{2,ij}] \times (1 + R_{ij}) \times CF \quad (8)$$

Con:

- $C_{ij}$  = massa di C contenuto in tutti i compartimenti di una foresta, per tipologia forestale (i = da 1 a n) e stratum (j = da 1 a m) [t];
- $A_{ij}$  = superficie di ciascuna area omogenea individuata, ripartita per tipologia forestale (i = da 1 a n) e stratum (j = da 1 a m) [ha];
- $V_{ij}$  = volume mercantile (ovvero provvigione), per tipologia forestale (i = da 1 a n) e stratum (j = da 1 a m) [m<sup>3</sup>/ha];
- $D_{ij}$  = densità basale del legno, per tipologia forestale (i = da 1 a n) e stratum (j = da 1 a m). Valori di default;
- $BEF_{2,ij}$  = fattore di espansione della biomassa (adimensionale) per la conversione del volume in biomassa arborea del soprassuolo, con corteccia comprensiva della massa fogliare e blastometrica, per tipologia forestale (i = da 1 a n) e stratum (j = da 1 a m). Valori di default;
- $R_{ij}$  = rapporto radici/parte epigea appropriato agli incrementi (adimensionale), per tipologia forestale (i = da 1 a n) e stratum (j = da 1 a m). Valori di default;
- $CF$  = frazione di C presente nella sostanza secca, convenzionalmente pari a 0,5.

In generale, il Metodo 2 è preferibile quando ci sono grandi aumenti o grandi decrementi della biomassa e quando una nazione dispone di due diversi inventari accurati e confrontabili.

Nel caso contrario e quando il patrimonio forestale di un Paese è costituito da boschi eterogeni, esiste il rischio che l'errore inventariale sia maggiore della stessa variazione annuale. Nel caso specifico italiano, dato l'ampio orizzonte temporale in cui sono stati effettuati i due Inventari forestali nazionali, peraltro non confrontabili perché basati su presupposti diversi, appare opportuno stimare le variazioni dello stock di C della biomassa vivente a partire dal Metodo 1 (INEA, 2008).

Nel prosieguo verranno descritte le metodologie di stima per la specifica categoria d'uso forestale, in quanto le altre categorie sono riconducibili, in via generale, e salvo talune particolarizzazioni, a questa.

In ogni caso, per maggiori approfondimenti si rimanda, come sempre, al Volume 4 delle Linee Guida IPCC, ove, nei vari capitoli, vengono maggiormente dettagliati i criteri di calcolo dei singoli casi.

#### 2.5.4 Biomassa

##### VARIAZIONE ANNUA DEL C STOCK DOVUTO ALL'INCREMENTO DI BIOMASSA

Per stimare le variazioni del C stock nella biomassa viva forestale ( $\Delta C_F$ ) si applica l'equazione:

$$\Delta C_G = \sum_{ij}(A_{ij} \times G_{TOTALE,ij}) \times CF \quad (9)$$

Con:

- $A_{ij}$  = superficie di ciascuna area omogenea individuata, ripartita per tipologia forestale ( $i =$  da 1 a  $n$ ) e zona climatica ( $j =$  da 1 a  $m$ )[ha];
- $G_{TOTALE,ij}$  = tasso di incremento medio annuale nella biomassa totale, espresso in unità di materiale secco relativo a ciascuna area omogenea;
- $CF$  = frazione di C presente nella sostanza secca pari a 0,5.
- $G_{TOTALE,ij}$  rappresenta l'incremento biomassale medio annuo (epigeo e ipogeo) per ciascuna categoria forestale, espresso in tonnellate di sostanza secca, ed è calcolato con l'equazione:

$$G_{TOTALE,ij} = G_{w,ij} \times (1 + R_{i,j}) \quad (10)$$

Con:

- $G_w$  = tasso d'incremento medio annuo della biomassa del soprassuolo (in peso secco) [t s.s./ha × anno]] per ciascuna tipologia forestale (valori di default).

Esso è calcolabile con l'equazione:

$$G_w = I_{v,ij} \times D_{i,j} \times BEF_{1,ij} \quad (11)$$

Con:

- $R$  = rapporto radici/parte epigea appropriato agli incrementi (adimensionale) (valori di default );
- $D$  = densità basale del legno (valori di default)
- $I_v$  = incremento medio annuo in volume in  $m^3/ha$  (valori di default)
- $BEF_1$  = *biomass expansion factor*, ovvero fattore di espansione della biomassa (adimensionale) per la conversione dell'incremento annuale (inclusa la corteccia) all'intero soprassuolo (valori di default)
- $CF$  = frazione di C presente nella sostanza secca, convenzionalmente pari a 0,5.

#### DECREMENTO ANNUO DEL C STOCK DOVUTO ALLE PERDITE DI BIOMASSA

Le perdite annuali di C nella biomassa viva ( $\Delta C_L$ ) derivano dalla somma dei prelievi dei tagli della legna da opera e da ardere e da altri tipi di perdite, secondo l'equazione IPCC:

$$\Delta C_L = L_{legna da opera} + L_{legna da ardere} + L_{altro tipo} \quad (12)$$

Le perdite annuali di C dovuto ai **prelievi di legna da opera** ( $L_{legna da opera}$ ) si stimano con l'equazione:



$$L_{\text{legna da opera}} = H \times BCEF_R \times (1 + R) \times CF \quad (13)$$

Con:

- $L_{\text{legna da opera}}$  = perdite annuali dovuti ai tagli di legna da opera [tC/anno];
- $H$  = volume prelevato ogni anno [ $\text{m}^3/\text{anno}$ ];
- $BCEF_R$  = fattore di conversione e espansione della biomassa [t biomassa rimossa/ $\text{m}^3$  di legno];
- $R$  = rapporto tra biomassa ipogea ed epigea [t ss biomassa ipogea/ t ss biomassa epigea];
- $CF$  = carbon fraction, frazione del C nella sostanza secca (default=0,5) [tC/t.s.s.].

Le perdite annuali di C dovuto ai **prelievi di legna da ardere** si stimano con la formula:

$$L_{\text{legna da ardere}} = FG \times BCEF_R \times (1 + R) \times CF \quad (14)$$

Con:

- $L_{\text{legna da ardere}}$  = perdite annuali dovute ai prelievi in foresta di legna da ardere [tC/anno];
- $FG$  = volume dei prelievi di legna da ardere in foresta [ $\text{m}^3/\text{anno}$ ];
- $BCEF_R$ ,  $R$  e  $CF$  con lo stesso significato di prima.

Infine le **perdite annuali di C dovuto ad altre cause**, tra cui la mortalità naturale e gli incendi ( $L_{\text{altre cause}}$ ) si stimano con l'equazione:

$$L_{\text{altre cause}} = A_{\text{disturbi}} \times B_W \times (1 + R) \times CF \times f_d \quad (15)$$

Con:

- $L_{\text{altre cause}}$  = perdite annuali dovuti ad altre cause [tC/anno];
- $A$  = la superficie forestale sottoposta a disturbi di varia natura [ha/anno];
- $B_W$  = biomassa epigea media delle aree colpite dai disturbi [t ss/ha];
- $R$  = rapporto tra biomassa ipogea ed epigea [t ss biomassa ipogea/ t ss biomassa epigea];
- $CF$  = carbon fraction, frazione del C nella sostanza secca (default=0,5) [tC/t.s.s.];
- $f_d$  = frazione della biomassa persa.

### 2.5.5 Necromassa

#### LEGNO MORTO

Il bilancio del C in questo particolare compartimento pone diversi problemi di misurazione e d'incertezza relativi al tasso di trasferimento nella lettiera, nel suolo o nell'atmosfera. Il C nel legno morto è variabile in funzione di una serie di fattori, tra cui la tipologia forestale, il clima, i disturbi naturali e antropici.

Le Buone pratiche (IPCC, 2003) e le Linee Guida (IPCC, 2006), in base al Tier 1 non

richiedono necessariamente stime sul budget del C nel legno morto e nella lettiera, sulla base del fatto che, nei tempi biologici dei due compartimenti, il C rimane costante, assumendo perciò che gli input verso la sostanza organica morta della foresta sono controbilanciati dagli output: variazione netta uguale a zero.

Tuttavia, le linee guida IPCC stimolano le agenzie o le società che conducono gli inventari ad attivare stime sull'entità del pool "legno morto", adottando livelli di precisione e accuratezza più elevati (Tier 2 e 3). I Paesi le cui foreste sono soggette a variazioni significative delle modalità di gestione, trasformazione di forme di governo, o disturbi di varia natura, sono incoraggiate ad acquisire dati nazionali in grado di quantificarne gli impatti.

### **LETTIERA**

Per la lettiera vale grosso modo quanto detto per il legno morto. L'accumulo di lettiera è in funzione della quantità degli apporti di foglie, ramoscelli, frutti, fiori, corteccia, al netto della decomposizione annuale degli stessi componenti.

In particolare, va osservato che la lettiera aumenta in maniera significativa nei giovani boschi. Le attività in foresta alterano le caratteristiche della lettiera (su questo aspetto gli studi in Italia sono molto limitati, anche se ultimamente alcuni gruppi di ricercatori se ne stanno interessando).

Le linee guida IPCC non richiedono necessariamente stime di budget del C nella lettiera, assumendo che il C rimanga costante, con input verso la lettiera controbilanciati dagli output dalla lettiera verso l'esterno: variazione netta uguale a zero. Anche nel caso della lettiera, i Paesi le cui foreste sono soggette a variazioni significative delle modalità di gestione, trasformazione di forme di governo, o disturbi di varia natura sono stimolate ad acquisire dati nazionali in grado di quantificarne gli impatti.

#### *2.5.6 Materia organica nel suolo*

La sostanza organica del suolo costituisce un complesso vasto di molecole e corpuscoli risultanti dall'umificazione della lettiera, incorporata nel suolo. Essa include anche acidi organici, micro-organismi morti o vivi, ecc. Anche nel caso del suolo, l'accumulo o la perdita di C è il risultato di un bilancio tra input e output.

La dinamica del C nel suolo è estremamente complessa e di difficile determinazione. In condizioni di elevata umidità e piovosità e basse temperature, la decomposizione della sostanza organica dei suoli avviene più lentamente; di conseguenza gli input di sostanza organica verso il suolo eccedono le perdite dovute alla degradazione e alla decomposizione. Quindi, la sostanza organica si accumula. Le dinamiche del C nel suolo sono strettamente correlate al regime idrologico stagionale e ad altre attività e eventi che influiscono sulla decomposizione.

A causa della carenza di dati e informazioni scientificamente solidi, che determina

elevate incertezze nelle stime, si può assumere che gli stock di C nel suolo rimangano costanti nel tempo (come previsto dalle IPCC 2006). Inoltre secondo le Buone pratiche (IPCC, 2003) non richiedono necessariamente stime sul budget del C nel legno morto e nella lettiera, sulla base del fatto che, nei tempi biologici dei due compartimenti, il C rimane costante, assumendo perciò che gli input verso la sostanza organica morta della foresta sono controbilanciati dagli output: variazione netta uguale a zero.

## 2.6 Il settore rifiuti nelle linee guida IPCC

Il Settore dei rifiuti prevede la contabilizzazione dei gas anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) nelle seguenti categorie:

- 1) smaltimento dei rifiuti solidi;
- 2) trattamento biologico dei rifiuti solidi;
- 3) incenerimento e combustione a cielo aperto di rifiuti;
- 4) trattamento delle acque reflue e di scarico.

La suddivisione in sottocategorie non è articolata come quella degli altri Settori, pertanto si rimanda alla Figura 2.1 per una visione maggiormente schematica.

Il punto di partenza per la stima delle emissioni di gas a effetto serra dalle attività sopra riportate è la compilazione dei dati di attività sulla produzione, composizione e gestione dei rifiuti.

I rifiuti considerati sono quelli originati da nuclei familiari, uffici, negozi, mercati, ristoranti, istituzioni pubbliche, impianti industriali, opere idrauliche e impianti fognari, siti di costruzione e demolizione, e dalle attività agricole che non siano la gestione del letame o la combustione in situ di residui agricoli, le cui emissioni sono valutate nel Settore AFOLU.

È buona pratica tenere conto di tutti i tipi di rifiuti solidi possibili nel calcolo delle emissioni.

Le pratiche di gestione dei rifiuti solidi comprendono: raccolta, riciclaggio, smaltimento dei rifiuti solidi nel terreno, trattamenti biologici e di altro tipo, così come incenerimento e combustione a cielo aperto di rifiuti.

Le Linee Guida IPCC prevedono la classificazione dei rifiuti in: rifiuti urbani, industriali, rifiuti da fognatura e fanghi, ed altri tipi di rifiuti.

I rifiuti urbani sono i rifiuti raccolti dai Comuni o da altri Enti locali. Tuttavia questa definizione varia da paese a paese. Tipicamente i rifiuti urbani comprendono:

- i rifiuti domestici;
- i rifiuti da parchi e giardini
- i rifiuti da attività commerciali/istituzionali.

I fanghi di depurazione delle acque reflue domestiche e industriali sono considerati

una categoria differenziata dei rifiuti all'interno delle Linee Guida IPCC, sebbene in alcuni Paesi i primi siano inclusi negli RSU (rifiuti solidi urbani) e i secondi nei rifiuti industriali

Per quanto riguarda la categoria di rifiuti industriali, la loro esatta classificazione varia molto da Paese a Paese, ed a seconda della tipologia di tecnologia/processo adottati.

Un tipico esempio è quello dei rifiuti da costruzione e demolizione, i quali possono essere inclusi nei rifiuti industriali, negli RSU, oppure considerati a parte. La categorizzazione di default usato qui assume rifiuti da costruzione e demolizione sono una parte dei rifiuti industriali.

Infine, nella categoria altri rifiuti le Linee Guida IPCC includono: i rifiuti chimici, quelli pericolosi ed, infine, quelli agricoli.

### *2.6.1 Smaltimento dei rifiuti in discarica*

Il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti urbani, industriali ed altri di natura solida produce emissioni significative di metano ( $\text{CH}_4$ ).

Oltre al metano vengono  $\text{CO}_2$  e composti organici volatili non metanici (COVNM), nonché piccole quantità di  $\text{N}_2\text{O}$ , ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e monossido di carbonio (CO).

Il  $\text{CH}_4$  prodotto dallo smaltimento dei rifiuti in discarica contribuisce per circa il 3÷4% alle emissioni annue globali di origine antropica dei gas a effetto serra (IPCC, 2001).

Tuttavia le recenti normative, oltre che le politiche internazionali, impongono criteri di gestione dei rifiuti finalizzati alla minimizzazione della produzione di rifiuti, all'ottimizzazione ed implementazione di tecniche di riciclaggio/riutilizzo, finalizzati soprattutto a ridurre i quantitativi di rifiuti avviati a smaltimento finale/discarica.

Infine, nelle discariche, è d'obbligo il recupero di gas prodotto (il biogas), per ridurre le emissioni di  $\text{CH}_4$  e anche ai fini energetici.

La decomposizione di materiale organico da biomassa (ad esempio, colture, legno) è la principale fonte di  $\text{CO}_2$  dai rifiuti. Queste emissioni di  $\text{CO}_2$  non vengono contabilizzate, in quanto il carbonio è di origine biogenica e le emissioni nette sono valutate all'interno del Settore AFOLU.

Per quanto riguarda le emissioni di  $\text{N}_2\text{O}$  da discarica esse sono ritenute trascurabili, pertanto non sono oggetto di calcolo.

La metodologia IPCC per la stima delle emissioni di  $\text{CH}_4$  da smaltimento dei rifiuti in discarica si basa su un'equazione di decadimento del Primo Ordine (DOM). Questo metodo semplifica, in cinetiche del primo ordine, reazioni a catena ben più complesse. Tuttavia, prove di laboratorio e di campo, dimostrano che esso può essere ritenuto accettabile.

In particolare il metodo presuppone che il componente organico degradabile (carbonio organico degradabile, DOC) contenuto nei rifiuti decada lentamente in alcuni decenni,

durante i quali si formano CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>. Se le condizioni sono costanti, il tasso di produzione di CH<sub>4</sub> dipende unicamente dalla quantità di carbonio residua nei rifiuti. Come conseguenza le emissioni sono più alte nei primi anni dopo la deposizione, per poi gradualmente diminuire, in quanto il carbonio degradabile nei rifiuti viene consumato da batteri.

I tre livelli per stimare le emissioni di CH<sub>4</sub> si articolano come segue:

*Tier 1:* viene utilizzato il metodo DOM sfruttando principalmente dati di attività predefiniti e parametri predefiniti;

*Tier 2:* sono richiesti dati più specifici per ciascun paese sulle attività attuali e storiche di smaltimento dei rifiuti in discarica. I dati storici dovrebbero coprire almeno 10 anni e dovrebbero essere basati su statistiche specifiche del paese, sondaggi o altre fonti analoghe. Questi dati sono sostanzialmente i quantitativi di rifiuti depositati in discarica,

*Tier 3:* in questo caso si abbinano i dati di attività del Tier 2 con l'applicazione del metodo DOM sulla base di parametri specifici per il paese, tra i quali rientrano il potenziale di generazione di metano (L<sub>0</sub>) e il contenuto di carbonio biodegradabile nei rifiuti.

L'equazione di base del metodo di decadimento del primo ordine per la stima delle emissioni di CH<sub>4</sub> è la (16). Il metano si genera a seguito della degradazione di materiale organico in condizioni anaerobiche. Parte di questo viene ossidato nella copertura della discarica, oppure può essere recuperato per produrre energia. Quindi il CH<sub>4</sub> effettivamente emesso sarà inferiore rispetto alla quantità generata.

$$\text{Emissioni CH}_4 = \left[ \sum_X \text{CH}_{4,\text{generato}(x)} - R \right] \times (1 - \text{OX}) \quad (16)$$

dove:

- x = categoria di rifiuti;
- R<sub>T</sub> = CH<sub>4</sub> recuperato all'anno [Gg/anno];
- OX = fattore di ossidazione.

Per quanto riguarda la quantità di CH<sub>4</sub> generata essa viene calcolata attraverso una relazione in cui il dato principale è costituito dalla quantità di materia organica degradabile nei rifiuti smaltiti in discarica.

Noto anche questo contributo si può, pertanto, applicare l'equazione di decadimento del primo ordine, in cui la quantità di prodotto è sempre proporzionale alla quantità di materiale reagente. Ciò significa che non conta tanto l'anno in cui è stato depositato il rifiuto in discarica, quanto invece la quantità totale del materiale attualmente in decomposizione nel sito.

Questo significa anche che, quando si conosce la quantità di materiali in decomposizione in discarica all'inizio di un anno preso come riferimento, ogni anno può essere considerato come anno numero 1 nel metodo di stima, ed i calcoli di base di primo

ordine possono essere eseguiti attraverso due semplici equazioni, con l'inizio della reazione di decadimento il 1° gennaio dell'anno dopo la deposizione dei rifiuti.

Le due equazioni succitate sono le seguenti:

$$DDOC_{maT} = DDOC_{mdT} + (DDOC_{maT-1} \times e^{-k}) \quad (17)$$

per quanto riguarda la massa di carbonio organico degradabile accumulato in discarica alla fine dell'anno T.

$$DDOC_{m\ decompT} = DDOC_{maT-1} \times (1 - e^{-k}) \quad (18)$$

per quanto riguarda, invece, la massa di carbonio organico degradabile decomposto in discarica alla fine dell'anno T.

Nelle due equazioni i termini indicati rappresentano:

- T = anno di riferimento dell'inventario;
- $DDOC_{maT}$  = massa di carbonio organico degradabile accumulato in discarica alla fine dell'anno T [Gg];
- $DDOC_{maT-1}$  = massa di carbonio organico degradabile accumulato in discarica alla fine dell'anno (T-1) [Gg];
- $DDOC_{mdT}$  = massa di carbonio organico degradabile depositato in discarica alla fine dell'anno T [Gg];
- $DDOC_{m\ decompT}$  = massa di carbonio organico degradabile decomposto in discarica alla fine dell'anno T [Gg];
- k = costante di reazione in funzione del tempo di decadimento.

### 2.6.2 *Trattamento biologico dei rifiuti*

All'interno della categoria "Trattamento biologico dei rifiuti" rientrano il compostaggio e la digestione anaerobica, rivolti al recupero di rifiuti organici (rifiuti alimentari, da parchi e giardini, fanghi, etc...) i cui principali vantaggi sono: la riduzione del volume di rifiuti, la loro stabilizzazione, la distruzione degli agenti patogeni nel materiale di scarto e la produzione di biogas per uso energetico.

I prodotti finali del trattamento biologico possono, a seconda della loro qualità, essere riciclati come fertilizzante e ammendante del suolo, o essere smaltiti in discarica.

Poiché, spesso, il trattamento anaerobico dei rifiuti comporta la produzione di CH<sub>4</sub> ai fini energetici, le emissioni di gas a effetto serra dal processo vengono contabilizzate nel settore Energia, così come quelle derivanti dal trattamento anaerobico dei fanghi da trattamento delle acque reflue e di scarico, devono essere riportate nella sezione del trattamento delle acque reflue, appunto.

Il **compostaggio** è un trattamento aerobico, in cui i rifiuti vengono stabilizzati a contatto con l'aria, per cui una buona frazione di carbonio organico degradabile viene

convertita in CO<sub>2</sub>, mentre il CH<sub>4</sub> si forma nelle sezioni anaerobiche del compost. Il CH<sub>4</sub> rilasciato in atmosfera varia da meno dell'1% a qualche punto % rispetto al contenuto iniziale di carbonio nel materiale di scarto (Beck-Friis, 2001; Detzel et al., 2003; Arnold, 2005).

Il compostaggio può anche produrre emissioni di N<sub>2</sub>O, tra meno dello 0,5% al 5% del contenuto di azoto iniziale del materiale (Petersen et al, 1998; Hellebrand 1998; Vesterinen, 1996; Beck-Friis, 2001; Detzel et al, 2003.).

La **digestione anaerobica** dei rifiuti organici consiste nella decomposizione naturale della materia organica in assenza di ossigeno. Il CH<sub>4</sub> generato può essere utilizzato per produrre calore e/o energia elettrica. Le emissioni di CO<sub>2</sub> sono di origine biogenica e quindi non vanno contabilizzate. Generalmente le emissioni di CH<sub>4</sub> per perdite involontarie durante il processo derivanti da disturbi o altri eventi imprevisti, è compreso tra lo 0 ed il 10% della quantità di CH<sub>4</sub> generato.

In assenza di ulteriori informazioni, è possibile utilizzare il 5% come valore di default per il emissioni di CH<sub>4</sub> (IPCC, 2006). Le emissioni di N<sub>2</sub>O dal processo si presume siano trascurabili, essendo i dati su queste emissioni molto scarsi.

Un ulteriore trattamento che sta prendendo sempre maggiore piede in Europa è il **trattamento biologico-meccanico**, in cui i rifiuti subiscono una serie di operazioni meccaniche e biologiche mirate a ridurre il volume dei rifiuti e stabilizzarli per ridurre le emissioni da smaltimento finale.

Tipicamente le operazioni meccaniche consistono nel separare i rifiuti in frazioni che saranno soggette ad ulteriori trattamenti (compostaggio, digestione anaerobica, di combustione, riciclaggio), e possono includere la separazione, triturazione e frantumazione del materiale. Le operazioni biologiche includono il compostaggio e digestione anaerobica.

Le relazioni che consentono il calcolo delle emissioni di metano e protossido d'azoto per la categoria in questione sono le seguenti:

$$Emissioni CH_4 = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R \quad (19)$$

$$Emissioni N_2O = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} \quad (20)$$

in cui:

- M<sub>i</sub> = massa di rifiuto organico trattata [Gg];
- EF = fattore di emissione [g di CH<sub>4</sub> oppure di N<sub>2</sub>O/kg di rifiuto trattato];
- i = compostaggio o digestione anaerobica;
- R = ammontare totale di CH<sub>4</sub> recuperato nell'anno di riferimento dell'inventario [Gg CH<sub>4</sub>].

### *2.6.3 Incenerimento e combustione all'aperto dei rifiuti*

L'**incenerimento** dei rifiuti è definito come la combustione di rifiuti solidi e liquidi in impianti di incenerimento a condizioni controllate. Le tipologie di rifiuti inceneriti possono essere i rifiuti solidi urbani (RSU), i rifiuti industriali, i rifiuti pericolosi, i rifiuti ospedalieri e i fanghi di depurazione. Se la pratica di incenerimento è fine a sé stessa, allora le emissioni vengono contabilizzate nel Settore Rifiuti, se invece vi è una termovalorizzazione dei rifiuti, ovvero un recupero energetico degli stessi, allora esse devono essere comprese nel Settore Energia. Le emissioni dalla combustione all'aperto di residui agricoli sono considerate nel Settore AFOLU.

La **combustione all'aperto** di rifiuti può essere definita come la combustione direttamente in natura (a cielo aperto) di materiali come carta, legno, plastica, tessuti, gomma, oli usati e altri detriti. Questa pratica è più diffusa nei paesi in via di sviluppo, in quanto nei paesi sviluppati è, sovente, vietata o comunque sottoposta a normative stringenti.

Il metodo comune per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> di incenerimento e combustione a cielo aperto di rifiuti si basa su una stima del contenuto di carbonio fossile nei rifiuti combustibili, moltiplicato per il fattore di ossidazione, convertendo tale prodotto (quantità di carbonio fossile ossidato) in CO<sub>2</sub>.

Le emissioni predominanti sono quelle di anidride carbonica, seguite da metano, ed in minima parte di protossido d'azoto. Per contabilizzarle come dati di attività sono necessari i quantitativi di rifiuti in ingresso all'inceneritore o bruciati all'aperto, mentre i fattori di emissione si basano sul contenuto di carbonio ossidato dei rifiuti che è di origine fossile. Altri dati importanti ai fini della stima riguardano la composizione dei rifiuti, il contenuto di materia secca, il contenuto di carbonio totale, la frazione di carbonio fossile e il fattore di ossidazione.

I Tier da utilizzare variano in funzione della quantità totale di rifiuti, dei fattori di emissione e dei parametri utilizzati, ovvero se sono di default (Tier 1), specifici per ciascun paese (Tier 2a, Tier 2b) o specifici dell'impianto (Tier 3).

### *2.6.4 Trattamento delle acque reflue e di scarico*

Il trattamento delle acque reflue può essere fonte di emissioni di CH<sub>4</sub>, qualora si realizzino delle condizioni anaerobiche durante i processi. Si possono avere anche emissioni di N<sub>2</sub>O, mentre quelle di CO<sub>2</sub> non vengono considerate perché di origine biogenica.

Le acque di scarico hanno origine da una varietà di attività domestiche, commerciali ed industriali e possono essere trattate in loco, canalizzate ad un impianto centralizzato oppure smaltite in un corpo idrico superficiale.

Le acque reflue domestiche sono le acque reflue provenienti da uso domestico,



mentre le acque reflue industriali derivano da attività industriali. I sistemi di trattamento e di scarico possono variare notevolmente da un paese all'altro.

Le tipologie più diffuse di trattamento delle acque reflue nei paesi industrializzati sono quelli a fanghi attivi, di natura aerobica e centralizzata, i quali a loro volta comprendono trattamenti primari, secondari e terziari, da soli o in combinazione tra loro.

Infatti col trattamento primario vengono rimossi, tramite dispositivi fisici (per esempio delle griglie), i solidi più grossolani o le parti solide di maggiori dimensioni, il trattamento secondario consiste in una combinazione di processi biologici che promuovono la biodegradazione della sostanza organica presente nei reflui da parte di microrganismi; infine i trattamenti terziari vengono utilizzati per purificare ulteriormente le acque reflue da agenti patogeni, contaminanti e/o nutrienti rimanenti, come l'azoto e il fosforo. Da ognuna di queste sezioni vengono originati i fanghi di depurazione, con caratteristiche diverse a seconda della natura del refluo e di eventuali agenti chimici aggiunti, che devono essere ulteriormente sottoposti a trattamento, ovvero inviati in discarica, a recupero o trattati biologicamente.

Per quanto riguarda le emissioni di metano, esse vengono generate dal trattamento delle acque di scarico se la degradazione avviene in condizioni anaerobiche. In particolare l'entità della produzione di  $\text{CH}_4$  dipende principalmente dalla quantità di materiale organico degradabile presente nell'acqua di scarico, dalla temperatura e dal tipo di sistema di trattamento.

Infatti, all'aumentare della temperatura, il tasso di produzione di  $\text{CH}_4$  aumenta. Ad esempio a temperature inferiori a  $15^\circ\text{C}$  la produzione di  $\text{CH}_4$  è improbabile in quanto i batteri metanigeni (principali responsabili della degradazione della sostanza organica nei reflui) non sono attivi (IPCC, 2006).

Il fattore principale nella determinazione del potenziale di generazione di  $\text{CH}_4$  delle acque reflue è la quantità di materiale organico biodegradabile nelle acque reflue. Parametri comuni utilizzati per misurare la componente organica delle acque reflue sono la richiesta biochimica di ossigeno (BOD) e la Domanda Chimica di Ossigeno (COD). A parità di condizioni le acque reflue con una concentrazione maggiore di COD, o di BOD, producono più  $\text{CH}_4$  di acque reflue con concentrazioni di COD (o BOD) inferiori.

Relativamente, invece, alle emissioni di protossido d'azoto, queste sono associate alla degradazione dei composti azotati nelle acque reflue, come ad esempio urea, nitrati e proteine.

Inoltre emissioni dirette di  $\text{N}_2\text{O}$  possono originarsi sia durante la nitrificazione che durante la denitrificazione dell'azoto: entrambi i processi si possono verificare in impianto o nel corpo idrico che riceve l'effluente.

La nitrificazione è un processo aerobico di conversione dell'ammoniaca e di altri composti dell'azoto in nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ), mentre la denitrificazione si verifica in condizioni

anossiche (senza ossigeno libero), e comporta la conversione biologica di nitrato di diazoto in gas ( $N_2$ ). Il protossido di azoto può essere un prodotto intermedio di entrambi i processi, ma è più spesso associato alla denitrificazione.

Anche in questo caso è possibile applicare livelli di dettaglio e complessità di Tier 1, 2 oppure 3, a seconda della disponibilità di dati più o meno specifici territoriali.

L'equazione generale per stimare le emissioni di  $CH_4$  proposta dall'IPCC è la seguente:

$$Emissioni CH_4 = \left[ \sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] \times (TOW - S) - R \quad (21)$$

dove:

- TOW = materia organica totale presente nei reflui nell'anno considerato [kg BOD/anno];
- S = componente organica rimossa con i fanghi nell'anno considerato [kg BOD/anno];
- $U_i$  = frazione della popolazione in funzione della tipologia di insediamento;
- i = tipologia di insediamento: rurale, altamente o bassamente urbanizzato;
- j = sistema di trattamento/scarico considerato;
- $EF_j$  = fattore di emissione [kg  $CH_4$ /kg BOD];
- R = ammontare di  $CH_4$  recuperato nell'anno considerato [kg  $CH_4$ /anno].

Il fattore di emissione viene calcolato in funzione della capacità massima di produzione dei  $CH_4$ , che può essere di default oppure specifica del caso esaminato.

La relazione generale per il calcolo delle emissioni di  $N_2O$  è, invece, di seguito riportata:

$$Emissioni N_2O = N_{effluente} \times EF_{effluente} \times 44/28 \quad (22)$$

In cui:

- $N_{effluente}$  = contenuto di azoto presente nei reflui [kg N/anno];
- $EF_{effluente}$  = fattore di emissione dell' $N_2O$  [kg $N_2O$ -N/kgN].

Il fattore 44/28 è necessario per convertire kg  $N_2O$ -N in kg  $N_2O$ .

I dati di attività ulteriormente necessari per il calcolo delle emissioni di  $N_2O$ , in particolare per la stima del contenuto di azoto negli scarichi delle acque reflue (ove non immediatamente disponibile), sono la popolazione del paese e la media annua pro capite di produzione di proteine (kg/persona/anno).

## Bibliografia

- AA.VV., (2002). Assorbimento e fissazione di carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi. Rapporto APAT 21/2002.
- ANPA, (2001). *Linee guida agli inventari locali di emissioni in atmosfera*. Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente. Roma, 2001.
- Arnold, M. (2005). Espoo: VTT Processes: Unpublished material from measurements from biowaste composts. (Personal communication).
- Beck-Friis, B.G. (2001). *Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane during composting of organic household waste*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 331 p. (Doctoral Thesis).
- Detzel, A., Vogt, R., Fehrenbach, H., Knappe, F. and Gromke, U. (2003). Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung und internationale Richtlinien: Teilbericht Abfall/Abwasser. IFEU Institut - Öko-Institut e.V. 77 p.
- Hellebrand, H.J. (1998). Emissions of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green wast. *J. agric, Engng Res.*, 69:365-375.
- INEA, (2008). Gli accordi volontari per la compensazione della CO<sub>2</sub>. Indagine conoscitiva per il settore forestale in Italia. Istituto Nazionale di Economia Agraria, Osservatorio Foreste. Roma, 2008.
- IPCC, (1996). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996.
- IPCC, (2000b). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000.
- IPCC, (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2003.
- IPCC, (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.
- Matthews R., Robertson K., (2002). Sink forestali di carbonio e loro ruolo nei cambiamenti climatici globali: risposte alle dieci domande più frequenti. *IEA Bioenergy n. 38*, 2002.
- Petersen, S.O., Lind, A.M. and sommer, S.G. (1998). *Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure*. *J. Agric. Sci.*, 130: 69-79.
- Ponce- Hernandez R., (2004). Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes. FAO, Roma, 2004.
- Progetto REGES, (2008). Progetto per la verifica e la certificazione della riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra per il territorio della Provincia di Siena. Provincia di Siena, 2008.
- Progetto REGES, (2009). Bilancio delle emissioni dei gas ad effetto serra per il territorio della Provincia di Siena. Verifica e certificazione. Provincia di Siena, 2009.
- UNFCCC, (1992). Convention on climate change. UNFCCC website (<http://www.unfccc.de/resource/conv>).
- Vesterinen, R. (1996). Impact of waste management alternatives on greenhouse gas emissions: Greenhouse gas emissions from composting. Jyväskylä: VTT Energy. Research report ENE38/T0018/96. (In Finnish). 30p.
- <http://www.ricercaforestale.it>
- <http://www.sinanet.isprambiente.it/>



## Capitolo 3. Il Bilancio delle emissioni di gas serra nel Comune di Reggio Calabria

### 3.1 Introduzione

La riduzione delle emissioni di gas serra rientra tra le sfide che l'umanità oggi si trova a dover affrontare per tenere sotto controllo pericolosi cambiamenti climatici ed è alla base di accordi internazionali, quali il *Protocollo di Kyoto*, che sanciscono un impegno concreto, per i Paesi aderenti, di riduzione graduale ed effettiva delle quote di emissione individuali.

Tuttavia, per raggiungere gli obiettivi del Protocollo stesso, appare opportuno che le misure di riduzione coinvolgano, oltre ai Governi centrali, anche le comunità locali e, quindi, i soggetti che amministrano il territorio.

In Italia la possibilità di procedere verso un *burden sharing* (ripartizione della responsabilità nella riduzione delle emissioni) regionale sta recentemente prendendo piede (ENEA, 2008): già nella Legge Finanziaria 2008 era presente infatti una proposta di ripartizione regionale degli obiettivi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili, individuati dalla direttiva 2001/77/CE. Ciononostante, ad oggi, non si è ancora arrivati ad una formalizzazione legislativa che chiarisca sia il ruolo degli Enti locali nel raggiungimento degli obiettivi nazionali che i criteri di ripartizione delle riduzioni.

Uno strumento virtuoso per la responsabilizzazione verso gli accordi di Kyoto è rappresentato dalla redazione del **Bilancio delle Emissioni dei Gas Serra**.

Un bilancio delle emissioni dei gas serra consiste in una serie organizzata di dati relativi alle quantità di gas serra introdotte e rimosse dall'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche (Figura 3.1). Esso costituisce un caso particolare di inventario delle emissioni, strumento utilizzato per monitorare la qualità dell'aria e pianificare interventi di abbattimento degli inquinanti atmosferici particolarmente in ambito industriale ed urbano.

Esso consente ad un territorio di conoscere i propri punti deboli e di forza, in base ai quali calibrare l'applicazione di interventi di riduzione alle principali fonti individuate, ed intervenire con misure adeguate e specifiche sul territorio per mitigare le emissioni nei settori maggiormente responsabili. Viene redatto periodicamente, per poter disporre di indicazioni sull'andamento delle emissioni nel tempo e verificare se le variazioni riscontrate siano legate all'attuazione di politiche per la tutela dell'ambiente e del clima, a cambiamenti di uso del suolo, a trasformazioni nelle abitudini dei cittadini o ad altre cause: un suo aggiornamento periodico consente pertanto di verificare e calibrare successive scelte mirate a ridurre le emissioni.

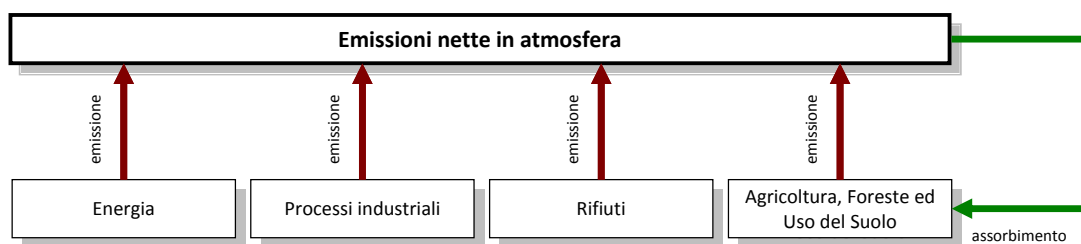


Figura 3.1. Flussi di emissione e di assorbimento della CO<sub>2</sub>, alla base di un Bilancio delle emissioni.

Anche il **Comune di Reggio Calabria**, così come altre Amministrazioni locali, ha intrapreso l'iniziativa volontaria di dotarsi di tale strumento conoscitivo, il Bilancio delle emissioni dei gas serra, per l'appunto, realizzato in collaborazione con il gruppo afferente alla Cattedra di Fisica Tecnica Ambientale della Facoltà di Ingegneria dell'Università Mediterranea della città e nucleo centrale di questo lavoro di Tesi.

Il lavoro svolto ha consentito di individuare i settori locali maggiormente responsabili su cui indirizzare le misure e gli interventi per la riduzione delle emissioni inquinanti, tramite l'attuazione di opportuni Piani di Azione e di definire in maniera precisa e validata adeguati interventi ambientali riequilibrativi incentrati sul binomio emissioni/assorbimento di gas serra.

### 3.2 Criteri per l'elaborazione del bilancio

Il Bilancio dei gas serra è stato elaborato sul sistema territoriale del Comune di Reggio Calabria, relativamente all'anno 2009, che sarà considerato come anno di riferimento storico, in vista dei successivi aggiornamenti annuali.

La metodologia di quantificazione utilizzata per l'intero inventario è stata la metodologia dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), aggiornata all'ultima versione "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (IPCC, 2006) e adottata anche a livello nazionale e internazionale per la redazione degli inventari nazionali dei paesi aderenti al Protocollo di Kyoto.

La scelta dei dati di attività, dei fattori di emissione e la spiegazione di alcune sorgenti di emissione trascurate è riportata in ogni settore dell'inventario.

La fase più complessa ed onerosa per la compilazione dell'inventario è stata quella della raccolta dei dati necessari per la compilazione dello stesso, per la varietà e numerosità sia delle informazioni richieste, che dei soggetti detentori delle informazioni. Un'ulteriore difficoltà si è riscontrata nel fatto che spesso le informazioni, laddove disponibili, sono riferite ad ambiti territoriali ben più ampi di quelli di interesse o ad anni differenti, per cui si è dovuto procedere disaggregando, o contestualizzando i dati al livello di interesse.

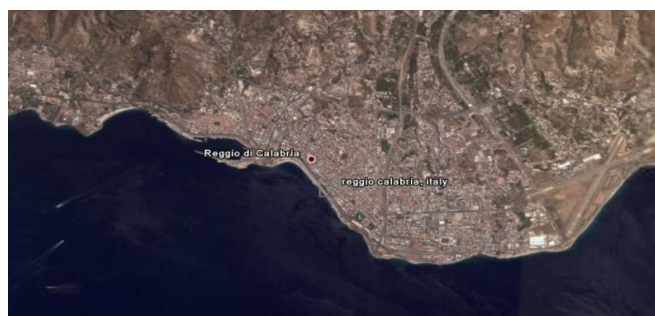
Ai fini della validazione di tale bilancio attraverso la norma tecnica internazionale UNI ISO 14064 (UNI, 2006), la quale specifica i principi ed i requisiti, sia a livello di Governi che di imprese ed iniziative volontarie per la quantificazione e la rendicontazione delle

emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione, si può tenere conto del seguente schema di corrispondenza:

**Tabella 3.1. Corrispondenza tra le categorie della norma ISO 14064 e della metodologia IPCC.**

Riferimento UNI ISO 14064	Riferimento IPCC 2006
Emissioni ed assorbimenti diretti	Settore energia – Prodotta in loco Assorbimento forestale ed agricolo
Emissioni di energia indirette	Energia importata
Altre emissioni (indirette)	Settore dei processi industriali Settore agricoltura Settore rifiuti

Lo studio ha interessato l’ambito del territorio del Comune di Reggio Calabria, che si estende per una superficie di 236,02 km<sup>2</sup>, con una popolazione di 186.433 abitanti ed una densità abitativa di 789,9 ab./km<sup>2</sup> (ISTAT, 2011).



Popolazione: 186.433 ab. (ISTAT, 31/07/2011)  
 Superficie: 236,02 km<sup>2</sup>  
 Altitudine: 31 m.s.l.m.  
 Latitudine: 38° 06'  
 Longitudine: 15° 39'  
 Gradi giorno: 772 GG  
 Zona climatica: B

**Figura 3.2. Localizzazione geografica del Comune di Reggio Calabria, e dati geo-climatici.**

Le emissioni sono state rendicontate in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2eq</sub>), utilizzando per ciascun gas quale fattore di pesatura il *potenziale di riscaldamento globale*, o *Global Warming Potential* su 100 anni (GWP100), indicato nel Fourth Assessment Report (IPCC, 2007).

**Tabella 3.2. Unità di misura impiegate nello studio.**

Grandezza	Unità di misura	Equivalenza
Energia	GJ (gigajoule)	
	MWh (megawattora)	1 MWh = 3,60 GJ
	tep (tonnellata equivalente di petrolio)	1 tep = 41,87 GJ
Massa	kg (chilogrammo)	1 t = 103 kg
	t (tonnellata)	
Emissioni	tX (tonnellata di gas X) t CO <sub>2eq</sub> (tonnellata equivalente di CO <sub>2</sub> )	$tCO_{2eq} = \sum_{X=1}^N GWP_X t_X$ con GWP=Global Warming Potential
Tempo	Anno	
Superficie	ha (ettaro)	1 ha = 10.000 m <sup>2</sup>

Nel presente studio sono state utilizzate prevalentemente formule di calcolo IPCC di livello di dettaglio Tier 1, attraverso un approccio in massima parte di tipo *bottom-up*, in quanto si sono utilizzati, laddove reperibili, dati locali desunti da report, statistiche, studi di settore, o forniti direttamente dalle Agenzie/Associazioni interessate. Quando questo non è stato realizzabile si è adottato un *approccio misto*, che ha cioè tenuto conto di dati raccolti a livelli superiori rispetto a quello comunale (spesso provinciale), combinati con le informazioni disponibili a livello locale.

### 3.3 I settori analizzati

Rispetto ai sei gas serra regolamentati dal Protocollo di Kyoto, non essendo presente sul territorio reggino un forte settore industriale nel campo dell'elettronica, principale causa di emissioni fluorurate, e potendo di conseguenza trascurare le emissioni dei gas fluorurati (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>), nello studio sono state analizzate solo le emissioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O).

In riferimento alla Figura 2.1, riportata nel capitolo precedente e comprensiva di tutti i settori IPCC da considerare per l'elaborazione di un inventario, nel caso del Comune di Reggio Calabria i Settori analizzati sono stati:

- Energia;
- Rifiuti;
- AFOLU

in quanto, sulla base di considerazioni preliminari alla stesura dello studio, indagando il territorio e studiandone la struttura socio-economica, si è concluso che, all'interno dei confini comunali:

1. non sono presenti insediamenti industriali di dimensioni o con cicli produttivi da cui possono avere origine emissioni di gas serra;



2. non sono presenti discariche di rifiuti, se non alcune, di cui si dirà nella sezione apposita, che sono state dismesse anni orsono, ma di cui non si dispongono i dati necessari per la contabilizzazione, né insistono entro i limiti territoriali inceneritori e/o termovalorizzatori;
3. non sono presenti sistemi di captazione e/o stoccaggio della CO<sub>2</sub>.

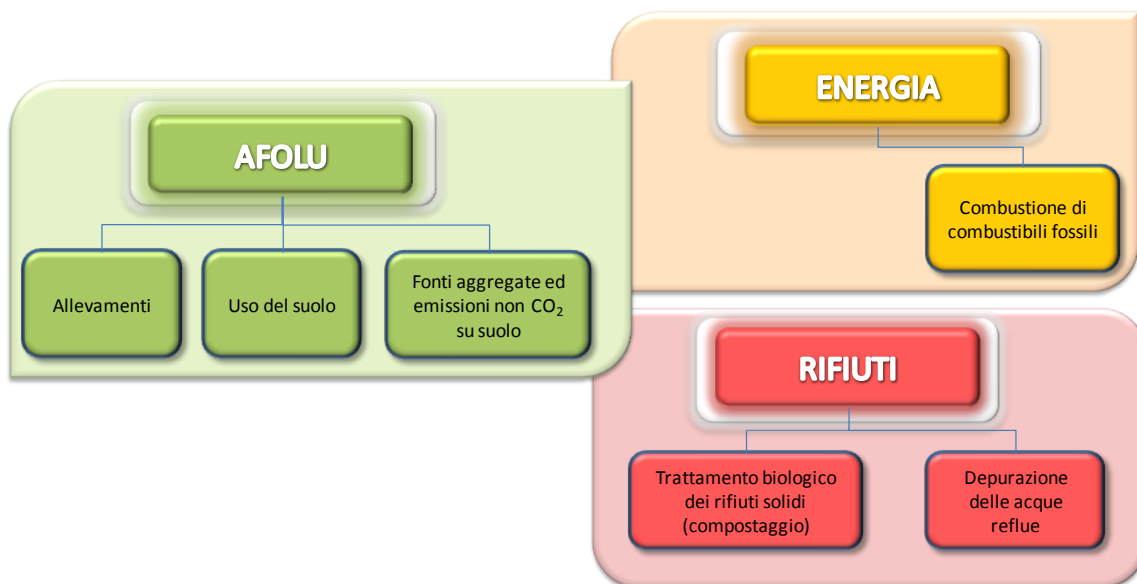


Figura 3.3. I settori e le categorie analizzati nel “Bilancio delle emissioni di gas serra del Comune di Reggio Calabria” (RC).

### 3.4 Il Settore Energia

Nell’ambito di questo studio le emissioni sono state suddivise, in base alla sorgente, in due categorie:

- combustione di combustibili fossili (trasporti e combustione stazionaria)
- produzione e consumo di energia elettrica.

In Tabella 3.3 è riportato uno schema che include le categorie e sotto-categorie di emissione, le fonti del dato di attività e del fattore di emissione, che sono state inventariate, relativamente alle emissioni dei gas serra riportati, per il Comune di Reggio Calabria. Le categorie e le sottocategorie analizzate sono meglio esplicitate in Figura 3.4.

#### 3.4.1 Combustione dei combustibili fossili: trasporti e combustione stazionaria

I sistemi energetici, nella maggior parte delle nazioni, si sostengono sulla combustione dei combustibili fossili. Paesi come l’Italia, ancora oggi, dipendono quasi esclusivamente da approvvigionamenti energetici condizionati, ormai, dal prezzo del petrolio e dagli altri combustibili fossili.

Come dato di attività per la stima delle emissioni si è utilizzato il consumo dei prodotti petroliferi, per come comunicati dall’*Agenzia delle Dogane* (Ufficio Provinciale di Reggio Calabria), tramite il Comune stesso. Questi dati sono stati associati ai settori dei trasporti

e della combustione stazionaria (industriale, terziario ed agricolo), mentre i consumi legati alla combustione stazionaria da utilizzo di metano per il riscaldamento domestico, sono stati forniti dall'Azienda *Gas Natural*.

Poiché questi dati riportano i riferimenti dei clienti di combustibile "all'ingrosso", è verosimile che qualche quantità di gasolio inclusa nel settore industriale e terziario, possa essere stata rivenduta anche a privati, per impiego domestico, o per altri usi. In ogni caso, ai fini del calcolo finale, questa informazione è scarsamente rilevante, riferendosi comunque alla medesima categoria emissiva.

**Tabella 3.3 Schema di calcolo e di valutazione per il settore Energia.**

Gas serra	Categoria di emissione	Sotto-categoria di emissione	Fonte del dato di Attività	Fonte del Fattore di emissione
CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Trasporti	Stradale	Agenzia delle Dogane	IPCC
		Ferroviario	Agenzia delle Dogane	IPCC
		Aereo	Agenzia delle Dogane	IPCC
		Marittimo*	Agenzia delle Dogane*	IPCC*
CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Combustione stazionaria	Residenziale (riscaldamento)	Gas Natural	IPCC
		Industriale e Terziario	Agenzia delle Dogane	IPCC
		Agricolo	Agenzia delle Dogane	IPCC
CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Produzione di energia	da rifiuti	----	---
		da fotovoltaico	----	---
CO <sub>2</sub>	Consumo di energia elettrica importata	----	Terna, Comune di RC	Calcolato

\*come traffico marittimo si è intesa l'attività di motopesca rilevante nei confini comunali, piuttosto che l'attività portuale propriamente intesa nella sezione "traffico marittimo" delle Linee Guida IPCC, per i motivi che verranno spiegati nel corso dello studio.

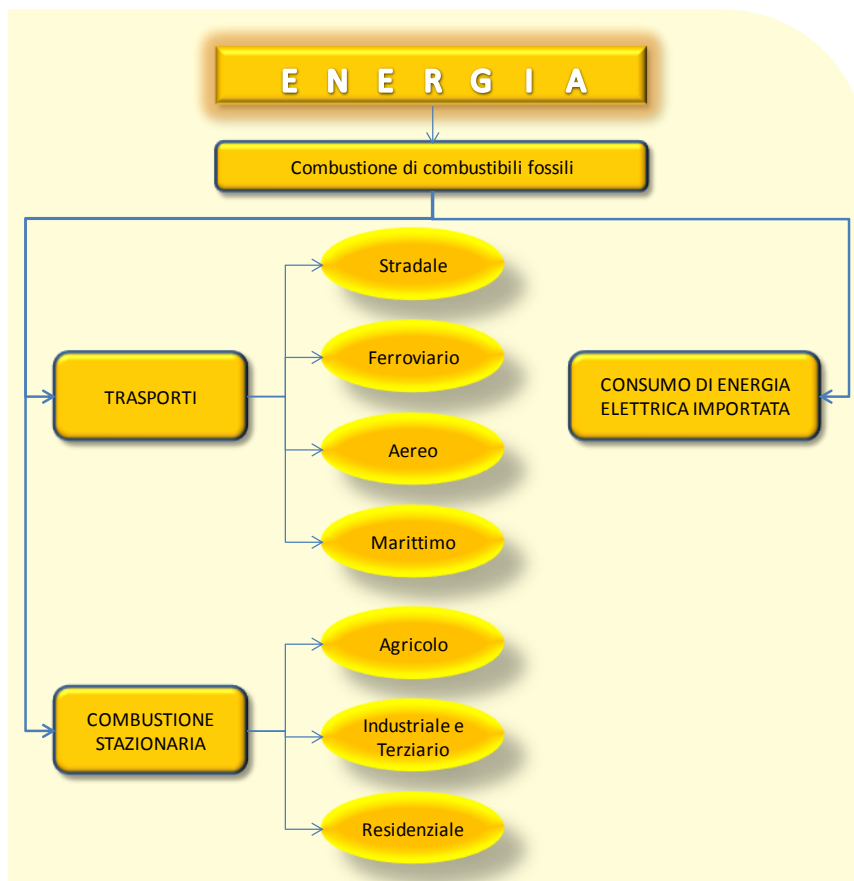


Figura 3.4. La categoria e le sottocategorie del Settore Energia analizzate per il Comune di Reggio Calabria.

Tabella 3.4 Consumi comunali di combustibili, 2009 (Ufficio delle Dogane di RC, Gas Natural).

Categoria	Sotto categoria	Consumo di combustibile [kg/anno]			
		Gasolio	Benzina	GPL	Metano
Trasporti	Stradale	42.794.972	30.253.500	350.434	
	Ferroviario	3.960.017			
	Aereo		36.550		
	Marittimo	2.279.867			
Combustione stazionaria	Agricolo	133.876			
	Industriale e Terziario	886.275			
	Residenziale				8.196.592
<b>TOTALE</b>		<b>50.055.007</b>	<b>30.290.050</b>	<b>350.434</b>	<b>8.196.592</b>

Nello studio sono stati utilizzati dati relativi al trasporto stradale, aereo, ferroviario e marittimo, utilizzando per tutti il criterio geografico, cioè facendo riferimento agli approvvigionamenti di combustibile avvenuti nel Comune.

I risultati ottenuti ovviamente differiscono parzialmente da quelli che si sarebbero ottenuti stimando le effettive percorrenze sul territorio comunale.

L'equazione impiegata per la stima delle emissioni [t] delle sotto categorie su descritte, sulla base dell'equazione (3) del Capitolo 2, è stata:

$$E_x = 10^3 \times C \times p.c.i. \times EF \quad (23)$$

dove

- $C$  è il consumo del combustibile [t];
- $p.c.i.$  è il potere calorifico inferiore del combustibile [MJ/kg];
- $EF$  è il fattore di emissione dell'inquinante [kg/GJ];
- $x$  ed  $i$  indicano, rispettivamente, il generico inquinante ed il combustibile esaminati.

**Tabella 3.5 Poteri calorifici e fattori di emissione per i combustibili fossili considerati (IPCC, 2006).**

Tipo di combustibile	p.c.i. [MJ/kg]	Fattore di emissione		
		CO <sub>2</sub> [kg/GJ]	CH <sub>4</sub> [kg/GJ]	N <sub>2</sub> O [kg/GJ]
Benzina	44,3	69,3	25×10 <sup>-3</sup>	8×10 <sup>-3</sup>
GPL	47,3	63,1	62×10 <sup>-3</sup>	0,2×10 <sup>-3</sup>
Gasolio (stradale)	43,0	74,1	3,9×10 <sup>-3</sup>	3,9×10 <sup>-3</sup>
Gasolio (ferroviario)	43,0	74,1	4,15×10 <sup>-3</sup>	28,6×10 <sup>-3</sup>
Gasolio (marittimo)	43,0	74,1	7×10 <sup>-3</sup>	2×10 <sup>-3</sup>
Benzina avio	44,3	69,3	0,5×10 <sup>-3</sup>	2×10 <sup>-3</sup>
Gasolio (industriale, terziario e agricolo)	43,0	74,1	3×10 <sup>-3</sup>	0,6×10 <sup>-3</sup>
Gas naturale	48,0	56,1	5×10 <sup>-3</sup>	0,1×10 <sup>-3</sup>

Il potere calorifico è necessario per la conversione da migliaia di tonnellate a TJ ed il suo valore, per tipo di combustibile, è riportato in Tabella 3.5, insieme ai fattori di emissione per la CO<sub>2</sub> utilizzati (entrambi di default IPCC).

Come si può osservare i fattori di emissione di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O variano sensibilmente a seconda della tecnologia del processo a cui si riferiscono.

Per quanto riguarda i consumi di benzina per il trasporto aereo, questi sono stati forniti dall'Agenzia delle Dogane. In particolare i consumi riguardano l'unico aeroporto presente a Reggio Calabria, ovvero l'aeroporto Tito Minniti, il quale è principalmente un aeroporto di scalo commerciale. Esso è gestito dalla SoGAS S.p.A. e costituisce il secondo aeroporto calabrese per numero di passeggeri.

È inoltre presente un porto, costituito da un bacino artificiale protetto dalla lunga Banchina di Ponente, che si apre sulla sponda orientale dello Stretto. Il porto fornisce servizi di trasporto passeggeri e mezzi gommati con:

- Messina – Porto,
- Messina – Rada S. Francesco
- Messina – Tremestieri

- Isole Eolie
- Malta

Tuttavia movimentando esclusivamente traghetti per il trasporto di passeggeri e mezzi che effettuano soste significativamente più brevi rispetto alle navi adibite al trasporto merci, l'incidenza dell'attività del porto sulle emissioni è minore (ISPRA, 2009). Ai fini della valutazione delle emissioni portuali è da tenere presente, infatti, che i porti aventi maggiore impatto risultano quelli ad elevato traffico merci, con lunghi tempi di sosta delle imbarcazioni per attività di carico e scarico. Per tale ragione l'impatto del porto non è stato trattato in questo studio.

È tuttavia rilevante l'attività di pesca, da cui scaturisce un incisivo contributo ai fini della vendita di gasolio, come si è potuto osservare dalla Tabella 3.4. Per questo motivo, nell'ambito delle emissioni da traffico marittimo, sono state contabilizzate quelle provenienti dall'attività di motopesca, piuttosto che quelle da traffico portuale propriamente intese.

Pertanto è stato possibile calcolare le emissioni per la combustione di combustibili fossili, che vengono riportate in Tabella 3.6; si nota la forte incidenza del settore dell'autotrazione.

**Tabella 3.6 Emissioni di gas serra per combustione dei combustibili fossili (anno 2009).**

Sotto categoria	Combustibile	Emissioni [t/anno]			
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2eq</sub>
Stradale	Benzina	92.877,94	33,51	10,72	96.910,69
	GPL	1.045,91	1,03	0,00	1.072,59
	Gasolio	136.357,62	7,18	7,18	138.675,70
Ferroviano	Gasolio	12.617,80	0,71	4,87	14.086,74
Marittimo	Gasolio	7.264,34	0,69	0,20	7.339,93
Aereo	Benzina	112,21	0,00	0,00	112,21
Industriale e Terziario	Gasolio	2.823,94	0,11	0,02	2.833,61
Agricolo	Gasolio	426,57	0,02	0,00	428,03
Residenziale	Gas naturale	22.071,78	1,97	0,04	22.132,69
<b>TOTALE</b>		<b>275.598,12</b>	<b>45,20</b>	<b>23,04</b>	<b>283.592,19</b>

### 3.4.2 Combustione dei combustibili fossili: produzione e consumo di energia elettrica

Il settore energia comprende le attività di produzione dei prodotti energetici secondari, le cui emissioni sono legate al consumo energetico coinvolto nella loro produzione.

Esso comprende la produzione di energia elettrica da centrali elettriche, carbonaie, cokerie, ma anche raffinerie, ecc., ed include anche i consumi e le perdite del settore. In esso un ruolo rilevante è rivestito dal comparto termoelettrico, che rappresenta il settore produttivo a più elevato rilascio di CO<sub>2</sub>, stante l'utilizzo di gas naturale, carbone e prodotti petroliferi.

Non essendo presenti nei limiti comunali di Reggio Calabria centrali di produzione di energia elettrica, così come impianti di autoproduzione, quali impianti fotovoltaici di dimensioni significative, geotermici, eolici, termovalorizzatori, etc si è proceduto alle valutazioni quantificando il contributo delle emissioni da energia elettrica a partire dai kWh consumati.

Si è infatti seguito il principio di responsabilità, includendo nell'inventario tutte le emissioni che, pur non essendo rilasciate all'interno del territorio, sono da attribuirsi alle attività del Comune stesso.

Infatti l'energia elettrica in un inventario dei gas serra a scala locale può essere contabilizzata secondo due criteri (Ridolfi et al., 2008). Utilizzando un criterio strettamente geografico, proprio della metodologia IPCC, le emissioni generate dall'industria dell'energia si contabilizzano a partire dai combustibili fossili utilizzati dalle centrali presenti sul territorio.

Applicando questo criterio, ad una scala più piccola di quella nazionale, si può ottenere un fattore di emissione specifico per il territorio considerato che può differire in maniera considerevole da quello nazionale, a seconda della tipologia degli impianti attivi su quel territorio e soprattutto della percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Utilizzando il criterio di responsabilità, ovvero calcolando le emissioni a partire dai consumi, indipendentemente dalla produzione locale, le emissioni associate alla produzione media nazionale di kWh sono moltiplicate per i kWh consumati. Il secondo approccio ha una sua giustificazione nel fatto che tutta la produzione italiana, sia essa da combustibili fossili o da fonti rinnovabili, è comunque immessa nella rete nazionale e non consumata localmente (fatta eccezione per la quota autoprodotta, che è assente nei limiti del Comune oggetto di studio).

**Tabella 3.7. Produzione di energia elettrica in Italia (TERNA, 2009).**

<b>Fonte energetica</b>	<b>Energia elettrica prodotta [GWh]</b>	<b>% rispetto al totale</b>
Idroelettrica	52.843,30	18,8%
Termoelettrica tradizionale	221.102,70	78,7%
Eolica/Fotovoltaica	7.161,40	2,5%
<b>TOTALE</b>	<b>281.107,30</b>	<b>100%</b>

Dalla Tabella 3.7 si possono leggere le quantità di energia elettrica prodotta in Italia nel 2009, che dimostrano un'elevata incidenza di energia proveniente da fonti energetiche

tradizionali.

Utilizzando, dunque, i dati leggibili dal sito internet di *Terna* ([www.terna.it](http://www.terna.it)) in merito alle categorie di combustibili fossili impiegati, riportati nella Tabella 3.9, sono state calcolate le emissioni a livello nazionale di gas serra per la produzione di energia.

La correlazione con le categorie di combustibili riportate nelle linee guida IPCC ed i rispettivi fattori di emissione sono riportati in Tabella 3.8.

**Tabella 3.8 Fattori di emissione per la stima delle emissioni da produzione energia elettrica nazionale (IPCC, 2006).**

Combustibili fossili impiegati in Italia nel 2009	Riferimento IPCC, 2006	Fattore di emissione [kg/GJ]		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Solidi	Coke da gas	107,0	1 x10 <sup>-3</sup>	0,1 x10 <sup>-3</sup>
Gas naturale	Idem	56,1	1 x10 <sup>-3</sup>	0,1 x10 <sup>-3</sup>
Gas derivati	Gas da cokeria	44,4	1 x10 <sup>-3</sup>	0,1 x10 <sup>-3</sup>
Petroliferi	Altri prodotti petroliferi	73,3	3 x10 <sup>-3</sup>	0,6 x10 <sup>-3</sup>
Altri combustibili (solidi)	Lignite	101,1	1 x10 <sup>-3</sup>	1,5 x10 <sup>-3</sup>
Altri combustibili (gassosi)	Gas di raffineria	57,6	1 x10 <sup>-3</sup>	0,1 x10 <sup>-3</sup>

**Tabella 3.9 Emissioni dovute alla produzione di energia elettrica in Italia, 2009.**

Combustibili fossili impiegati in Italia nel 2009	Energia Primaria [TJ]	Emissioni [t/anno]		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Solidi	384.915	41.185.956	385	38
Gas naturale	994.138	55.771.166	994	99
Gas derivati	32.707	1.452.197	33	3
Petroliferi	154.711	11.340.292	464	93
Altri combustibili (solidi)	164.498	16.630.720	164	247
Altri combustibili (gassosi)	18.361	1.057.604	18	2
TOTALE	1.749.289	127.437.935	2.059	483

**Tabella 3.10 Fattori di emissione per i vari gas serra e per la CO<sub>2eq</sub>, per la produzione di energia elettrica in Italia.**

Fattore di emissione [kg/KWh]		
CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
0,45	7,32×10 <sup>-6</sup>	1,71×10 <sup>-6</sup>

Il fattore di emissione per la produzione del kWh di energia elettrica in Italia è stato stimato come rapporto tra le emissioni totali (generate dalla sola produzione termoelettrica) e l'intera produzione di energia.

In particolare il fattore di emissione è stato calcolato a partire dalla ripartizione delle fonti di produzione che, nel 2009, su scala nazionale, risulta basata per circa l'80% sulla combustione di combustibili fossili e per circa il 20% su fonti rinnovabili (Tabella 3.7).

La contabilizzazione delle emissioni per il Comune di Reggio Calabria, non avendo a disposizione dati locali, è stata eseguita tramite disaggregazione spaziale, utilizzando come "variabile proxy" prima il consumo di energia elettrica nella Provincia di Reggio Calabria, disaggregandolo prima sulla base delle superfici territoriali della Provincia e del Comune, come schematizzato in Tabella 3.11, e poi rispetto al numero di abitanti.

Si è considerato, infatti, che questo parametro possa caratterizzare meglio i consumi di energia elettrica locali, rispetto a quello dell'estensione territoriale (Tabella 3.12). Infatti, a fronte dei 114,5 GWh ottenibili mediante la prima procedura di disaggregazione, con la seconda si ottengono 507,9 GWh, dato considerato più reale, in virtù del fatto che il Comune di Reggio Calabria è, certamente, il più popoloso di tutta la Provincia.

**Tabella 3.11 Consumi di energia elettrica nel Comune di Reggio Calabria, disaggregazione sulla superficie territoriale.**

VARIABILE	Quantità	Fonte del dato
Superficie territoriale Provincia di RC [km <sup>2</sup> ]	3.183,19	ISTAT, 2001
Superficie territoriale Comune di RC [km <sup>2</sup> ]	236,02	ISTAT, 2001
Consumo di energia elettrica provincia di RC [GWh]	1.544,1	Terna
Consumo di energia elettrica Comune di RC [GWh]	114,5	stimato

**Tabella 3.12 Consumi di energia elettrica nel Comune di Reggio Calabria, disaggregazione sul numero di abitanti.**

VARIABILE	Quantità	Fonte del dato
Numero di abitanti Provincia di RC [nr]	566.841	ISTAT, 2010
Numero di abitanti Comune di RC [nr]	186.447	ISTAT, 2010
Consumo di energia elettrica provincia di RC [GWh]	1.544,1	Terna
Consumo di energia elettrica Comune di RC [GWh]	507,9	stimato

Assumendo, dunque, come decisione, quella di utilizzare la seconda via di disaggregazione, sfruttando il fattore di emissione nazionale precedentemente calcolato, sulla base dei consumi comunali stimati, sono state contabilizzate le emissioni di gas serra (in CO<sub>2eq</sub>) da consumo di energia elettrica (Tabella 3.13).



**Tabella 3.13 Emissioni dovute al consumo di energia elettrica nel Comune di Reggio Calabria, 2009.**

Consumo di energia elettrica Comune di RC [kWh]	Emissioni [t/anno]			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> eq.
507.889.889,23	228.550,45	3,72	0,87	228.902,20

In Tabella 3.14 sono riassunte le emissioni del settore energia, con i contributi alle emissioni per categoria di emissione e per gas serra. Nelle successive figure vengono rappresentate le emissioni per il metano, il protossido d'azoto e l'anidride carbonica, mentre in Figura 3.8 e Figura 3.9 vengono riportate le emissioni in termini di CO<sub>2</sub>eq del Settore e le rispettive composizioni percentuali delle sottocategorie di emissione, da cui emerge con chiarezza la predominanza del contributo dei trasporti, con un leggero scarto dalla categoria *consumo di energia elettrica*.

**Tabella 3.14 Emissioni relative al settore energia per il Comune di Reggio Calabria, 2009.**

Gas serra	Sotto categoria	Emissioni [t/anno]	GWP	Emissioni [tCO <sub>2</sub> eq/anno]
CO <sub>2</sub>	Stradale	230.281,47	1	230.281,47
CO <sub>2</sub>	Ferroviario	12.617,80	1	12.617,80
CO <sub>2</sub>	Marittimo	7.264,34	1	7.264,34
CO <sub>2</sub>	Aereo	112,21	1	112,21
CO <sub>2</sub>	Industriale e Terziario	2.823,94	1	2.823,94
CO <sub>2</sub>	Agricolo	426,57	1	426,57
CO <sub>2</sub>	Residenziale	22.071,78	1	22.071,78
CO <sub>2</sub>	Consumo di energia elettrica	228.550,45	1	228.550,45
CH <sub>4</sub>	Stradale	41,72	25	1.043,00
CH <sub>4</sub>	Ferroviario	0,71	25	17,75
CH <sub>4</sub>	Marittimo	0,69	25	17,25
CH <sub>4</sub>	Aereo	0,00	25	0,00
CH <sub>4</sub>	Industriale e Terziario	0,11	25	2,75
CH <sub>4</sub>	Agricolo	0,02	25	0,50
CH <sub>4</sub>	Residenziale	1,97	25	49,25
CH <sub>4</sub>	Consumo di energia elettrica	3,72	25	93,00
N <sub>2</sub> O	Stradale	17,90	298	5.334,20
N <sub>2</sub> O	Ferroviario	4,87	298	1.451,26
N <sub>2</sub> O	Marittimo	0,20	298	59,60
N <sub>2</sub> O	Aereo	0,00	298	0,00
N <sub>2</sub> O	Industriale e Terziario	0,02	298	5,96
N <sub>2</sub> O	Agricolo	0,00	298	0,00
N <sub>2</sub> O	Residenziale	0,04	298	11,92
N <sub>2</sub> O	Consumo di energia elettrica	0,87	298	259,26
<b>TOTALE</b>				<b>512.494,26</b>

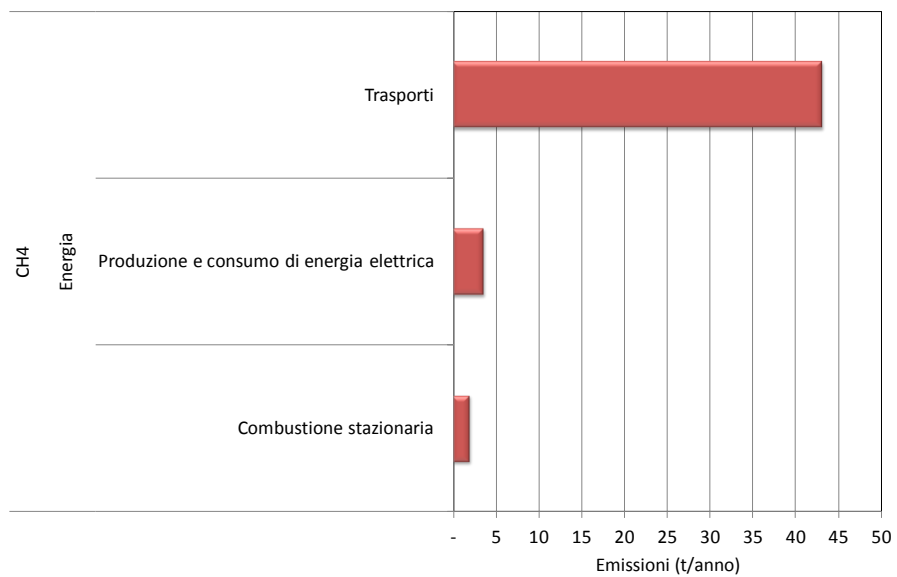


Figura 3.5 Emissioni di metano per il Settore Energia.

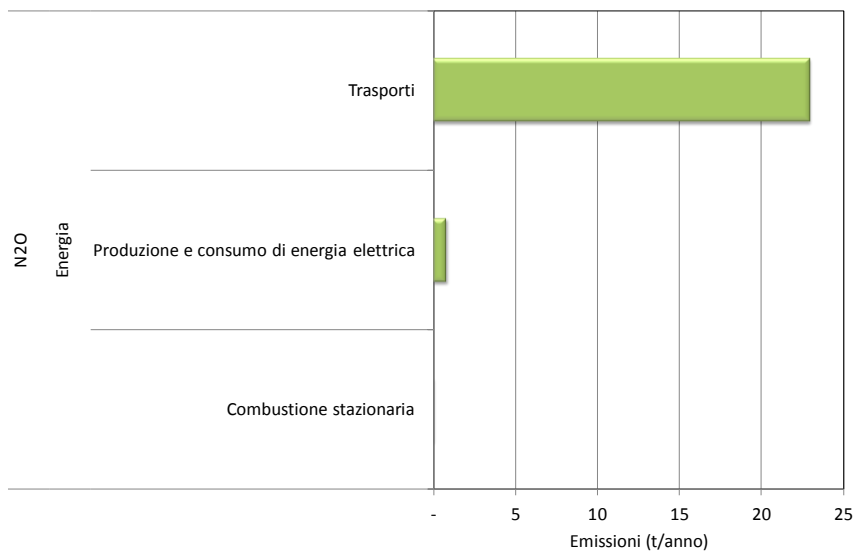


Figura 3.6 Emissioni di protossido d'azoto per il Settore Energia.

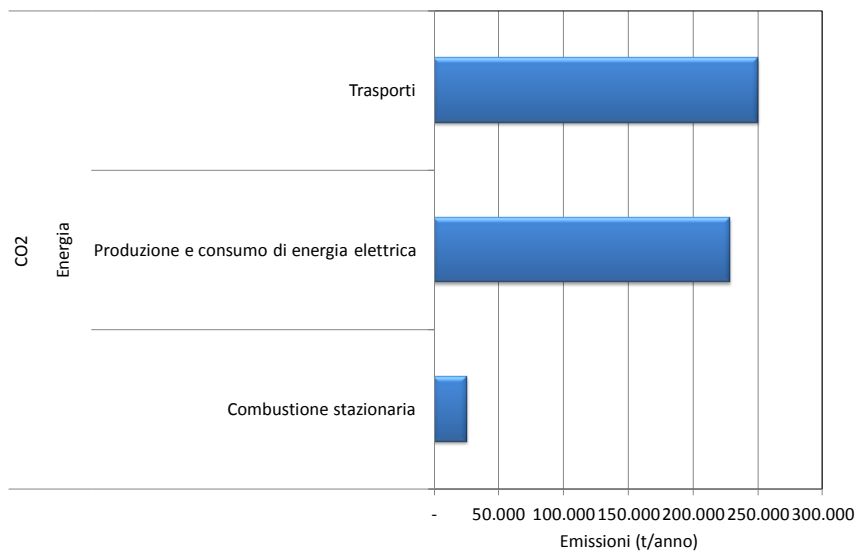


Figura 3.7 Emissioni di anidride carbonica per il Settore Energia.

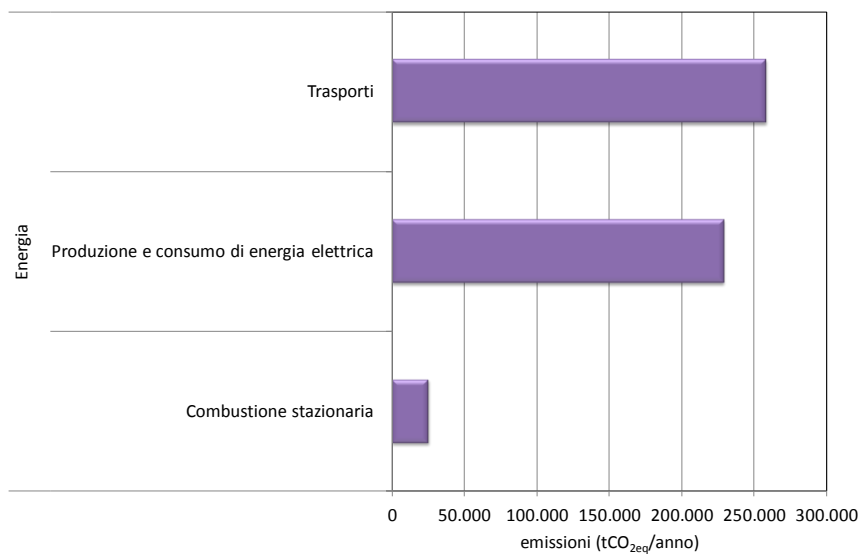


Figura 3.8 Emissioni di CO<sub>2eq</sub> per il Settore Energia.

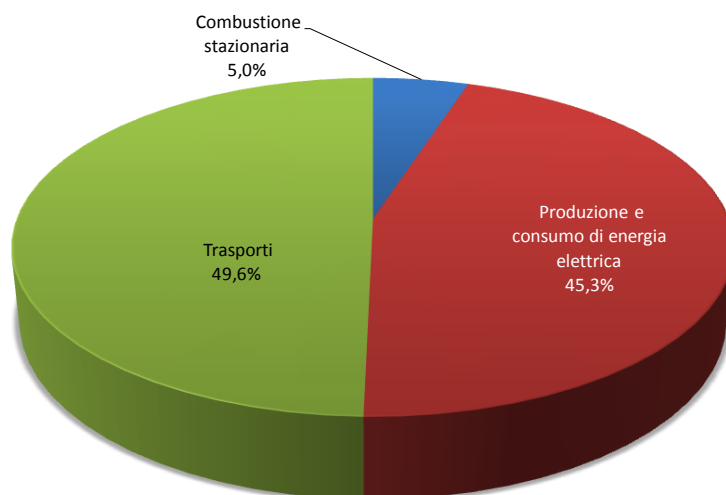


Figura 3.9 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO<sub>2eq</sub> per le sotto-categorie del Settore Energia.

### 3.5 Il Settore dei Processi Industriali

I gas serra sono prodotti da un'ampia varietà di attività industriali, sede di processi di trasformazioni fisiche o chimiche di materie prime che rilasciano diversi gas serra, quali CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CFC.

Tale settore rappresenta in particolare quello più direttamente coinvolto in merito allo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra all'interno dell'Unione Europea.

Un'ampia varietà di attività industriali da cui possono avere origine emissioni di gas serra, è riportata in Tabella 3.15.

Per pervenire alla stima delle emissioni del settore è necessario individuare preliminarmente le principali attività industriali presenti sul territorio del Comune di Reggio Calabria. Le aree di sviluppo industriale nei limiti dei confini comunali sono essenzialmente tre: Gebbione, San Gregorio, San Leo.

Tabella 3.15 Impianti industriali con emissioni di gas serra nel processo produttivo.

Processo produttivo	Gas serra diretto emesso
Cemento, ferro, acciaio, calce	CO <sub>2</sub>
Carburo di calcio	CH <sub>4</sub>
Acido adipico, acido nitrico	N <sub>2</sub> O
Alluminio	PFC
Magnesio, apparecchi elettronici	SF <sub>6</sub>

In particolare, dal censimento delle industrie presenti sul territorio, effettuato a partire dalle autorizzazioni alle emissioni e alle AIA (queste ultime assenti per le aziende site nel Comune di Reggio Calabria) rilasciate dalla Provincia nel periodo 2000-2008, è emerso che i principali insediamenti produttivi attivi nel 2009 sono quelli riportati in Tabella 3.16.

Risulta evidente che, sul territorio comunale, le industrie presenti contribuiscono

marginalmente alle emissioni di gas serra da processo produttivo.

**Tabella 3.16 Identificazione dei principali insediamenti produttivi nel Comune di Reggio Calabria.**

<b>Insedimento produttivo</b>	<b>Località</b>	<b>Attività</b>
Agrumaria Reggina	Via Nazionale, 167 Gallico (RC)	Industria alimentare. Estrazione e lavorazione succhi, olii essenziali e preparati aromatici concentrati.
Ansaldo Breda S.p.A.	Via Gebbione Torrelupo (RC)	Costruzioni meccaniche di mezzi di trasporto (carrozze ferroviarie, elettrotreni, carrozze metro, ecc...).
Fattorie del Sole S.r.l.	Via delle Industrie di San Gregorio	Preparazione e confezionamento prodotti lattiero-caseari (formaggi freschi e affumicati) con carattere continuativo.
U.O.P. M.S.	San Leo	Produzione di Setacci Molecolari (Adsorbenti) a base di zeoliti sintetiche.

### 3.6 Il Settore Rifiuti

Nella Tabella seguente (Tabella 3.17) è riportato un quadro riassuntivo delle categorie analizzate nel Comune di Reggio Calabria per il settore rifiuti.

**Tabella 3.17 Schema di calcolo e di valutazione per il settore Rifiuti.**

<b>Gas serra</b>	<b>Categoria di emissione</b>	<b>Fonte del dato di Attività</b>	<b>Fonte del Fattore di emissione</b>
CH <sub>4</sub>	Compostaggio – Stabilizzazione Frazione Organica	Veolia T.E.C. S.p.A.	APAT, 2002
CH <sub>4</sub>	Trattamento delle acque reflue urbane	Acqueregine S.c.p.A.	IPCC
N <sub>2</sub> O	Compostaggio – Stabilizzazione Frazione Organica	Veolia T.E.C. S.p.A.	IPCC
N <sub>2</sub> O	Trattamento delle acque reflue urbane	Acqueregine S.c.p.A.	IPCC

Attualmente non sono presenti discariche di rifiuti attive entro i confini territoriali del Comune di Reggio Calabria; tuttavia ne esistono due, site una in località Pietrastorta e l'altra in località Longhi Bovetto, esaurite da qualche anno, ed in fase di bonifica.

Per queste discariche, ad oggi, non sono disponibili dati per potere stimare le emissioni di metano che esse, se pur dismesse, continuano a causare.

Infatti, com'è noto, per le discariche controllate, contrariamente agli altri sistemi di smaltimento, l'impatto ambientale, che può essere considerato massimo durante l'esercizio, non si esaurisce alla chiusura della gestione, con la cessazione della gestione degli impianti, ma prosegue per un tempo significativamente lungo.

Tipicamente, attualmente, i calcoli per l'accantonamento dei fondi di post esercizio (che forniscono un'idea del tempo entro il quale la discarica continua ad "emettere", e va

gestita come se fosse ancora attiva), avvengono (in base alle indicazioni delle normative europee e nazionali) sulla scorta di un criterio temporale che fissa in 30 anni il tempo del dopo esercizio.

Con tale criterio l'impatto ambientale della discarica è tutelato "economicamente" fino al raggiungimento del trentesimo anno dalla chiusura dell'impianto (Cossu, 2004).

Per quel che riguarda la termovalorizzazione dei rifiuti sul territorio comunale non sono presenti impianti preposti.

### 3.6.1 *Trattamento biologico di rifiuti*

L'unico stabilimento, all'interno del Comune, in cui si gestiscono rifiuti è costituito dalla stazione di trasferimento di rifiuti solidi urbani, sita in località Sambatello, Gallico (RC), che funge da polo di smistamento e trasferimento dei rifiuti verso il termovalorizzatore di Gioia Tauro (RC), gestita dall'azienda Veolia T.E.C. S.p.A.

In particolare durante il ciclo lavorativo dell'impianto una buona percentuale dei prodotti in uscita è costituita da Frazione Organica Stabilizzata (F.O.S.), che viene prodotta dalla stabilizzazione aerobica accelerata e controllata per quattro settimane della miscela organica in apposito parco areato. Questo processo costituisce, fondamentalmente, un processo di compostaggio (consistente, per definizione, nella *"stabilizzazione biologica in fase solida di scarti, residui e rifiuti organici fermentescibili, in condizioni aerobiche tali da garantire alla matrice in trasformazione il passaggio spontaneo attraverso una fase di autoriscaldamento dovuto alle reazioni microbiche"*), che trasforma il substrato di partenza in un prodotto stabile, simile all'humus, chiamato compost o frazione organica stabilizzata.

Dunque il processo che si realizza nello stabilimento può considerarsi un compostaggio, che, se pur non destinato alla produzione di compost di qualità, trasforma il substrato di partenza in un prodotto stabile, pronto ad essere avviato allo smaltimento.

Il compostaggio è un processo aerobico e una grande frazione del carbonio organico degradabile (DOC) nel materiale di scarto viene trasformato in anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), che però, essendo di origine biogenica, non viene contabilizzata.

Il CH<sub>4</sub> si forma, invece, nelle sezioni anaerobiche del compost, ma viene ossidato in larga misura nelle sezioni aerobiche. Il CH<sub>4</sub> stimato rilasciato in atmosfera varia da meno dell'1% ad una piccola percentuale rispetto al contenuto di carbonio nel materiale di partenza.

Il compostaggio può anche produrre emissioni di N<sub>2</sub>O. Le emissioni stimate variano da meno dello 0,5% al 5% del contenuto di azoto iniziale del materiale.

Nello studio condotto pertanto, partendo dai valori delle quantità di rifiuto organico trattato (forniti dall'Azienda Veolia T.E.C.), sono state calcolate le emissioni di metano e protossido d'azoto [kg], con riferimento alle equazioni IPCC (19) e (20) riportate nel

Capitolo 2, moltiplicando la quantità di rifiuto organico trattata per i rispettivi fattori di emissione:

$$E_x = (M \times EF) \times 10^{-3} \quad (24)$$

in cui:

- $M$  è la massa di rifiuto organico soggetto a trattamento biologico [kg];
- $EF$  è il fattore di emissione del metano o del protossido d'azoto [g/kg di rifiuto trattato].

Rispetto all'equazione generale proposta dalla IPCC è assente il contributo indicato con  $R$ , che rappresenta l'ammontare totale di  $CH_4$  o  $N_2O$  recuperato annualmente, in quanto sul territorio non è presente un sistema di captazione e recupero del gas.

**Tabella 3.18 Emissioni da stabilizzazione aerobica dei rifiuti nel sito di Sambatello (Reggio Calabria).**

Quantità trattata [kg/anno]	Fattori di emissione [g/kg]		Emissioni [t/anno]	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
64.532,6	0,05	0,30	3,23	19,36

### 3.6.2 Depurazione delle acque reflue

Le acque di scarico hanno origine da una varietà di fonti domestiche, commerciali e industriali: le *acque reflue domestiche* sono definite come acque reflue provenienti da uso domestico, mentre le *acque reflue industriali* provengono da attività industriali. I sistemi di trattamento e di scarico possono variare notevolmente tra i Paesi.

Ormai da anni, tuttavia, il trattamento di depurazione più diffuso per il trattamento delle acque reflue domestiche, è il **trattamento biologico a fanghi attivi**. Esso si basa, sostanzialmente, sulla formazione, in una sezione specifica dell'intero ciclo di trattamento di *fanghi attivi o attivati*, i quali costituiscono una sospensione in acqua di biomassa attiva (batteri saprofiti, protozoi, amebe, rotiferi e altri microrganismi), solitamente sotto forma di fiocchi.

In tale sezione, in *condizioni aerobiche*, vengono riprodotti gli stessi meccanismi biologici che avvengono in natura (ad esempio lungo il corso di un fiume) per la depurazione delle acque inquinate da sostanze organiche biodegradabili.

Il vantaggio del trattamento a fanghi attivi rispetto alla depurazione naturale è che la flora microbica utilizzata per trattare le acque di scarico, anziché rimanere dispersa nell'effluente trattato, tende ad agglomerarsi formando dei fiocchi che, se posti in condizioni di quiete, tendono a sedimentare e possono essere separati con facilità dai liquami chiarificati che rimangono in superficie (surnatante). I trattamenti secondari consentendo anche l'abbattimento di sostanze azotate, fosfati.

Per i processi di cui sopra il parametro indicatore del grado di concentrazione di

inquinante, e quindi del carico organico, è la *domanda biochimica di ossigeno (BOD)*, definita come “*la quantità di ossigeno consumato dai microorganismi aerobi per l'ossidazione biologica delle sostanze organiche*”. La misura viene effettuata in condizioni standard, a 20°C per 5 giorni in apposito strumento, per cui si preferisce parlare di BOD<sub>5</sub>. Elevati valori di BOD<sub>5</sub> evidenziano un'intensa attività batterica e sono quindi indicatori di un inquinamento di tipo organico biodegradabile.

Le competenze in materia di trattamento delle acque reflue nel Comune di Reggio Calabria appartengono alla società *Acqueregine S.c.p.A.*, che fornisce a tutti Comuni dell'Ambito Territoriale Ottimale (ATO) n.5 di Reggio Calabria (Figura 3.10) i servizi essenziali connessi ai segmenti della depurazione e delle fognature.



Figura 3.10 Il territorio dell'ATO 5 di Reggio Calabria

In Tabella 3.19 sono riportati dati relativi alla potenzialità massima e reale, in abitanti equivalenti (AE), dei depuratori per le acque reflue civili e la portata delle acque di scarico ai depuratori gestiti da ogni ATO, forniti dalla stessa Società.

Tabella 3.19 Localizzazione e descrizione degli impianti di depurazione siti nel Comune di Reggio Calabria.

Località impianto	Potenzialità di progetto (AE)	Potenzialità effettiva (AE)	m <sup>3</sup> di acqua trattata/anno
Armo	1.000	415	24.236
Cataforio	2.000	1.600	93.440
Gallico Marina	35.000	48.000	2.803.200
Oliveto	2.000	1.600	93.440
Paterriti	1.500	875	51.100
Pellaro	30.000	30.000	1.752.000
Ravagnese	160.000	111.500	6.511.600
<b>TOTALE</b>	<b>231.500</b>	<b>193.990</b>	<b>11.329.016</b>

Va infine considerato che, non essendo presenti nel Comune di Reggio Calabria grandi insediamenti industriali, nelle valutazioni si è proceduto assimilando gli scarichi industriali



a quelli domestici. Gli impianti presenti sono tutti a fanghi attivi, ed in nessuno si attua il trattamento di digestione anaerobica dei fanghi.

I m<sup>3</sup> di acqua trattata all'anno sono stati stimati come prodotto tra la dotazione idrica giornaliera di 200 l/(ab giorno), il coefficiente d'afflusso in fognatura pari a 0,8 ed infine la potenzialità effettiva.

È bene precisare che, nonostante questi depuratori non comprendano sezioni anaerobiche di trattamento del refluo o di smaltimento dei fanghi (e quindi, a rigore, non dovendo considerare emissioni di CH<sub>4</sub>) poiché è noto che l'efficienza del trattamento depurativo non è mai del 100%, si è scelto di contabilizzarle egualmente. A conferma di queste considerazioni viene incontro il *fattore di correzione del metano MCF* previsto dall'IPCC e relativo ad impianti aerobici.

Infatti, per diverse motivazioni legate a talune condizioni di esercizio, nelle fasi di trattamento degli impianti di depurazione, si possono frequentemente creare situazioni anaerobiche/anossiche, come anche in alcune sezioni dei fanghi sottoposti a disidratazione all'aperto, che rappresenta il trattamento dei fanghi più in uso nel Comune di Reggio Calabria.

Il fattore di emissione del metano è stato calcolato con l'equazione IPCC 6.2:

$$EF = B_0 \times MCF \quad (25)$$

dove:

- $B_0$  è la capacità massima di produzione di metano [kg CH<sub>4</sub>/kg BOD];
- $MCF$  è il fattore di correzione del metano.

La capacità di produzione del metano è di 0,6 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD, valore di default IPCC, mentre il fattore di correzione di metano utilizzato è di 0,1, valore assegnato a impianti aerobici di trattamento delle acque reflue (range 0-0,1).

È stato scelto il valore di 0,1 poiché molti depuratori, pur essendo ben gestiti, non lavorano in condizioni ottimali in quanto il volume trattato è in media il 70% di quello potenziale (come già evidenziato sopra). Per il calcolo delle emissioni di metano si è fatto riferimento all'equazione IPCC in cui il dato di attività è il contenuto di BOD nelle acque reflue, ovvero l'equazione (21) riportata nel Capitolo 2, la quale può essere riscritta in questa forma:

$$\text{Emissioni CH}_4 = [\text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{fanghi}}] \times EF = \text{BOD}_{\text{uscita}} \times EF \quad (26)$$

I dati relativi ai valori di BOD<sub>5</sub> misurato all'ingresso ed all'uscita dei depuratori sono stati forniti dalla società Acqueregghine, da cui si è desunto il valore di BOD trattato negli impianti.

Di seguito (Tabella 3.20) si riportano i risultati ottenuti.

**Tabella 3.20 Emissioni di metano da trattamento di acque reflue nel Comune di Reggio Calabria.**

<b>BOD<sub>uscita</sub> [kg/anno]</b>	<b>EF [kg CH<sub>4</sub>/kg BOD]</b>	<b>Emissioni [t CH<sub>4</sub>/anno]</b>
450.746	0,06	27,04

Per la stima delle emissioni di protossido d'azoto, l'equazione impiegata è stata la (22) esplicitata nel Capitolo 2, per la quale il dato dell'azoto scaricato nell'effluente è stato ancora una volta fornito dalla Società che gestisce gli impianti.

Quindi si è avuto:

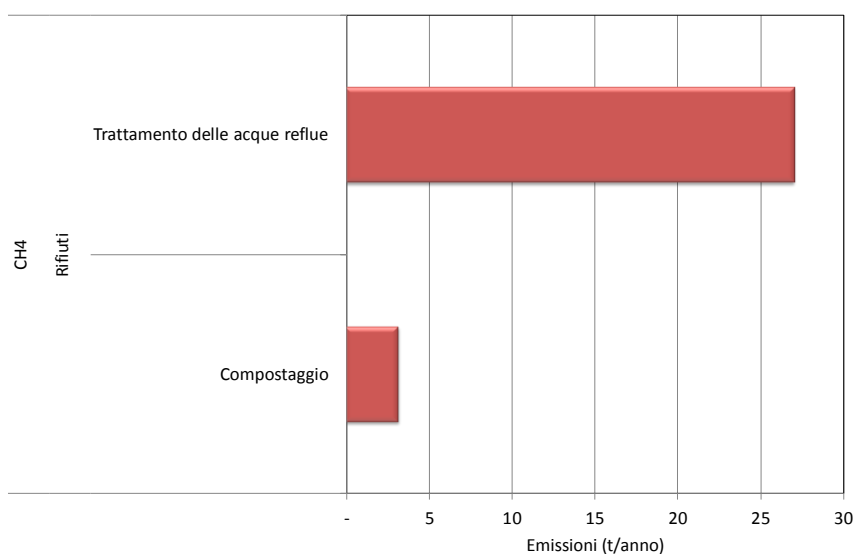
**Tabella 3.21 Emissioni di protossido d'azoto da trattamento di acque reflue nel Comune di Reggio Calabria.**

<b>N<sub>effluente</sub> [kg/anno]</b>	<b>EF<sub>effluente</sub></b>	<b>Emissioni [t N<sub>2</sub>O/anno]</b>
100.291	0,005	0,79

**Tabella 3.22 Emissioni relative al settore rifiuti, per il Comune di Reggio Calabria, 2009.**

<b>Gas serra</b>	<b>Settore</b>	<b>Emissioni [t/anno]</b>	<b>GWP100</b>	<b>Emissioni [t CO<sub>2eq</sub>/anno]</b>
CH <sub>4</sub>	Trattamento rifiuti - FOS	3,23	25	80,75
CH <sub>4</sub>	Depurazione delle acque reflue	27,04	25	676,00
N <sub>2</sub> O	Trattamento rifiuti - FOS	19,36	298	5.769,28
N <sub>2</sub> O	Depurazione delle acque reflue	0,79	298	235,42
<b>TOTALE</b>				6.761,45

Per quanto riguarda le emissioni del Settore si osserva che le emissioni maggiori in termini di CO<sub>2eq</sub> provengono dal compostaggio dei rifiuti organici, cui corrispondono maggiori emissioni di N<sub>2</sub>O, ma minori di CH<sub>4</sub>. È chiaro che il GWP del protossido d'azoto, ben quasi 12 volte maggiore di quello del metano, apporta maggiore peso nelle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente, contribuendo pertanto a quasi il 90% delle emissioni totali del Settore stesso.

**Figura 3.11 Emissioni di metano per le categorie del Settore Rifiuti.**

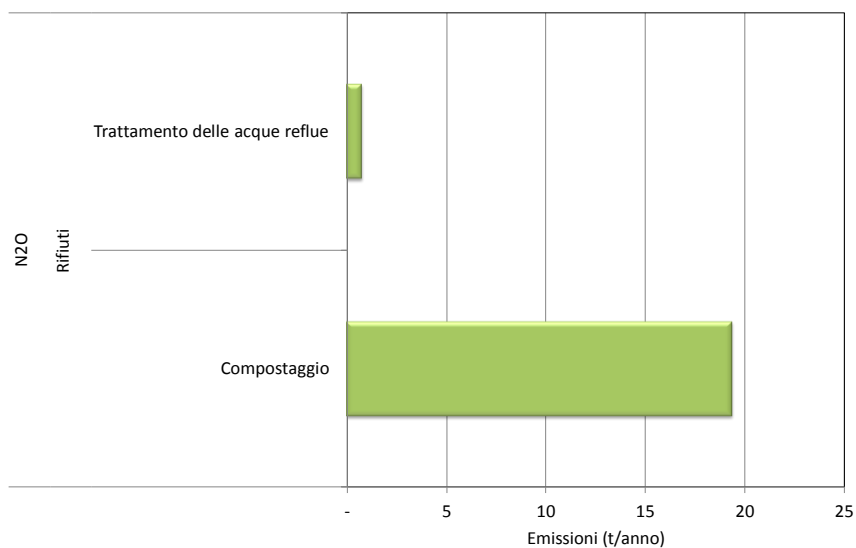


Figura 3.12 Emissioni di protossido d'azoto per le categorie del Settore Rifiuti.

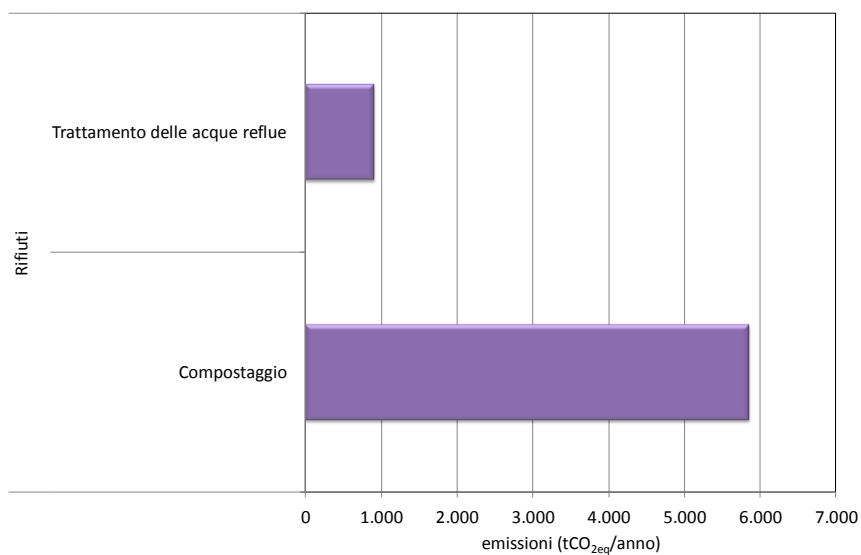


Figura 3.13 Emissioni di CO<sub>2eq</sub> per le categorie del Settore Rifiuti.

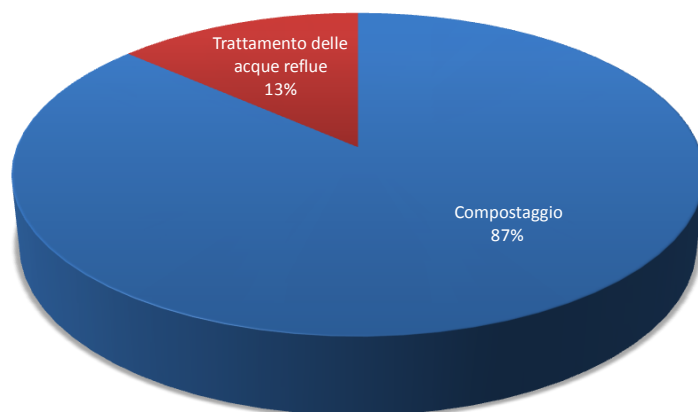


Figura 3.14 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO<sub>2eq</sub> per le categorie del Settore Rifiuti.

### 3.7 Il Settore Agricoltura, Foreste ed Uso del Suolo

In riferimento a quanto già spiegato nel Capitolo 2, il quadro generale delle attività contabilizzate nel settore AFOLU per il Comune di Reggio Calabria è riportato nella Tabella 3.23, in base alla quale l'inventario delle emissioni dei gas serra prodotti dal settore ha compreso la stima delle emissioni di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O e degli assorbimenti di CO<sub>2</sub>.

Nella categoria delle emissioni sono rientrati, in particolare, la contabilizzazione delle attività fonti di fermentazione enterica (che comportano emissioni di CH<sub>4</sub>), della gestione delle deiezioni animali (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O), dei suoli agricoli (N<sub>2</sub>O).

Nel calcolo degli assorbimenti, invece, si è stimata la variazione di stock di carbonio, che definisce la misura dell'assorbimento di CO<sub>2</sub> delle foreste e delle colture perenni durante l'accrescimento annuale della biomassa, a cui viene sottratta la componente "emissiva" di incendi ed utilizzazioni forestali, cui vengono associate emissioni di gas serra, in particolare di CO<sub>2</sub>.

**Tabella 3.23 Attività incluse nel settore AFOLU.**

<b>Attività</b>	<b>Gas serra</b>
Assorbimento forestale e agricolo	CO <sub>2</sub>
Utilizzazioni forestali	CO <sub>2</sub>
Incendi	CO <sub>2</sub>
Uso di urea	CO <sub>2</sub>
Fermentazione enterica degli animali allevati	CH <sub>4</sub>
Gestione del letame	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O
Emissioni dirette ed indirette da gestione dei suoli agricoli	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O

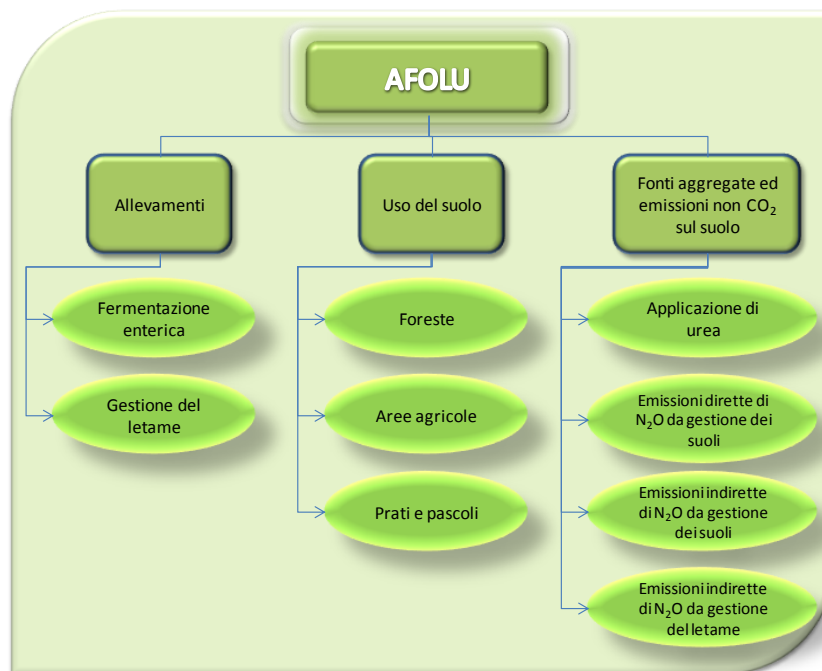


Figura 3.15. Le categorie e le sottocategorie del Settore AFOLU analizzate per il Comune di Reggio Calabria.

### 3.7.1 Allevamenti: fermentazione enterica e gestione del letame

Il metano è prodotto negli erbivori come co-prodotto della fermentazione enterica, il processo digestivo che vede i carboidrati aggrediti dalla flora microbica e ridotti in molecole più semplici.

La quantità di metano che viene rilasciato dipende dal tipo di apparato digerente, età e peso dell'animale, e la qualità e la quantità di alimenti consumati. I ruminanti, ovvero bovini, bufalini e ovini, costituiscono le specie principali per le emissioni di CH<sub>4</sub> enterico, mentre gli animali non ruminanti producono una moderata quantità di emissioni (ad esempio, suini, cavalli). La struttura dell'intestino dei ruminanti, infatti, favorisce la fermentazione enterica ampia della loro dieta.

Per il calcolo di questa categoria di emissioni sono stati utilizzati dati di attività locali (n° capi allevati) e fattori di emissioni nazionali (APAT, 2002).

I dati relativi ai capi allevati nel Comune di Reggio Calabria nel 2009 sono stati ricavati da valori medi delle statistiche dell'Anagrafe Zootecnica Nazionale, che sono disponibili a livello comunale, e dall'Associazione Provinciale Allevatori (APA), per come riportato in Tabella 3.24.

Per quanto riguarda i suini si è distinto tra la categoria propriamente intesa come "suini" che ne include tutte le categorie, eccetto scrofe e verri, che verranno inclusi nella categoria "scrofe". Questo perché i fattori di emissione e l'azoto escreto per capo variano sensibilmente per le due categorie.

**Tabella 3.24 Tipologie, numeri e fonte del dato per gli allevamenti nel Comune di Reggio Calabria, anno 2009.**

Tipologia allevamento	Nr. Capi/anno	Fonte del dato di Attività
Bovini da carne	909	Anagrafe Zootecnica Nazionale
Bovini da latte	241	Anagrafe Zootecnica Nazionale
Ovini	2.913	Anagrafe Zootecnica Nazionale
Caprini	1.998	Anagrafe Zootecnica Nazionale
Suini	1.229	Anagrafe Zootecnica Nazionale
Scrofe	99	Anagrafe Zootecnica Nazionale
Equini	227	Associazione Provinciale Allevatori
Cunicoli	800	Associazione Provinciale Allevatori

La stima delle emissioni prodotte è stata effettuata utilizzando l'equazione seguente:

$$\text{Emissioni CH}_4 = \sum_T (n \times EF)_T \quad (27)$$

dove

- $n$  è il numero di capi;
- $EF$  è il fattore di emissione per emissioni dirette di  $\text{CH}_4$  [ $\text{kg CH}_4/\text{capo anno}$ ];
- $T$  è la specie/categoria di bestiame considerata.

Nella Tabella 3.25 si riportano le emissioni di metano da fermentazione enterica degli animali allevati, calcolati con l'eq. (5). In questo caso il fattore di emissione per la fermentazione enterica di suini e scrofe, tratto da APAT, 2002 è lo stesso.

**Tabella 3.25 Emissioni annue di metano dovute alla fermentazione enterica degli animali allevati.**

Tipologia allevamento	Nr. Capi/anno	EF [ $\text{kg CH}_4/(\text{capo anno})$ ]	Emissioni [ $\text{t CH}_4/\text{anno}$ ]
Bovini da carne	909	53,60	48,72
Bovini da latte	241	117,60	28,34
Ovini	2.913	8,00	23,30
Caprini	1.998	5,00	9,99
Suini e Scrofe	1.328	1,50	1,99
Equini	227	18,00	4,09
Cunicoli	800	0,078	0,06
<b>TOTALE</b>			<b>116,49</b>

L'allevamento degli animali è fonte di emissioni di gas serra anche per quel che riguarda la gestione e lo smaltimento delle deiezioni, quindi del "letame", inteso sia come sterco che come urina (vale a dire, i solidi e liquidi), prodotto dal bestiame.

Nel caso in cui lo sterco venga utilizzato come combustibile le emissioni vanno contabilizzate nella sezione Energia, o in quella dei Rifiuti, se bruciato senza recupero di energia. La decomposizione delle deiezioni in condizioni anaerobiche (cioè in assenza di ossigeno), durante lo stoccaggio e il trattamento, produce  $\text{CH}_4$ .

Queste condizioni si verificano più facilmente quando un gran numero di animali sono

gestiti in un'area limitata (ad esempio, caseifici, allevamenti di manzo, di suini o di pollame), e dove il letame viene smaltito in sistemi a base liquida.

I principali fattori che influenzano le emissioni di CH<sub>4</sub> sono la quantità di letame prodotto e la porzione di letame che si decompone in condizioni anaerobiche. Il primo dipende dal tasso di escrezione di azoto per animale e dal numero di animali, e il secondo dal sistema di gestione del letame. Se il letame viene accumulato o trattato come un "liquido" (ad esempio, nelle lagune, stagni, vasche o pozzi), si decompone in condizioni anaerobiche e può produrre una notevole quantità di CH<sub>4</sub>. Se invece esso viene gestito come un "solido" (ad esempio, in pile o mucchi), come anche quando viene depositato al pascolo, tende a decomporsi in condizioni più aerobiche, producendo meno CH<sub>4</sub>.

L'equazione IPCC che consente di stimare le emissioni di CH<sub>4</sub> provenienti dalla gestione dei reflui zootecnici è ancora la (5), in cui il fattore di emissione è riferito al metano proveniente dal letame prodotto da ogni singolo capo in un anno.

Anche in questo caso sono stati utilizzati come dati di attività il numero di capi allevati, e come fattori di emissione i valori riportati nel Manuale APAT (APAT, 2002).

Le emissioni di metano dovute alla gestione del letame prodotto sono riportate in Tabella 3.26.

**Tabella 3.26 Emissioni annue di metano dovute alla gestione del letame degli animali allevati.**

Tipologia allevamento	Nr. Capi/anno	EF [kg CH <sub>4</sub> /(capo anno)]	Emissioni [t CH <sub>4</sub> /anno]
Bovini da carne	909	11,80	10,73
Bovini da latte	241	20,00	4,82
Ovini	2.913	0,19	0,55
Caprini	1.998	0,12	0,24
Suini	1.229	8,24	10,13
Scrofe	99	21,3	2,11
Equini	227	1,40	0,32
Cunicoli	800	0,078	0,06
<b>TOTALE</b>			28,96

Dalle attività di stoccaggio e gestione del letame prodotto dagli animali allevati, prima che questo sia applicato al suolo (altrimenti utilizzato per i mangimi, carburanti, o per scopi di costruzione) si possono avere **emissioni dirette ed indirette di protossido d'azoto, N<sub>2</sub>O**.

Per quanto riguarda le emissioni di N<sub>2</sub>O generate dal letame degli animali a pascolo, sono riportate nella successiva sezione "**gestione dei suoli**", relativa alla categoria IPCC "*Fonti aggregate ed emissioni non CO<sub>2</sub> sul suolo*".

Le emissioni dirette di N<sub>2</sub>O si hanno per via dei processi di nitrificazione e denitrificazione combinate dell'azoto contenuto nel letame: esse dipendono, dunque, dal tipo e dalla durata dello stoccaggio e del trattamento. La nitrificazione (ovvero la

trasformazione dell'ammoniaca  $\text{NH}_3$  e ioni ammonio  $\text{NH}_4^+$ , in ioni nitrito  $\text{NO}_2^-$  e successivamente ioni nitrato  $\text{NO}_3^-$ ) è la causa fondamentale delle emissioni di  $\text{N}_2\text{O}$  da letame animale e non può verificarsi in condizioni anaerobiche.

I nitriti e i nitrati vengono trasformati, poi, in  $\text{N}_2\text{O}$  e azoto elementare ( $\text{N}_2$ ) durante il processo naturale di denitrificazione, che invece è un processo di tipo anaerobico. La produzione e le emissioni di  $\text{N}_2\text{O}$  da letame derivano dalla presenza combinata di nitriti o nitrati in un ambiente anaerobico, preceduta da condizioni aerobiche necessarie per la formazione di queste forme ossidate di azoto, a condizione che il pH sia basso e l'umidità limitata.

Riportando le percentuali regionali desunte dall'ISTAT, relativamente alle aziende regionali con bovini in stabulazione per l'anno 2005, si è considerato che, per quanto riguarda l'allevamento dei bovini (sia da latte che da carne) circa il 76% sia condotto a pascolo, mentre circa il 24% avvenga in stabulazione. La categoria dei suini è stata considerata per intero allevata in stabulazione, non disponendo di informazioni più dettagliate. In Tabella 3.27 si riportano i valori conseguenti a tali considerazioni.

**Tabella 3.27** Numero di capi all'anno suddivisi per tipologia di allevamento realizzato, dati interpretati (ISTAT, 2005).

Tipologia allevamento	Nr di capi/anno per tipologia di allevamento	
	A pascolo	Stabulazione
Bovini da carne	693	216
Bovini da latte	184	57
Ovini	2.913	
Caprini	1.998	
Suini		1.229
Scrofe		99
Equini	227	
Cunicoli		800

L'equazione per la stima delle emissioni dirette di  $\text{N}_2\text{O}$  [kg  $\text{N}_2\text{O}$ /anno] da gestione del letame prodotto è stata la seguente:

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{D(mm)}} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (n \times N_{\text{exT}} \times MS_{\text{T,S}}) \right] \times EF_{3,S} \right] \times \frac{44}{28} \quad (28)$$

in cui:

- $n$  è il numero di specie/categorie di bestiame considerato;
- $N_{\text{ex}}$  è la media annuale di escrezione di azoto per capo di specie/categorie [kgN/capo anno];
- $MS$  è la frazione di escrezione totale annuale di azoto;
- $EF_3$  è il fattore di emissione per emissioni dirette di  $\text{N}_2\text{O}$  [kg  $\text{N}_2\text{O}$ -N/kg N];
- $S$  è la tipologia di gestione del letame (ossia il tipo di stabulazione, fissa o libera);



- $T$  sono le specie/categorie di bestiame.

Pur impiegando un'equazione propria del Tier 1 sono stati utilizzati valori regionali di tassi di escrezione dell'azoto (Regione Calabria, 2007). Laddove l'azoto escreto per capo, nelle tabelle di riferimento, è dato in funzione delle tonnellate di peso vivo dell'animale (es. cunicoli o equini), si è considerato un peso medio dello stesso.

In Tabella 3.28 ed in Tabella 3.29 viene riportato l'azoto escreto totale annuo, in funzione del tasso di escrezione regionale del capo esaminato ed a seconda della modalità di allevamento (rispettivamente in stabulazione ed a pascolo), per tutti gli animali considerati in questo studio, in quanto questo valore verrà ripreso in molte delle successive procedure di calcolo.

**Tabella 3.28 Azoto escreto annualmente dagli animali allevati in stabulazione.**

Tipologia allevamento	Nr. Capi/anno	$N_{ex}$ [kg N/(capo anno)]	Azoto Totale Escreto [kg N/anno]
Bovini da carne	216	33,6	7.257,60
Bovini da latte	57	83	4.731,00
Suini	1.229	9,8	12.044,20
Scrofe	99	26,4	2.613,60
Cunicoli	800	0,36	288,00
<b>TOTALE</b>			26.934,40

**Tabella 3.29 Azoto escreto annualmente dagli animali allevati a pascolo.**

Tipologia allevamento	Nr. Capi/anno	$N_{ex}$ [kg N/(capo anno)]	Azoto Totale Escreto [kg N/anno]
Bovini da carne	693	33,6	23.284,80
Bovini da latte	184	83,0	15.272,00
Ovini	2.913	3,27	9.525,51
Caprini	1.998	3,27	6.533,46
Equini	227	24,84	5.638,68
<b>TOTALE</b>			60.254,45

Il fattore di emissione del protossido di azoto derivante dalla gestione di letame depositato  $EF_3$  varia in funzione del tipo di stabulazione.

Si sono scelti i valori pari 0,002 (kg  $N_2O-N$ /kg N escreto) per la stabulazione di suini e cunicoli (relativa alla voce IPCC *pit storage*, ovvero quella in cui è previsto un grigliato ove viene convogliato il letame), e pari a 0,005 (kg  $N_2O-N$ /kg N escreto) per la stabulazione dei bovini, ovvero quella relativa alla voce IPCC *solid storage*, che prevede l'accumulo in pile o mucchi del letame.

**Tabella 3.30 Emissioni dirette annue di N<sub>2</sub>O per gestione del letame degli animali allevati in stabulazione.**

Tipologia allevamento	Azoto Totale Escreto [kg N/anno]	EF <sub>3</sub> [kg N <sub>2</sub> O-N/(kg N escreto)]	Emissioni [t N <sub>2</sub> O/anno]
Bovini da carne	7.257,60	0,005	0,06
Bovini da latte	4.731,00	0,005	0,04
Suini	12.044,20	0,002	0,04
Scrofe	2.613,60	0,002	0,01
Cunicoli	288,00	0,002	0,00
<b>TOTALE</b>			<b>0,14</b>

Le emissioni indirette, in una metodologia di Tier 1, sono calcolate solo in relazione alle perdite per volatilizzazione dell'azoto che avviene principalmente in forma di NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>.

Un metodo di livello 2 richiederebbe una caratterizzazione più dettagliata del flusso di azoto, comprensivo quindi di tutte le perdite che si hanno nei sistemi di stabulazione degli animali e nei sistemi di gestione del letame, in generale.

Tuttavia i dati di misura sulle perdite di azoto per lisciviazione e deflusso dai vari sistemi di gestione del letame sono estremamente limitati, nonostante le maggiori perdite si abbiano proprio in relazione a questi fenomeni.

In ogni caso le forme semplici di azoto organico, come l'urea (mammiferi) e l'acido urico (pollame) si mineralizzano rapidamente ad azoto ammoniacale, che è altamente volatile e si diffonde facilmente nell'aria circostante (Asman et al, 1998;. Monteny e Erisman, 1998).

A causa di queste significative perdite dirette e indirette di azoto letame nei sistemi di gestione, è importante valutare l'importo residuo di azoto nel letame animale, disponibile per l'applicazione al suolo o per l'uso nei mangimi, carburanti, o per scopi di costruzione. Questo valore verrà stimato nella sezione "gestione dei suoli".

L'equazione impiegata per la stima dell'azoto che si perde per volatilizzazione di NH<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> [kg N/anno] è di seguito riportata:

$$N_{\text{volat}} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ n \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)} \times \left( \frac{Frac_{GAS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right] \quad (29)$$

in cui:

- $n$  è il numero di specie/categorie di bestiame considerato;
- $Nex_{(T)}$  è la media annuale di escrezione di azoto per capo di specie/categorie [kg N/capo anno];
- $MS_{T,S}$  è la frazione di escrezione totale annuale di azoto per ogni categoria T che viene considerata nella tipologia di gestione S della zona studiata;
- $Frac_{GAS}$  è la percentuale di azoto che volatilizza in NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, per specie animale [%];
- $T$  sono le specie/categorie di bestiame.

L'equazione per la stima delle emissioni indirette è stata, quindi, la seguente:

$$\text{Emissioni } N_2O_{\text{indir}} = N_{\text{volat}} \times EF_4 \times \frac{44}{28} \quad (30)$$

La stessa quantità di azoto totale escreto utilizzata per il calcolo delle emissioni dirette è stata adottata per calcolare la quantità di emissioni indirette prodotte dalla volatilizzazione, valendosi del fattore di emissione  $EF_4$  IPCC di 0,01 kg  $N_2O$ -N/kg N escreto.

In Tabella 3.31 sono riportati i risultati ottenuti.

**Tabella 3.31 Emissioni indirette annue di  $N_2O$  per gestione del letame degli animali allevati in stabulazione.**

Tipologia allevamento	Azoto Totale Escreto [kg N/anno]	$EF_4$ [kg $N_2O$ -N/(kg N escreto)]	Frazione che volatilizza $FRAC_{\text{gas}}$	Emissioni indirette annue [t $N_2O$ /anno]
Bovini da carne	7.257,60	0,01	0,45	0,05
Bovini da latte	4.731,00	0,01	0,30	0,02
Suini	12.044,20	0,01	0,25	0,05
Scrofe	2.613,60	0,01	0,25	0,01
Cunicoli	288,00	0,01	0,25	0,00
<b>TOTALE</b>				0,13

### 3.7.2 Categorie d'uso del suolo: il metodo della variazione dello stock di carbonio (Gain-Loss Method)

Richiamando quanto già spiegato nel Capitolo 2 al fine di valutare le variazioni degli stock di carbonio nei vari settori, ovvero effettuare il bilancio netto tra emissioni e assorbimento di  $CO_2$ , la metodologia IPCC si basa sull'assunzione che i cambiamenti dello stock in un ecosistema avvengano principalmente attraverso lo scambio di  $CO_2$  tra la superficie terrestre e l'atmosfera. I flussi di  $CO_2$  tra l'atmosfera e gli ecosistemi sono controllati principalmente dall'assorbimento attraverso la fotosintesi e dal rilascio attraverso la respirazione, decomposizione e combustione della materia organica, come già esposto in precedenza.

Un aumento dello stock di carbonio nel tempo equivale ad una rimozione netta di  $CO_2$  dall'atmosfera e una diminuzione dello stock ad un'emissione netta in atmosfera.

Il calcolo delle emissioni e degli assorbimenti connessi alla variazione dei depositi di carbonio nei settori menzionati dovrebbe essere applicato per ognuna delle sei categorie di uso del suolo individuate dalla metodologia (ovvero *aree coperte da boschi e foreste, aree coltivate, prati e pascoli, aree umide, aree urbane, altri tipi di uso del suolo*) e per ognuna delle loro due sottocategorie (le aree immutate e le aree soggette a cambiamenti di uso del suolo).

Le categorie considerate sono state *boschi e foreste ed aree coltivate*, in quanto, come spiegato, sono assenti aree umide nel territorio comunale e non si avevano informazioni sulle rimanenti categorie d'uso del suolo.

Inoltre, la valutazione dovrebbe interessare le quattro componenti che, nello schema seguito dalla metodologia IPCC, possono immagazzinare carbonio, ovvero:

1. biomassa viva
2. materia organica morta
3. lettiera
4. suolo.

Tuttavia, non essendo disponibili a livello locale dati sulle ultime tre componenti, la valutazione ha riguardato solo la biomassa viva.

Per quanto riguarda i cambiamenti di uso del suolo esso viene richiamato nel prosieguo.

Il metodo applicato per la valutazione della variazione annuale dello stock di carbonio [t C/anno] è stato il **Gain loss method**, in cui un *gain* (incremento) per una delle sei categorie sopra menzionate è rappresentato dalla crescita della biomassa o dal trasferimento di carbonio da un'altra categoria d'uso. Per *loss* (perdita), invece, si intende il trasferimento di carbonio ad un altro "pool", rappresentato ad esempio dalle utilizzazioni forestali e dalla biomassa persa nelle zone percorse dal fuoco.

Tale metodo, dunque, richiede di sottrarre le perdite di biomassa (prelievi di legname, perdite dovute a fattori antropici e naturali, quali incendi, vento, ecc.) agli incrementi della stessa nell'anno considerato, per come esplicitato nell'equazione (6) del Capitolo 2, ivi meglio ripresa:

$$\Delta C_B = [\Delta C_G - \Delta C_L] \times \frac{44}{12} \quad (31)$$

in cui:

- $\Delta C_G$  rappresenta l'incremento annuale di carbonio nella biomassa [t C/anno];
- $\Delta C_L$  rappresenta la perdita annuale di carbonio nella biomassa [t C/anno];
- $44/12$  è il rapporto dei pesi molecolari dell'anidride carbonica e del carbonio.

Il segno risulterà positivo se prevarranno le emissioni, negativo se prevarranno gli assorbimenti.

### **Carbon gain**

Per le **aree forestali** l'incremento annuale di carbonio nella biomassa viva (che include sia la biomassa epigea che ipogea)  $\Delta C_G$  [t C/anno] è stato determinato con l'espressione IPCC (8) del Capitolo 2, che può essere riscritta anche in questa forma:

$$\Delta C_G = \sum_i A_i \times I_i \times BCEF_I \times (1 + R_i) \times CF_i \quad (32)$$

in cui:

- $A$  è l'area forestale [ha];

- $I$  è l'incremento medio annuale in volume [ $m^3/ha$  anno];
- $BCEF_i$  è il fattore di conversione e espansione utilizzato per stimare il volume di biomassa radicale [ $t\ ss/m^3$ ];
- $R$  è il rapporto tra la biomassa radicale e quella aerea;
- $CF$  è la frazione di carbonio nella sostanza secca [ $t\ C/t\ ss$ ];
- $i$  è la specie forestale.

Come dati di input per le aree coperte da boschi e foreste sono stati utilizzati, in assenza di dati più specifici, quelli tratti dalla **Corine Land Cover**, nella specifica categoria "territori boscati", per un ammontare complessivo di circa 8.867,81 ha di aree forestali.

Non disponendo, inoltre, di informazioni aggiornate e/o complete circa i dati di provvigione (*growing stock*, nelle Linee Guida IPCC) e di incremento, sono stati impiegati i rispettivi valori tratti dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC, 2005) per l'intera Regione Calabria. Questi dati sono relativi alla categoria inventariale "boschi alti", in quanto non è stato possibile conoscere la ripartizione in boschi cedui e fustaie.

I valori del fattore di espansione della biomassa ( $BCEF_i$ ) e del rapporto radici/chioda ( $R$ ) utilizzati sono valori di default IPCC riferiti a zone con clima temperato, in funzione dei valori di *growing stock*.

In Tabella 3.33 si riportano i risultati ottenuti e l'incremento annuale (*carbon gain*) di carbonio forestale nel Comune di Reggio Calabria.

In relazione alle **aree coltivate** la quantità di carbonio immagazzinato o rilasciato dalla biomassa di colture permanenti dipende dal tipo di coltura, dalle pratiche agricole, dal suolo e dal clima di un determinato territorio. Ad esempio le colture annuali (es. cerealicole ed orticole) sono raccolte, appunto, ogni anno; in questo modo non si ha un accumulo di carbonio nella biomassa. Al contrario, le colture arboree, quali frutteti, vigneti e oliveti, possono immagazzinare quantità significative di carbonio nella biomassa legnosa. È stato considerato quindi l'accumulo di carbonio nella biomassa legnosa delle specie arboree coltivate, quali ad esempio i vigneti, utilizzando i dati ISTAT di superficie coltivata a specie legnose.

L'equazione di riferimento è stata:

$$\Delta C_G = \sum_i A_i \times I_i \times CF_i \quad (33)$$

in cui:

- $A$  è l'area [ha];
- $I$  è l'incremento medio annuale in volume [ $t\ s.s./ha$  anno];
- $CF$  è la frazione di carbonio nella sostanza secca [ $t\ C/t\ ss$ ];
- $i$  è la tipologia colturale.

Si sono utilizzati i dati di letteratura validi per il Sud Italia (Cotana F., Costarelli I., 2005)

riguardo alle quantità di residui colturali tipici del Meridione e poi si è considerato, partendo da osservazioni empiriche tipiche della realtà reggina, che i residui colturali rappresentano l'80% dell'accrescimento annuo per vite e fruttiferi, ed il 30% e 50% rispettivamente per olivo e agrumi, mentre le rimanenti percentuali rimangono sulla pianta. Queste quantità sono state moltiplicate per il valore di umidità medio del legno (Cotana F., Costarelli I., 2005) per ottenere le tonnellate di sostanza secca per ettaro. Ancora questi valori sono stati moltiplicati per gli ettari di coltura legnosa e per la frazione di carbonio tipica delle colture legnose agricole, pari a 0,5 t C per tonnellata di sostanza secca.

Pertanto l'incremento medio annuo della specie vegetale considerata è stato stimato come di seguito:

$$I = \frac{RC}{1-f} \times f \times U \quad (34)$$

Ove:

- *RC* rappresentano i residui colturali [t/ha];
- *f* è la percentuale di biomassa che rimane sulla pianta;
- *U* è l'umidità della specie vegetale considerata.

Utilizzando i dati delle superfici coltivate a specie pluriennali arboree forniti dall'ISTAT (ISTAT, 2000) e disponibili a livello comunale, si è potuto contabilizzare anche l'assorbimento di CO<sub>2</sub> legato alle specie agrarie. I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 5.2.

**Tabella 3.32 Assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte delle colture arboree del Comune di Reggio Calabria.**

Coltura	Superficie [ha]	RC [t/ha]	Umidità [%]	Incremento [t s.s. /ha anno]	CF [t C/t s.s.]	Carbon gain [t C/anno]	Assorbimenti [t CO <sub>2</sub> /anno]
Vite	580	2,80	0,5	0,35	0,5	101,5	372,17
Olivo	2.318,75	2,10	0,38	1,86	0,5	2.158,76	7.915,44
Agrumi	2.257,20	1,90	0,45	0,86	0,5	964,95	3.538,16
Fruttiferi	328	2,02	0,5	0,25	0,5	41,41	151,84
<b>TOTALE</b>						3.266,62	11.977,61

**Tabella 3.33 Assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte dei boschi del Comune di Reggio Calabria.**

	Area [ha]	Provvigione [m <sup>3</sup> /ha]	Incremento [m <sup>3</sup> /(ha anno)]	BCEF <sub>1</sub> [t/m <sup>3</sup> ]	Biomassa epigea [t s.s./ha]	R	CF [t C/t s.s.]	Carbon Gain [t C/anno]	Assorbimenti [t CO <sub>2</sub> /anno]
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	1.991,64	119,30	3,70	0,60	71,58	0,29	0,48	2.737,75	10.038,42
Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)	1.462,26	51,00	3,00	0,90	45,90	0,46	0,48	2.766,83	10.145,04
Boschi a prevalenza di querce caducifoglie	330,27	105,30	2,30	0,60	63,18	0,46	0,48	319,41	1.171,16
Boschi a prevalenza di castagno	2.329,80	132,80	6,20	0,60	79,68	0,23	0,48	5.116,92	18.762,04
Boschi a prevalenza di faggio	988,09	306,00	6,40	0,48	146,88	0,23	0,48	1.792,11	6.571,07
Boschi a prevalenza di pini oro-mediterranei e montani	357,74	322,70	8,60	0,69	222,66	0,20	0,51	1.299,19	4.763,69
Macchia bassa e garighe	617,66	119,30	3,70	0,60	71,58	0,30	0,48	855,63	3.137,29
Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi	51,30	203,40	6,30	0,48	97,63	0,23	0,48	91,59	335,83
Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di castagno	297,46	217,15	8,25	0,48	104,23	0,23	0,48	695,46	2.550,03
Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini mediterranei e cipressi	463,10	155,70	4,70	0,53	82,52	0,29	0,51	758,95	2.782,80
Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini oro-mediterranei e montani	546,70	322,70	8,60	0,60	193,62	0,29	0,51	1.855,90	6.804,98
<b>Totale</b>	<b>9.436,03</b>							<b>18.289,74</b>	<b>67.062,37</b>

## **Carbon loss**

La perdita annuale di carbonio nella biomassa  $\Delta C_L$  [t C/anno] per il Comune di Reggio Calabria è stata determinata tramite la seguente espressione, riconducibile alla (12) del Capitolo 2:

$$\Delta C_L = L_{WR} + L_D \quad (35)$$

in cui:

- $L_{WR}$  è la quantità di carbonio perso a causa della biomassa rimossa per le utilizzazioni [t C/anno];
- $L_D$  è la quantità di carbonio perso a causa della perdita di biomassa negli incendi [t C/anno].

Il carbonio contenuto nella biomassa persa a causa di **utilizzazioni forestali** [t C/anno] è stato determinato attraverso l'equazione (13) del capitolo 2.

La quantità di legno rimossa nel 2009 è stata fornita dall'Ufficio Agricoltura del Comune di Reggio Calabria; essa è ripartita in latifoglie e conifere.

Poiché non è stato possibile rintracciare la quantità di legname destinato per uso energetico (legna da ardere) all'interno ed all'esterno del Comune di Reggio Calabria, seguendo il principio di responsabilità, si è deciso di addebitare il contributo delle emissioni direttamente al Comune stesso.

Infatti, dati alla mano, avrebbero dovuto essere elaborati due scenari di contabilizzazione:

- il primo, secondo la metodologia utilizzata anche dall'ISPRA nell'inventario nazionale, procede detraendo completamente il carbonio contenuto nelle utilizzazioni forestali da quello dell'accrescimento annuo della biomassa forestale, indipendentemente dall'uso del legname tagliato;
- il secondo considera la destinazione di impiego dei prodotti legnosi, distinguendo le utilizzazioni forestali per tipologia di uso, ed attribuendo le emissioni al sistema territoriale dove il legame è utilizzato.

In questo studio si è deciso di impiegare il primo tipo di approccio.

Per determinare la quantità di biomassa secca  $Q$ , la quantità di legname fresco tagliato è stata trasformata in tonnellate di materia secca (ts.s.) moltiplicando il dato in input per 0,5 ipotizzando quindi un contenuto in acqua pari al 50% del peso fresco.

Nella Tabella 3.34 vengono riportati i risultati ottenuti.

**Tabella 3.34 Calcolo delle emissioni provocate dalla perdita di biomassa forestale a seguito delle utilizzazioni forestali.**

<b>Tipologia forestale rimossa</b>	<b>Legname rimosso [m<sup>3</sup>/anno]</b>	<b>CF [t C/ t s.s.]</b>	<b>BCEFR [t s.s. /m<sup>3</sup>]</b>	<b>Carbon loss [t C/anno]</b>	<b>Emissioni [t CO<sub>2</sub>/anno]</b>
Latifoglie	1.144,21	0,48	1,17	642,59	2.356,15
Conifere	4,44	0,51	0,77	1,74	6,39
<b>TOTALE</b>				644,33	2.362,55



La perdita di biomassa nelle **aree percorse dal fuoco** [t C/anno] è stata contabilizzata utilizzando l'equazione (15) del Capitolo 2, di seguito richiamata con riguardo agli incendi, non considerando la combustione del carbonio contenuto nella lettiera e nel suolo:

$$L_D = \sum_i A_{D,i} \times B_{W,i} \times (1 + R_i) \times CF_i \times f_{d,i} \quad (36)$$

in cui:

- $A_D$  è l'area percorsa dal fuoco [ha];
- $B_W$  è la biomassa epigea disponibile per combustione [t sostanza secca/ha];
- $R_i$  è il rapporto tra la biomassa radicale (ipogea) e quella aerea (epigea);
- $C_F$  è la frazione di carbonio [t C/t sostanza secca];
- $f_d$  è la frazione di biomassa persa;
- $i$  è la categoria forestale soggetta ad incendio.

I dati sulle superfici forestali percorse dal fuoco sono stati forniti dal Catasto degli Incendi c/o il Comune di Reggio Calabria – Ufficio Qualità Ambientale. Le tipologie forestali interessate sono state ottenute sia tramite sovrapposizione dei dati catastali con la carta della copertura del suolo (Corine Land Cover, 2006) per l'anno 2006, sia attraverso foto-interpretazione delle particelle forestali in esame.

Per calcolare la biomassa epigea disponibile per la combustione ( $B_W$ ) sono stati utilizzati i dati di growing stock tratti dall'INFC per tipo di bosco per ettaro, moltiplicati per i rispettivi valori di densità basale, da valori di letteratura (Giordano, 1980).

Laddove le categorie delle superfici forestali percorse dal fuoco non sono dettagliate per specie forestale prevalente, per la stima della provvigione, si è deciso di riportarle ad una specie forestale presente nell'INFC.

Dalla Tabella 3.35 si possono leggere le approssimazioni effettuate.

**Tabella 3.35 Dati utilizzati per la stima del carbonio perso durante gli incendi boschivi.**

Categorie forestali	Area incendiata [ha]	Provvigione [m <sup>3</sup> /ha]	Dato utilizzato	Densità basale [t s.s./m <sup>3</sup> ]	Fonte
Castagno	3,56	132,80	castagno	0,49	Giordano, 1980
Macchia mediterranea	69,13	119,30	leccete	0,63	Giordano, 1980
Pino	1,63	322,70	pino laricio	0,53	Giordano, 1980
Querce	5,69	105,30	rovere, roverella e farnia	0,67	Giordano, 1980
Terreno privo di soprassuolo	9,99	35,50	terreno privo di soprassuolo	0,189	si è considerato il 30% della macchia (così come è il 30% il growing stock)
Faggio	0,51	306,00	faggio	0,61	Giordano, 1980
<b>Totale</b>	90,51				

La biomassa disponibile per ettaro è stata moltiplicata per la superficie di ogni tipo di bosco

in modo da ottenere la biomassa totale per tipo di bosco. Dalla biomassa epigea è stata ricavata quella ipogea utilizzando il rapporto tra la biomassa ipogea/epigea (R), utilizzando i valori di default IPCC. La quantità di biomassa totale combusta è stata moltiplicata per la frazione di carbonio (0,51 per le conifere e 0,48 per le latifoglie) e poi per la frazione della biomassa effettivamente distrutta dall'incendio, che è stata considerata pari al 100%, della biomassa presente, senza intaccare il suolo e la lettiera, approccio considerato valido nella metodologia IPCC per incendi non distruttivi.

La quantità di carbonio contenuta nella biomassa persa a causa degli incendi e le conseguenti emissioni di CO<sub>2</sub> sono riportate in Tabella 3.36.

**Tabella 3.36 Calcolo delle emissioni provocate dalla perdita di biomassa forestale a seguito degli incendi di aree boscate verificatesi nel 2009.**

Categoria forestale	Area percorsa dal fuoco [ha]	Biomassa epigea [t s.s./ha]	R	CF [t C/ t s.s.]	f <sub>d</sub>	Carbon loss [t C/anno]	Emissioni [t CO <sub>2</sub> /anno]
Castagno	3,56	65,07	0,46	0,48	1,00	162,33	595,21
Macchia mediterranea	69,13	75,16	0,30	0,48	1,00	3.242,11	11.887,75
Pino	1,63	171,03	0,20	0,51	1,00	170,94	626,77
Querce	5,69	70,55	0,30	0,48	1,00	250,62	918,94
Terreno privo di soprassuolo	9,99	6,71	0,09	0,48	1,00	35,06	128,54
Faggio	0,51	186,66	0,24	0,48	1,00	56,43	206,92
<b>TOTALE</b>						<b>3.917,49</b>	<b>14.364,13</b>

### **Cambiamenti d'uso del suolo**

Per tutti i settori analizzati si è reso necessario valutare, accanto alla sottocategoria aree immutate, la sottocategoria aree soggette a cambiamenti di uso del suolo.

A livello generale, così come anche l'ISPRA ha dimostrato nelle varie versioni dell'inventario annuale delle emissioni dei gas serra, riguardo ai cambiamenti di uso più frequenti a livello nazionale è possibile osservare che:

- le terre che sono in conversione a *foreste* possono provenire solo da *terre coltivate e pascoli*;
- le terre *coltivate* si convertono dapprima alla categoria *pascoli* e solo successivamente in *foreste*;
- solo le terre *coltivate* possono convertirsi in *pascoli*;
- la categoria insediamenti può provenire solo da pascoli o terreni agricoli.

A livello comunale, la valutazione dei cambiamenti di uso del suolo in Reggio Calabria è stata effettuata attraverso lo studio ed il confronto delle carte della copertura del suolo (Corine Land Cover) per gli anni 1990, 2000 e 2006.

A fronte dell'arco temporale di 20 anni suggerito dall'IPCC come intervallo minimo entro il quale valutare le transizioni di uso del suolo, è stato possibile realizzare tale stima per il Comune di Reggio Calabria solo per un arco di 16 anni.

In Tabella 3.37 si riporta, a tal fine, uno schema dei cambiamenti d'uso del suolo verificatisi a partire dal 1990 fino al 2006 per il Comune di Reggio Calabria, con i riferimenti ai codici Corine Land Cover ed alle superfici interessate.

L'analisi condotta ha consentito di constatare come, ai fini della redazione di questo studio, i cambiamenti d'uso del suolo possano essere trascurati, considerato che, nell'arco temporale di 16 anni, la loro entità (960 ha) è pari a circa il 4% della superficie totale comunale, pari a 23.602 ha.

**Tabella 3.37 Variazioni Corine Land Cover 1990-2000 e 2000-2006 per il Comune di Reggio Calabria.**

<b>Anno 1990</b>	<b>Anno 2000</b>	<b>ha</b>
222 - Frutteti e frutti minori	112 - Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	7,35
222 - Frutteti e frutti minori	112 - Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	9,78
222 - Frutteti e frutti minori	242 - Sistemi culturali e particellari complessi	13,24
231 - Prati stabili (foraggiere permanenti)	324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	36,03
231 - Prati stabili (foraggiere permanenti)	243 - Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	40,17
241 - Colture temporanee associate a colture permanenti	222 - Frutteti e frutti minori	7,38
241 - Colture temporanee associate a colture permanenti	222 - Frutteti e frutti minori	9,51
241 - Colture temporanee associate a colture permanenti	121 - Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	12,12
241 - Colture temporanee associate a colture permanenti	222 - Frutteti e frutti minori	37,16
241 - Colture temporanee associate a colture permanenti	242 - Sistemi culturali e particellari complessi	59,27
242 - Sistemi culturali e particellari complessi	112 - Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	21,32
321 - Aree a pascolo naturale e praterie	223 - Oliveti	6,78
323 - Aree a vegetazione sclerofilla	112 - Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	11,72
211 - Seminativi in aree non irrigue	243 - Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	52,23
223 - Oliveti	211 - Seminativi in aree non irrigue	3,95
223 - Oliveti	242 - Sistemi culturali e particellari complessi	18,97
223 - Oliveti	131 - Aree estrattive	25,47
223 - Oliveti	313 - Boschi misti di conifere e latifoglie	31,39
223 - Oliveti	324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	37,38
223 - Oliveti	323 - Aree a vegetazione sclerofilla	44,57
223 - Oliveti	121 - Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	46,14
311 - Boschi di latifoglie	211 - Seminativi in aree non irrigue	6,22

311 - Boschi di latifoglie	321 - Aree a pascolo naturale e praterie	12,84
311 - Boschi di latifoglie	211 - Seminativi in aree non irrigue	40,94
311 - Boschi di latifoglie	211 - Seminativi in aree non irrigue	45,66
Anno 2000	Anno 2006	ha
334 - Aree percorse da incendi	324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	216,60
242 - Sistemi colturali e particellari complessi	121 - Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0,43
331 - Spiagge, dune e sabbie	324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	40,74
242 - Sistemi colturali e particellari complessi	241 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	38,40
242 - Sistemi colturali e particellari complessi	241 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	25,39
<b>TOTALE</b>		<b>959</b>

In definitiva il bilancio del comparto *Usa del suolo, Cambiamenti di uso del suolo e Foreste* è schematizzato nella Tabella seguente.

**Tabella 3.38 Bilancio del carbonio forestale ed agricolo e delle conseguenti emissioni/assorbimenti di CO<sub>2</sub>, per il Comune di Reggio Calabria.**

Attività	Carbon gain [t C/anno]	Carbon loss [t C/anno]	Assorbimenti [t CO <sub>2</sub> eq/anno]	Emissioni [t CO <sub>2</sub> eq/anno]
Assorbimento forestale	18.289,74	-	67.062,38	-
Assorbimento agricolo	3.266,62	-	11.977,61	-
Utilizzazioni forestali	-	644,33	-	2.362,55
Aree percorse da incendi	-	3.917,49	-	14.364,13
<b>TOTALE</b>	<b>21.556,36</b>	<b>4.561,82</b>	<b>79.039,99</b>	<b>16.726,68</b>

### 3.7.3 Fonti aggregate ed emissioni non CO<sub>2</sub> al suolo: gestione dei suoli

All'interno dell'ultima categoria del Settore AFOLU rientra la gestione dei suoli, sia come stima delle emissioni *dirette* che *indirette* provenienti dall'addizione di azoto al suolo.

In particolare la metodologia IPCC permette di stimare le emissioni di N<sub>2</sub>O valutando la quantità di azoto distribuito al suolo dall'uomo attraverso le attività di uso di fertilizzanti sintetici e di origine organica, del letame, i residui colturali e le deiezioni degli animali al pascolo che aumentano l'azoto disponibile per i processi microbici e in definitiva la quantità di N<sub>2</sub>O emesso.

Più nello specifico le emissioni legate ai fertilizzanti possono derivare sia direttamente dal suolo fertilizzato, che indirettamente dalla volatilizzazione degli stessi sotto forma di NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, per successiva rideposizione, e attraverso la lisciviazione (trasporto di soluti quali nitrati o sostanze azotate oltre la profondità raggiunta dagli apparati radicali delle culture) e il run-off, attraverso i quali si può generare N<sub>2</sub>O. Quest'ultima frazione entra nelle acque sotterranee, nei fiumi e nelle aree umide fino a raggiungere il mare, dove aumenta l'attività biologica delle acque. Le emissioni indirette costituiscono tuttavia una frazione minoritaria, seppure non trascurabile, delle emissioni di N<sub>2</sub>O.

Sono inoltre fonte di N<sub>2</sub>O la mineralizzazione di N nei terreni torbosi e la conversione di

terreni a pascolo, forestali o urbani a terreni agricoli, che tuttavia non sono stati considerati nell'inventario.

### **Emissioni dirette**

Nella maggior parte dei suoli l'aumento di azoto disponibile provoca un aumento dei tassi di nitrificazione e denitrificazione che, a loro volta, inducono l'incremento di emissioni di  $N_2O$ . Come già detto l'aumento di azoto può derivare da immissioni dirette, da parte dell'uomo, di agenti azotati, oppure dal cambiamento di uso del suolo e/o da pratiche di gestione del suolo che provocano la mineralizzazione dell'azoto.

Vengono incluse nella procedura di stima delle emissioni dirette di  $N_2O$  da gestione dei suoli le seguenti fonti di azoto:

- fertilizzanti sintetici azotati (indicati nelle linee guida IPCC con  $F_{SN}$ );
- azoto organico applicato come fertilizzante (ad esempio, il letame, compost, fanghi di depurazione..., indicato con  $F_{ON}$ );
- urine e letame depositati dagli animali da pascolo ( $F_{PRP}$ );
- azoto contenuto nei residui colturali (fuori terra e sotto terra,  $F_{CR}$ );
- mineralizzazione dell'azoto associata a perdita di materia organica del suolo derivanti dal cambiamento di uso del suolo o di gestione dei suoli minerali ( $F_{SOM}$ );
- drenaggio/gestione di suoli organici (gli Histosols,  $F_{OS}$ ).

L'equazione IPCC da cui partire per stimare le emissioni dirette annue di protossido di azoto provenienti dalla gestione dei suoli [ $kg N_2O-N/anno$ ] è la seguente:

$$(N_2O_{direct} - N) = (N_2O - N_{N,inputs}) + (N_2O - N_{OS}) + (N_2O - N_{PRP}) \quad (37)$$

dove:

- $(N_2O - N_{N,inputs})$  rappresenta le emissioni legate all'immissione nel suolo di N [ $kg N_2O-N/anno$ ];
- $(N_2O - N_{OS})$  rappresenta le emissioni derivanti dalla gestione dei suoli organici [ $kg N_2O-N/anno$ ];
- $(N_2O - N_{PRP})$  indica le emissioni derivanti dalla introduzione di urine e sterchi animali nel suolo (pasture range paddock) [ $kg N_2O-N /anno$ ].

Il termine  $N_2O - N_{OS}$ , relativo alla gestione di suoli organici drenati (histosols), tipici delle aree di torbiera, non è stato considerato in quanto essi non sono presenti nei limiti comunali.

Ovviamente per la conversione da  $(N_2O - N)$  ad emissioni di  $N_2O$  è necessario procedere secondo la seguente equazione:

$$\text{Emissioni } N_2O_{dir} = (N_2O_{direct} - N) \times \frac{44}{28} \quad (38)$$

L'equazione che definisce la quantità  $(N_2O - N_{inputs})$  è la seguente:

$$(N_2O - N_{N,inputs}) = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR}) \times EF_1] \quad (39)$$

con:

- $F_{SN}$ , ammontare annuo di azoto dall'applicazione di fertilizzanti sintetici al suolo [kg N/anno];
- $F_{ON}$ , ammontare annuo di azoto proveniente dall'impiego di letame, compost, ammendanti, fertilizzanti organici, fanghi di depurazione e altre aggiunte di materiali organici ai terreni [kg N/anno];
- $F_{CR}$ , ammontare annuo di azoto dall'impiego di residui colturali [kg N/anno].

Il fattore di emissione  $EF_1$  assume un valore di default pari a 0,01 [kg  $N_2O-N$ /kg N].

Tutte le quantità disponibili sopra riportate sono state ottenute dai dati ISTAT a livello provinciale, disaggregati a livello comunale sulla base della SAU (superficie agricola utilizzata). Quest'ultima, sempre da dati ISTAT, è disponibile a livello comunale. Lo schema della disaggregazione effettuata è riportato di seguito (Tabella 3.39).

**Tabella 3.39 Incidenza della SAU nel Comune di Reggio Calabria (ISTAT,2000).**

SAU Comune di RC [ha]	SAU Provincia di RC [ha]	Incidenza SAU Comune di RC
6.270,94	109.475,9	5,73%

Nelle Tabella 3.40 si riportano le quantità di fertilizzanti sintetici ottenute e le quantità di azoto distribuite nei suoli, che sono state ricavate utilizzando le percentuali di azoto contenute nei fertilizzanti stessi riportate in letteratura (Bonciarelli, 2003).

**Tabella 3.40 Quantità di azoto distribuita nei suoli da applicazione di fertilizzanti sintetici.**

Tipo di fertilizzante	Quantità di fertilizzante distribuita [t/anno]	Quantità di azoto distribuita [t/anno]
Primario	343,87	81,19
Binario	59,40	10,69
Ternario	168,42	20,21
<b>TOTALE</b>	<b>571,69</b>	<b>112,09</b>

Una volta calcolato il contributo dei fertilizzanti sintetici  $F_{SN}$ , si è andati a stimare la quantità di azoto che viene aggiunta al suolo, mediante applicazione di letame, compost, fanghi di depurazione o altro materiale organico, indicata con  $F_{ON}$ . Per quest'ultima vale l'equazione IPCC:

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COM} + F_{OOA} \quad (40)$$

dove:

- $F_{AM}$  è l'ammontare totale annuale di letame applicato al suolo [kg N/anno];
- $F_{SEW}$  è il contributo dei fanghi di depurazione applicati al suolo [kg N/anno];
- $F_{COM}$  è il totale annuale di compost che va al suolo [kg N/anno];
- $F_{OOA}$  è l'importo annuale di altri tipi di fertilizzanti e ammendanti organici [kg N/anno].

Essendo nullo il contributo  $F_{SEW}$ , in quanto i fanghi di depurazione vengono inviati all'impianto di compostaggio del Comune di Motta San Giovanni (RC), e non essendo noto il contributo di  $F_{COM}$  le uniche aliquote da calcolare sono state quella del letame che ritorna al suolo e degli ammendanti o fertilizzanti organici applicati.

Queste ultime quantità sono state ottenute dall'ISTAT a livello comunale, allo stesso modo in cui si è operato per la categoria dei fertilizzanti.

**Tabella 3.41** Quantità di azoto distribuita nei suoli da applicazione di letame ( $F_{AM}$ ), ammendanti e fertilizzanti organici ( $F_{OOA}$ ).

Tipo di sostanza organica distribuita	Quantità di sostanza organica distribuita [t/anno]	Quantità di azoto distribuita [t/anno]
Letame	12,68	0,17
Ammendante vegetale	72,51	2,94
Ammendante misto	34,71	0,38
Ammendante torboso	33,77	0,07
Torbe	14,47	0,04
Altri ammendanti	53,58	0,06
Fertilizzanti organici	81,23	3,53
Fertilizzanti organo minerali	151,75	13,83
<b>TOTALE</b>	<b>454,7</b>	<b>21,02</b>

Anche i residui colturali che vengono re-immessi nel suolo vanno esaminati, per valutare la quantità di azoto che apportano al terreno, e per questo va considerata sia la biomassa epigea che quella ipogea. La produzione delle colture nel Comune di Reggio Calabria è stata ottenuta da dati ISTAT, disaggregando, sulla base della SAU, i dati disponibili a livello provinciale.

Dalla quantità prodotta è stata calcolata la sostanza secca utilizzando valori nazionali della letteratura di settore (Bonciarelli, 2003).

Per il calcolo della quantità di azoto nei residui colturali che ritorna al suolo ogni anno [kg N/anno] si è utilizzata l'equazione IPCC riportata di seguito:

$$F_{CR} = \sum_T \{ Crop_T \times (Area_T - Area_{burnt_T} \times C_f) \times Frac_{renew(T)} \times [R_{AG(T)} \times N_{AG(T)} \times (1 - Frac_{remove(T)}) + R_{BG(T)} \times N_{BG(T)}] \} \quad (41)$$

dove:

- $Crop_T$  indica la resa in sostanza secca per ettaro per coltura coltivata [kg s.s./ha];
- $Area_T$  è l'area coltivata sottoposta a taglio della biomassa [ha/anno];
- $Area_{burnt_T}$  è l'area annuale di residui colturali bruciata [ha/anno];
- $C_f$  è il fattore di combustione (adimensionale);
- $Frac_{renew,(T)}$  rappresenta la frazione dell'area totale della coltura T che è rinnovata;
- $R_{AG(T)}$  è il rapporto tra residui della biomassa epigea e quantità della coltura raccolta [kg s.s./kg s.s.];
- $N_{AG(T)}$  è il contenuto in azoto dei residui colturali ipogei [kg N/kg s.s.];
- $Frac_{remove(T)}$  è la frazione dei residui colturali epigea rimossa annualmente [kg N/kg

colture-N];

- $R_{BG(T)}$  è il rapporto tra i residui colturali ipogei e la quantità raccolta per coltura [kg N/kg s.s.];
- $N_{BG(T)}$  è il contenuto di azoto dei residui colturali ipogei [kg N/kg s.s.];
- $T$  indica il tipo di coltura o foraggio.

Si è ipotizzato, dunque, che per le colture cerealicole sia rinnovato ogni anno il 100% dell'area, come consigliato nella letteratura di settore (Bonciarelli, 2003 e Giardini, 2002), mentre per le superfici a colture foraggere temporanee è considerata una durata di 3 anni e per quelle permanenti di 10 anni.

Sono stati usati i valori di default IPCC per il calcolo della biomassa epigea e ipogea e per il contenuto di azoto, mentre sono stati usati valori medi nazionali (Bonciarelli, 2003) per la frazione della biomassa epigea rimossa.

Di seguito sono riportati gli schemi di calcolo per la stima delle emissioni.

**Tabella 3.42 Produzioni agricole con residui colturali considerati.**

Coltura	Area coltivata [ha]	Produzione agricola totale [t/anno]	Frazione di sostanza secca [%]	Produzione raccolta totale [t.s.s]
Cereali	88,36	197,56	0,88	173,86
Radici e tuberi	123,96	1.564,18	0,22	344,12
Foraggere temporanee	140,60	2.243,90	0,90	2.019,51
Foraggere permanenti	727,70	12.559,00	0,90	11.303,10

La quantità di azoto apportato con i residui colturali è stimata in Tabella 3.43.

**Tabella 3.43 Azoto applicato con i residui colturali.**

Coltura	Crop	Frac <sub>renew</sub>	R <sub>AG</sub>	N <sub>AG</sub>	Frac <sub>remove</sub>	R <sub>BG</sub>	N <sub>BG</sub>	Azoto nei residui colturali [ t N/anno]
Cereali	1.967,56	1,00	0,002287	0,006	0,6	0,7232	0,0090	1,13
Radici e tuberi	2.776,05	1,00	0,002810	0,019	0,7	0,7619	0,0140	3,68
Foraggere temporanee	14.363,51	0,33	0,000564	0,027	0,8	0,6256	0,022	9,27
Foraggere permanenti	15.532,64	0,10	0,000245	0,015	0,8	0,6721	0,012	9,12
<b>TOTALE</b>								<b>23,19</b>

Infine si è considerato il contributo ( $N_2O-N_{PRP}$ ), ovvero l'azoto applicato al suolo da animali allevati a pascolo ("pasture range paddock"). L'equazione di riferimento è stata:

$$(N_2O-N_{PRP}) = [(F_{PRP,CPP} \times EF_{3,PRP,CPP}) + (F_{PRP,SO} \times EF_{3,PRP,SO})] \quad (42)$$

in cui:

- $F_{PRP}$  rappresenta l'importo annuo di azoto derivante dal deposito di urina e sterco



degli animali al pascolo [kg N/anno], ovvero l'azoto escreto totale annuo degli animali pascolanti, già stimato e desumibile dalla Tabella 3.29. I pedici CPP e SO si riferiscono, rispettivamente, a bovini, pollame e suini (Cattle, Poultry and Pigs), ovini e altri animali (Sheep and Other);

- $EF_3$  [kg N<sub>2</sub>O-N/kg N] è il fattore di emissione derivante dalla gestione di urina e letame depositati nei pascoli che varia in funzione del tipo di bestiame, per bovini, pollame e suini ( $EF_{3CPP} = 0,02$ ), pecore e altri animali ( $EF_{3SO} = 0,01$ ).

L'azoto prodotto dagli animali al pascolo è stato calcolato a partire dal dato di attività degli animali allevati in modo estensivo e dal fattore di emissione di default IPCC, sopra citato.

**Tabella 3.44 Emissioni dirette di N<sub>2</sub>O da azoto applicato al suolo da animali al pascolo.**

Tipologia allevamento	Azoto Totale Escreto (F <sub>PRP</sub> ) [kg N/anno]	EF [kg N <sub>2</sub> O-N/kgN]	Emissioni [t N <sub>2</sub> O/anno]
Bovini da carne	23.284,80	0,02	0,73
Bovini da latte	15.272,00	0,02	0,48
Ovini	9.525,51	0,01	0,15
Caprini	6.533,46	0,01	0,10
Equini	5.638,68	0,01	0,09
<b>TOTALE</b>			1,55

In Tabella 3.45 sono riportati i valori di emissioni dirette di protossido d'azoto da gestione dei suoli agricoli.

**Tabella 3.45 Emissioni dirette annue di N<sub>2</sub>O per gestione dei suoli agricoli.**

Fonte di azoto	Nomenclatura	Quantità [t N/anno]	EF [kg N <sub>2</sub> O-N/kg N]	Emissioni [t N <sub>2</sub> O/anno]
Fertilizzanti sintetici	F <sub>SN</sub>	112,09	0,01	1,76
Ammendanti, fertilizzanti organici, gestione del letame	F <sub>ON</sub>	21,02	0,01	0,33
Residui colturali	F <sub>CR</sub>	23,19	0,01	0,36
Escrezioni al pascolo	F <sub>PRP (CPP)</sub>	38,56	0,02	1,21
Escrezioni al pascolo	F <sub>PRP (SO)</sub>	21,70	0,01	0,34

### **Emissioni indirette**

Oltre alle emissioni dirette di N<sub>2</sub>O dalla gestione dei suoli agricoli, che avvengono attraverso una via diretta (cioè direttamente dai terreni a cui è applicato N), si possono avere emissioni di N<sub>2</sub>O anche attraverso due vie indirette:

tramite la **volatilizzazione** di N come NH<sub>3</sub> e degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), e successiva deposizione di questi gas e dei loro prodotti NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sui terreni e sulla superficie dei laghi e altre acque;

oppure tramite **lisciviazione e deflusso dalla terra** di N dall'applicazione di fertilizzanti sintetici o organici, residui colturali, e **mineralizzazione** di N stesso.

Le emissioni indirette costituiscono una frazione minoritaria ma non trascurabile delle

emissioni di  $N_2O$  e sono una diretta conseguenza dell'utilizzo dei fertilizzanti.

Sono stati impiegati come dati di attività i dati di distribuzione dei fertilizzanti sintetici semplici e composti su riportati, e come fattori di emissione i valori di default IPCC, utilizzando quindi una metodologia di livello Tier 1.

L'equazione utilizzata per la stima delle emissioni indirette da volatilizzazione [kg  $N_2O - N$ /anno] è stata:

$$(N_2O_{(ATD)} - N) = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF} + (F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4 \quad (43)$$

in cui:

- $F_{SN}$  è il totale di fertilizzante azotato applicato ai suoli nell'anno [kg N/anno];
- $\text{Frac}_{GASF}$  è la frazione di fertilizzante azotato che volatilizza [kg  $(NH_3 - N) + (NO_x - N)$ /kg N applicato];
- $F_{ON}$  è l'importo annuo di concime animale gestito, compost, fanghi di depurazione e altre aggiunte organiche azotate, applicata ai terreni [kg N/anno];
- $F_{PRP}$  è l'importo annuo di urina e sterco azotati depositati dagli animali al pascolo sui terreni [kg N/anno];
- $\text{Frac}_{GASM}$  è la frazione di materiali organici fertilizzanti azotati applicati ( $F_{ON}$ ) e di urina e di sterco depositati dagli animali al pascolo ( $F_{PRP}$ ) che volatilizza come  $NH_3$  e  $NO_x$  [kg  $(NH_3 - N) + (NO_x - N)$ /kg N applicato o depositato];
- $EF_4$  è il fattore di emissione per le emissioni di  $N_2O$  per volatilizzazione [kg  $N_2O - N$  /kg  $(NH_3 - N) + (NO_x - N)$  volatilizzato].

mentre per l'azoto lisciviato annualmente [kg  $N_2O - N$  /anno] l'espressione utilizzata è stata la seguente:

$$(N_2O_{(L)} - N) = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times \text{Frac}_{LEACH-(H)} \times EF_5 \quad (44)$$

in cui:

- $F_{SN}$ ,  $F_{ON}$ ,  $F_{PRP}$  hanno lo stesso significato dei termini corrispondenti della precedente sezione [kg N/anno];
- $F_{CR}$  rappresenta l'ammontare annuo di azoto nei residui colturali (sopra e sotto-terra) e nelle colture, anche da foraggio/pascolo, che torna ai terreni annualmente, laddove la lisciviazione si verifica [kg N/anno];
- $F_{SOM}$  è il totale annuale di azoto mineralizzato nei suoli organici minerali associati alla perdita di carbonio dovuti ai cambiamenti di uso del suolo [kg N/anno];
- $\text{Frac}_{LEACH-(H)}$  è la frazione di tutto l'azoto aggiunto o mineralizzato durante la gestione dei suoli nei terreni lisciviati [kg N/kg N aggiunto];
- $EF_5$  è il fattore di emissione per le emissioni di  $N_2O$  da lisciviazione [kg  $N_2O - N$  /kg N lisciviato].

Entrambe le equazioni, per poter ottenere le emissioni indirette di N<sub>2</sub>O, vanno moltiplicate per il fattore di conversione 44/28, come di seguito indicato.

$$\text{Emissioni N}_2\text{O}_{\text{indir}} = \left[ (\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})} - \text{N}) + (\text{N}_2\text{O}_{(\text{L})} - \text{N}) \right] \times \frac{44}{28} \quad (45)$$

I fattori di emissione utilizzati sono costituiti da valori di default IPCC (Tabella 3.46).

**Tabella 3.46 Fattori di emissione del protossido d'azoto per volatilizzazione e lisciviazione dei fertilizzanti (IPCC, 2006).**

Tipo di fertilizzanti	EF <sub>4</sub> [kg N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>x</sub> vol.]	EF <sub>5</sub> [kg N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>x</sub> lisc.]
Sintetici	0,01	0,0075
Organici	0,01	0,0075
Ammendanti (escrezioni al pascolo)	0,01	0,0075

In Tabella 3.47 sono presentate le emissioni indirette di protossido d'azoto per volatilizzazione dei fertilizzanti e per lisciviazione.

**Tabella 3.47 Emissioni indirette annue di N<sub>2</sub>O per gestione dei suoli agricoli.**

Fonte di azoto	Quantità [kg N/anno]	Frazione che gasifica	Frazione che liscivia	EF		Emissioni indirette di N <sub>2</sub> O [t N <sub>2</sub> O/anno]	
		FRAC <sub>gasf</sub> [(kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N)/kg N]	FRAC <sub>leach-(H)</sub> (kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N)/kg N]	EF <sub>4</sub>	EF <sub>5</sub>	per volatilizzaz.	per lisciviaz.
Fertilizzanti sintetici	112.090,00	0,10	0,30	0,010	0,0075	0,176	0,396
Ammendanti, fertilizzanti organici, gestione del letame	21.020,00	0,20	0,30	0,010	0,0075	0,066	0,074
Residui colturali	23.192,55	--	0,30	--	0,0075	--	0,082
Escrezioni al pascolo (cpp)	38.556,80	0,20	0,30	0,010	0,0075	0,121	0,136
Escrezioni al pascolo (so)	21.697,65	0,20	0,30	0,010	0,0075	0,068	0,077

### **Applicazione di urea al suolo**

L'urea, oltre ad essere fonte di emissioni di protossido di azoto come gli altri fertilizzanti sintetici, è anche fonte di anidride carbonica che viene rilasciata durante la degradazione della molecola. L'equazione dell'IPCC per il calcolo delle emissioni di anidride carbonica dovute all'utilizzo di urea è la seguente:

$$\text{Emissioni CO}_2 = M \times EF \quad (46)$$

dove:

- M è la quantità di urea applicata [t/anno];
- EF è il fattore di emissione, equivalente al contenuto in carbonio nell'urea, pari a 0.2 t

C/anno.

Anche in questo caso il dato di attività è stato ricavato da dati ISTAT. Di seguito i risultati ottenuti.

**Tabella 3.48 Emissioni di CO<sub>2</sub> da applicazione di urea al suolo.**

Urea applicata al suolo [t/anno]	EF [t C/t urea]	Emissioni [t CO <sub>2</sub> /anno]
31,23	0,20	22,91

In Tabella 3.49 è riportato il quadro riepilogativo del Settore Agricoltura, per ogni settore di attività sopra trattato.

**Tabella 3.49 Emissioni relative al settore agricoltura, per il Comune di Reggio Calabria, 2009.**

Gas serra	Settore	Emissioni [t/anno]	GWP <sub>100</sub>	Emissioni [t CO <sub>2eq</sub> /anno]
CH <sub>4</sub>	Fermentazione enterica degli animali	116,49	25	2.912,25
CH <sub>4</sub>	Gestione del letame	28,96	25	724,00
N <sub>2</sub> O	Gestione del letame (dirette + indirette)	0,27	298	80,46
N <sub>2</sub> O	Gestione dei suoli agricoli – (dirette + indirette)	5,21	298	1.551,98
CO <sub>2</sub>	Utilizzo di urea	22,91	1	22,91
<b>TOTALE</b>				<b>5.291,60</b>

Il bilancio complessivo delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra del settore agricoltura, foreste ed uso del suolo è riportato in Tabella 3.50.

**Tabella 3.50 Emissioni relative al settore AFOLU per il Comune di Reggio Calabria, 2009.**

Gas serra	Settore	Emissioni [t/anno]	GWP <sub>100</sub>	Emissioni [t CO <sub>2eq</sub> /anno]
CO <sub>2</sub>	Uso di urea	22,91	1	22,91
CO <sub>2</sub>	Assorbimento forestale ed agricolo	11.682,09	1	-11.682,09
CO <sub>2</sub>	Utilizzazioni forestali	2.362,55	1	2.362,55
CO <sub>2</sub>	Incendi	16.910,51	1	16.910,51
CH <sub>4</sub>	Fermentazione enterica degli animali	116,49	25	2.912,25
CH <sub>4</sub>	Gestione del letame	28,96	25	724,00
N <sub>2</sub> O	Gestione del letame (dirette + indirette)	0,27	298	80,46
N <sub>2</sub> O	Gestione dei suoli agricoli (dirette + indirette)	5,21	298	1.551,98
<b>TOTALE</b>				<b>12.882,57</b>

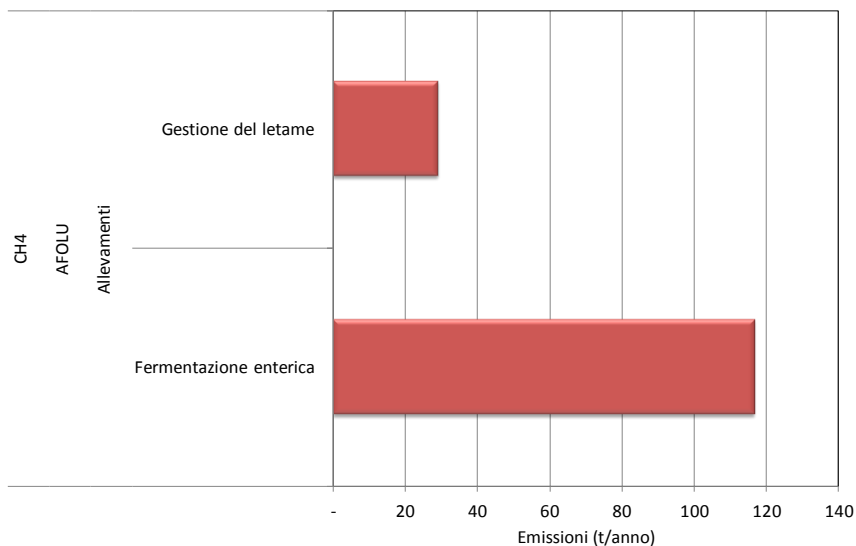


Figura 3.16 Emissioni di metano per il Settore AFOLU.

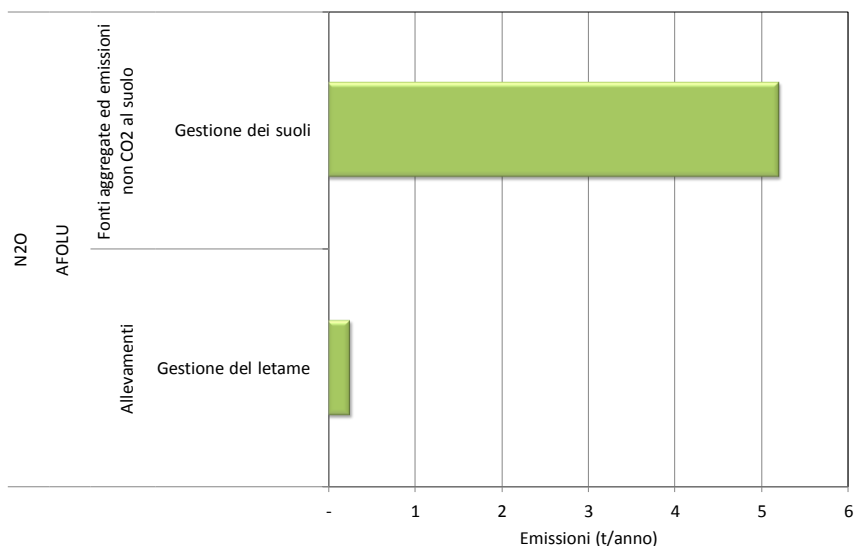


Figura 3.17 Emissioni di protossido d'azoto per il Settore AFOLU.

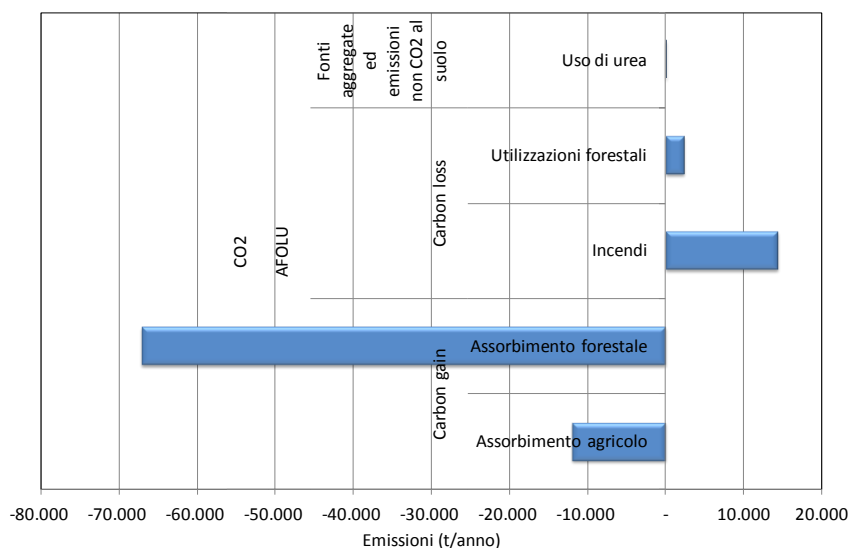


Figura 3.18 Emissioni di anidride carbonica per il Settore AFOLU.

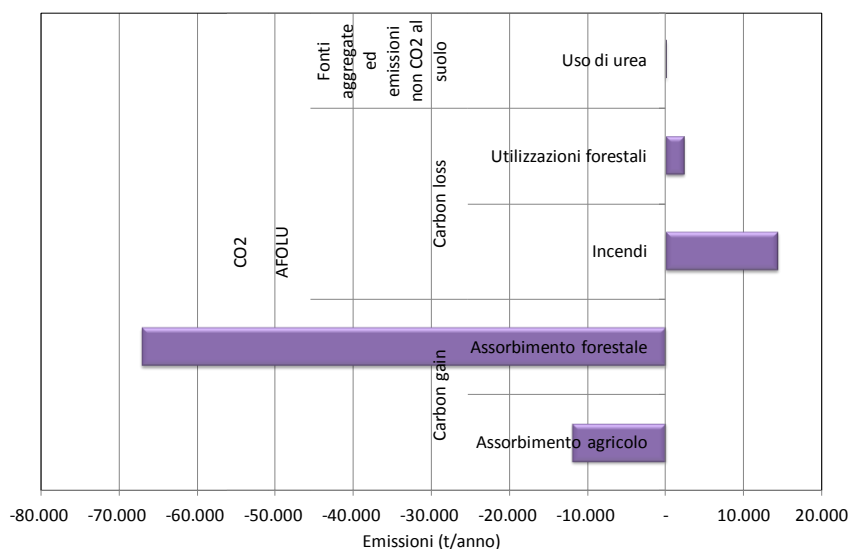


Figura 3.19 Emissioni di CO<sub>2eq</sub> per il Settore AFOLU.

In termini di CO<sub>2eq</sub>, andando ad escludere, com'è ovvio, il contributo dell'assorbimento di carbonio da parte delle categorie forestale ed agricola, si osserva che una buona percentuale di emissioni del Settore AFOLU, che include (alla luce dell'integrazione del comparto LULUCF con quello dell'Agricoltura nelle Linee Guida IPCC del 2006) anche le emissioni provenienti dalla perdita di suolo dovuta ad incendi ed utilizzazioni forestali, si osserva che, di fatto, proprio queste sarebbero le sotto-categorie maggiormente emmissive (Figura 3.20).

Considerando, invece, il settore AFOLU senza il LULUCF, allora il maggiore contributo in percentuale di emissioni di CO<sub>2eq</sub> è rappresentato dalla sotto-categoria allevamenti, in particolare dalla fermentazione enterica degli animali.

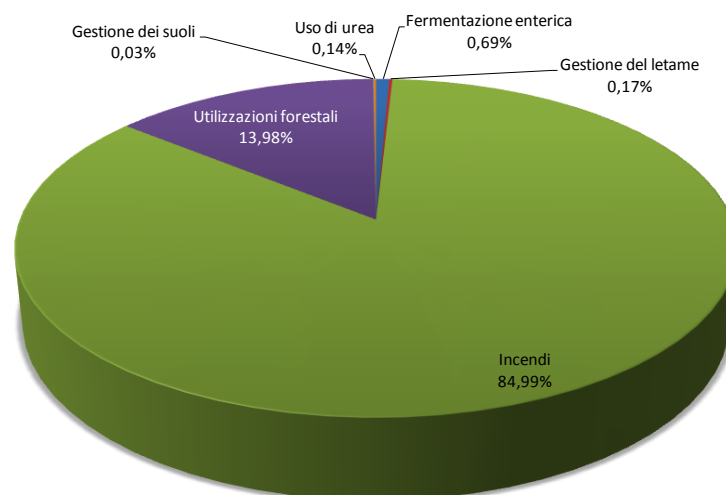


Figura 3.20 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO<sub>2</sub>eq per le sotto-categorie del Settore AFOLU, comprensive del contributo del "carbon loss".

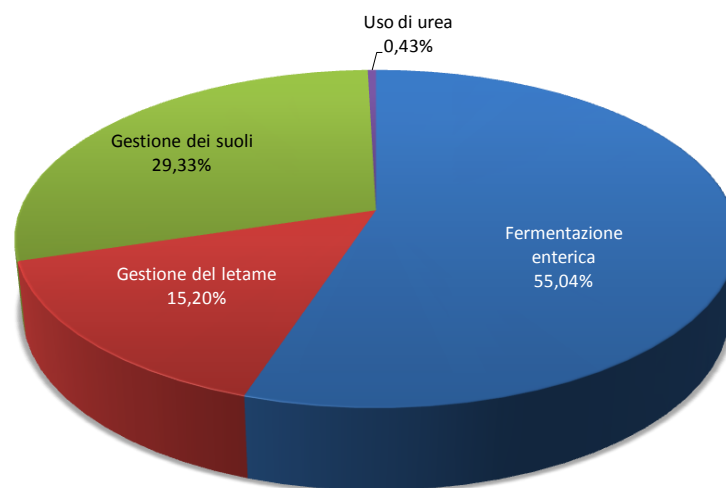


Figura 3.21 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO<sub>2</sub>eq per le sotto-categorie del Settore AFOLU, senza il contributo del "carbon loss".

### 3.8 Risultati aggregati

Nel presente paragrafo vengono riportati in forma grafica alcuni risultati aggregati. Nelle prime tre figure vengono riportati i contributi percentuali dei vari settori (Energia, Rifiuti, AFOLU) alle emissioni dei singoli gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). In Figura 3.25 vengono evidenziati i contributi percentuali di ogni settore, sempre in termini di CO<sub>2</sub> equivalente, mentre in Figura 3.26 vengono riportate le emissioni complessive di ogni settore in termini di CO<sub>2</sub> equivalente.

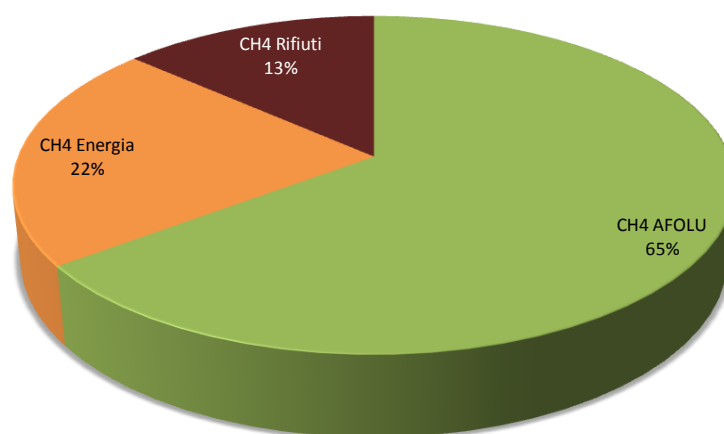


Figura 3.22 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di metano.

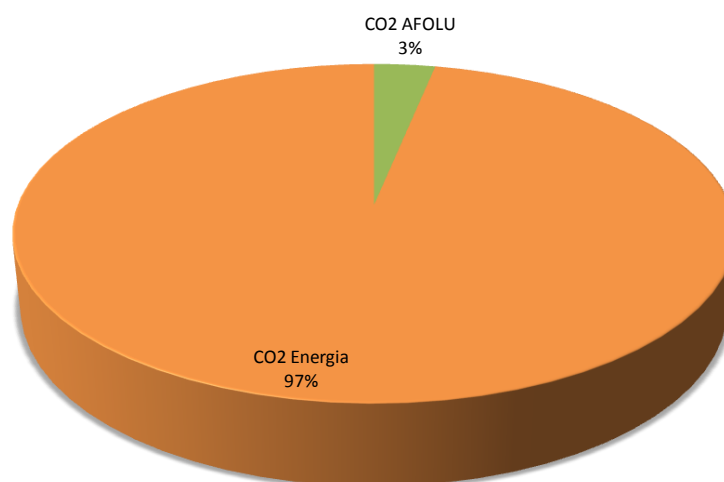


Figura 3.23 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di anidride carbonica.

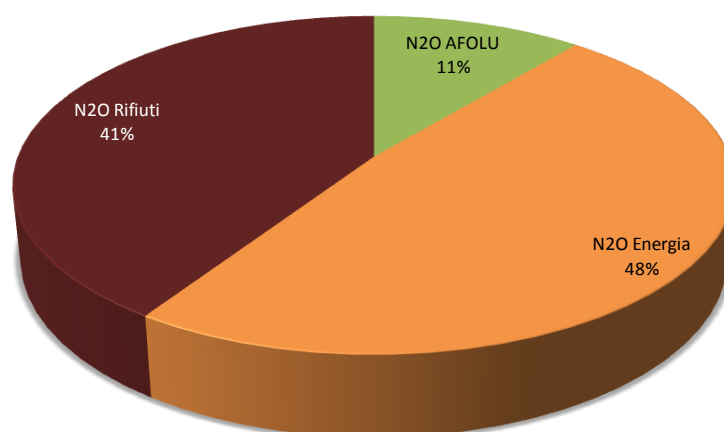


Figura 3.24 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di protossido d'azoto.



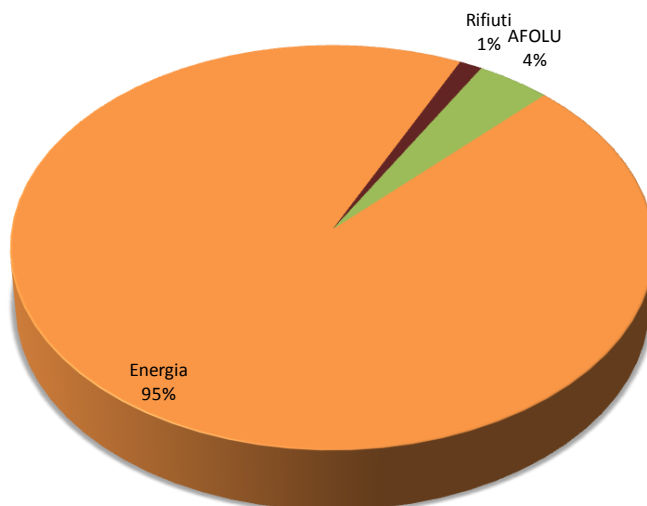


Figura 3.25 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente.

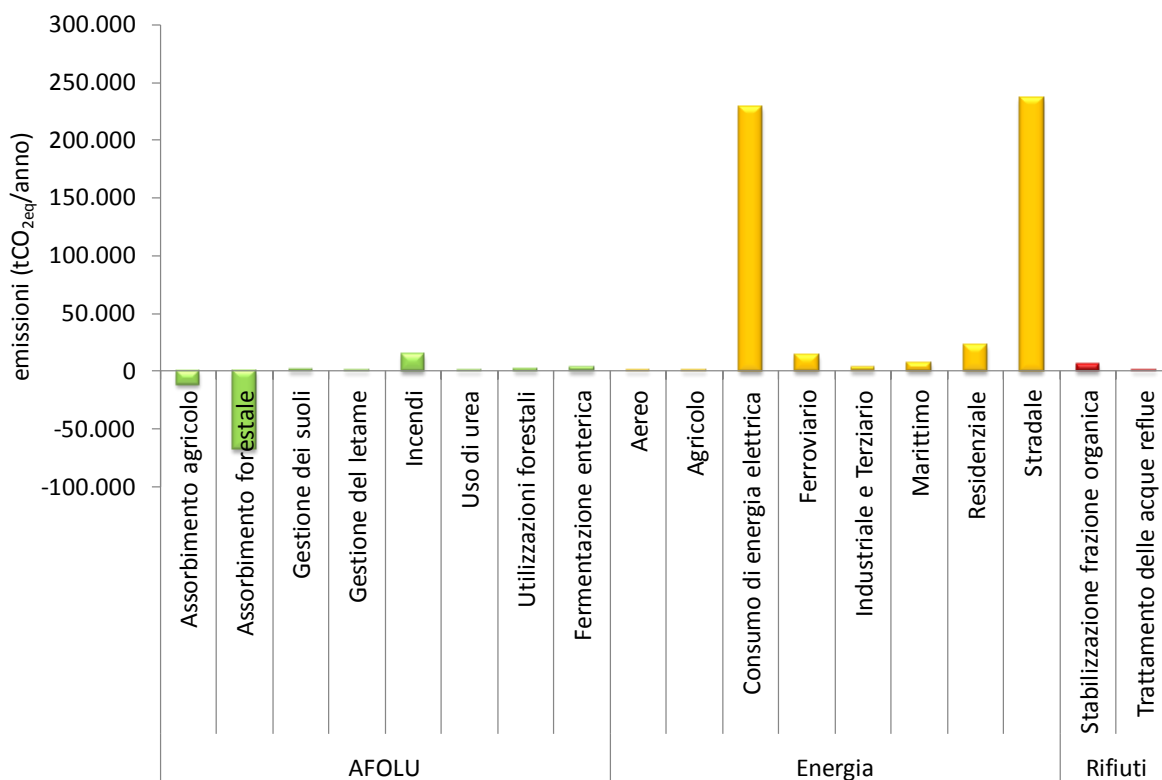


Figura 3.26. Riepilogo complessivo delle emissioni di CO<sub>2</sub>eq per sottocategoria emissiva.

### 3.9 Key Categories ed analisi dell'incertezza

Aver suddiviso le emissioni di gas serra in ambiti settoriali ha avuto lo scopo di identificare le *key categories*, come buona pratica suggerita dalle Linee Guida IPCC. Una *key category* è definita come una fonte di emissione che ha un'influenza significativa sull'inventario del territorio sotto analisi, rispetto alle emissioni totali o rispetto al trend delle emissioni. Il concetto di *key category* è nato escludendo le categorie LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) ma può essere applicato anche a queste categorie.

Individuare le *key categories* per un'amministrazione locale significa:

- potere scegliere l'approccio migliore da utilizzare in fase di realizzazione dell'inventario, anche per le volte successive (approcci top-down e bottom-up, ovvero sostanzialmente qualità del dato e del fattore di emissione prescelti);
- focalizzare le possibili aree di miglioramento, e dunque decidere come agire per ridurre gli impatti in termini di emissioni di gas serra.

Esistono due approcci per identificare le *key categories*.

Secondo il primo approccio le *key categories* sono definite come quelle sorgenti di emissione che rientrano nel 95% delle emissioni cumulative, ordinate per importanza relativa in ordine decrescente. Il secondo approccio si basa sul primo ma è più dettagliato e permette di calcolare l'incertezza complessiva di un inventario, calcolando l'incertezza delle stime delle emissioni a livello di categoria. In questo modo le *key categories* sono quelle che rientrano nel 95% dell'incertezza cumulativa delle categorie, che sono state precedentemente ordinate per incertezza relativa decrescente.

In questo Bilancio sono state individuate le *key categories* con i due approcci suggeriti, prima escludendo le categorie LULUCF e successivamente includendole.

### **Approccio 1**

Secondo questo approccio è necessario valutare il "level assessment", ovvero l'influenza delle varie categorie di emissioni ed assorbimenti sull'intero conteggio. Tale contributo è stimato attraverso la seguente equazione:

$$\text{Level Assessment} = \frac{|\text{Categoria di emissione/rimozione}|}{|\text{Contributo totale}|} \quad (47)$$

Secondo tale equazione le *key categories* sono quelle che, una volta sommate in ordine decrescente di grandezza, rientrano nel 95% delle percentuali cumulative; esse sono state evidenziate in un riquadro a bordo più spesso. Si osserva che, escludendo il Settore LULUCF (carbon gain e carbon loss) le *key categories* sarebbero cinque, mentre includendolo, diventano sette, e comprendono tutte le categorie del carbon gain.

**Tabella 3.51 Risultati dell'analisi delle *key categories* secondo l'Approccio 1, escludendo il settore LULUCF.**

Gas	Settore	Categoria	Sotto categoria	Emissioni [tCO <sub>2eq</sub> /anno]	Level assessment	Percentuale cumulativa
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	230.281,47	0,44	44%
CO <sub>2</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	228.550,45	0,44	87%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	22.071,78	0,04	92%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	12.617,80	0,02	94%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	7.264,34	0,01	95%

N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	5.769,28	0,01	97%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Stradale	5.334,20	0,01	98%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Fermentazione enterica	2.912,25	0,01	98%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2.823,94	0,01	99%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Gestione dei suoli	1.551,98	0,00	99%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Ferroviario	1.451,26	0,00	99%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	1.043,00	0,00	99%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	724,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	676,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	426,57	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	259,26	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	235,42	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	112,21	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	93,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	80,75	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	80,46	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Marittimo	59,60	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	49,25	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Uso di urea	22,91	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	17,75	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	17,25	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	11,92	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	5,96	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2,75	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,50	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,00	100%

N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,00	0,00	100%

**Tabella 3.52 Risultati dell'analisi delle key categories secondo l'Approccio 1, includendo il settore LULUCF.**

Gas	Settore	Categoria	Sotto categoria	Emissioni [tCO <sub>2eq</sub> /anno]	Level assessment	Percentuale cumulativa
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	230.281,47	0,37	37%
CO <sub>2</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	228.550,45	0,37	74%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Assorbimento forestale	67.062,38	0,11	85%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	22.071,78	0,04	88%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Incendi	14.364,13	0,02	91%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviano	12.617,80	0,02	93%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Assorbimento agricolo	11.977,61	0,02	95%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	7.264,34	0,01	96%
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	5.769,28	0,01	97%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Stradale	5.334,20	0,01	98%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Fermentazione enterica	2.912,25	0,00	98%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2.823,94	0,00	99%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Utilizzazioni forestali	2.362,55	0,00	99%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Gestione dei suoli	1.551,98	0,00	99%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Ferroviano	1.451,26	0,00	99%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	1.043,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	724,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	676,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	426,57	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	259,26	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	235,42	0,00	100%

CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	112,21	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	93,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	80,75	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	80,46	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Marittimo	59,60	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	49,25	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Uso di urea	22,91	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	17,75	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	17,25	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	11,92	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	5,96	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2,75	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,50	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,00	0,00	100%

## **Approccio 2**

Questo secondo tipo di approccio, partendo dal primo, lo completa in quanto affianca, alla scelta delle *key categories*, un'analisi di incertezza, necessaria se si considera che gran parte dei dati di attività non sono sempre puntuali o relativi al territorio in esame (sono ad esempio derivati da disaggregazioni o da elaborazioni di vario tipo), così come i fattori di emissione impiegati, spesso, sono desunti da database a scale di livello maggiori di quelli di interesse (regionali, nazionali o addirittura internazionali).

Le Linee Guida IPCC incoraggiano all'impiego di questo approccio, in aggiunta al primo, in quanto è in grado di fornire un'ulteriore motivazione alla scelta delle *key categories*, supportando l'amministratore, o il compilatore, nella definizione delle priorità delle attività per migliorare la redazione di successivi inventari/bilanci, riducendone l'incertezza generale.

Ad esempio, l'ordine delle categorie derivanti dalla Approccio 2 può fornire informazioni utili per la prioritizzazione delle attività di miglioramento.

Pertanto, al fine di valutare l'incertezza associata alla stima delle emissioni/rimozioni di ogni categoria considerata, si è valutata l'incertezza associata al dato di attività e al fattore di emissione utilizzato per ogni categoria.

Nel caso dei fattori di emissione per i quali sono stati adottati valori di default si è utilizzato il valore di incertezza suggerito dalle linee guida IPCC, 2006. Per gli altri dati si è deciso di attribuire l'incertezza in funzione dell'affidabilità del dato di attività.

Per dati provenienti dagli annali statistici nazionali o regionali (ISTAT, APAT, IFN) si è stimata un'incertezza di basso livello. Per dati provenienti da medie europee, si è applicato un livello medio di incertezza, per dati medi mondiali o qualitativi si è considerato un grado di incertezza alto.

**Tabella 3.53 Livelli di incertezza considerati per l'analisi dell'incertezza.**

Grado di incertezza	%	Note
Basso	3-5	Dati su pubblicazioni di statistiche nazionali, regionali
Medio	5-20	Dati su pubblicazioni con riferimento alla scala sopranazionale
Alto	20-50	Dati di medie mondiali, estrapolati o qualitativi

Sono state utilizzate due equazioni IPCC per stimare i livelli di incertezza: la prima consente, combinando tra loro il fattore di emissione ed i dati relativi all'attività, di valutarne l'incertezza associata, la seconda, invece, permette di calcolare l'incertezza globale relativa all'intero Bilancio. Esse sono di seguito riportate.

$$U_{\text{combinata}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2} \quad (48)$$

dove:

- $U_{\text{combinata}}$  è la percentuale di incertezza del prodotto delle quantità;
- $U_i$  è la percentuale di incertezza associata ad ogni termine.

$$U_{\text{totale}} = \frac{\sqrt{(U \cdot x_1)^2 + (U \cdot x_2)^2 + \dots + (U \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|} \quad (49)$$

in cui:

- $U_{\text{totale}}$  è la percentuale di incertezza totale dell'inventario/bilancio;
- $U_i$  ed  $x_i$  sono, rispettivamente, la percentuale di incertezza associata ad ogni termine, e la quantità di incertezza in esame.

**Tabella 3.54 Incertezza combinata associata a tutte le categorie di emissione.**

Gas	Settore	Categoria	Sotto categoria	Incertezza dato di attività	Incertezza FE	Incertezza combinata
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	3	3	0,042
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	3	5	0,058
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	3	5	0,058
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	3	5	0,058
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	3	3	0,042
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	3	3	0,042
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	3	3	0,042
CO <sub>2</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	5	3	0,058
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Stradale	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Ferroviario	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Marittimo	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Aereo	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	3	20	0,202
N <sub>2</sub> O	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	3	20	0,202
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	10	30	0,316
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	3	30	0,301
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Trattamento delle acque	Trattamento delle acque	10	30	0,316

		reflue	reflue			
CO <sub>2</sub>	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Uso di urea	20	50	0,539
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Fermentazione enterica	3	30	0,301
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	5	30	0,304
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	5	30	0,304
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Gestione dei suoli	5	50	0,502
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Assorbimento forestale	5	30	0,304
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Assorbimento agricolo	5	30	0,304
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Incendi	10	20	0,224
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Utilizzazioni forestali	10	20	0,224

Dopo aver calcolato l'incertezza combinata è stato possibile procedere con l'analisi delle *key categories* secondo l'Approccio 2, ovvero ordinando le categorie per incertezza combinata decrescente, e valutando le categorie che coprono il 95% dell'incertezza cumulativa, stimata a partire dai singoli Level Assessment, con la seguente equazione:

$$\text{Level Assessment con incertezza} = \text{Level Assessment} \times U_{\text{combinata}} \quad (50)$$

L'analisi di Tier 2, basata sull'incertezza associata ad ogni categoria è riportata in Tabella 3.55 (escludendo il LULUCF) ed in Tabella 3.56 (compreso il LULUCF).

Da esse emerge, rispettivamente, che le categorie di emissione che coprono il 95% dell'incertezza associata alla stima delle emissioni escludendo il settore LULUCF sono otto, mentre sono dieci includendolo.

L'incertezza complessiva del Bilancio è del 3,2 % nel primo caso, del 4,3% nel secondo.



**Tabella 3.55 Risultati dell'analisi delle key categories secondo l'Approccio 2, escludendo il settore LULUCF.**

Gas	Settore	Categoria	Sotto categoria	Emissioni [tCO <sub>2eq</sub> /anno]	incertezza combinata	Level Assessment	Level assessment con incertezza	Level assessment relativo	incertezza % cumulata
CO <sub>2</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	228.550,45	0,058	0,44	0,03	0,43	43%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	230.281,47	0,042	0,44	0,02	0,32	75%
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	5.769,28	0,301	0,01	0,00	0,06	80%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Stradale	5.334,20	0,202	0,01	0,00	0,03	84%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	22.071,78	0,042	0,04	0,00	0,03	87%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Fermentazione enterica	2.912,25	0,301	0,01	0,00	0,03	89%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Gestione dei suoli	1.551,98	0,502	0,00	0,00	0,03	92%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	12.617,80	0,058	0,02	0,00	0,02	94%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	7.264,34	0,058	0,01	0,00	0,01	96%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Ferroviario	1.451,26	0,202	0,00	0,00	0,01	97%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	724,00	0,304	0,00	0,00	0,01	97%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	676,00	0,316	0,00	0,00	0,01	98%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	1.043,00	0,202	0,00	0,00	0,01	99%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2.823,94	0,042	0,01	0,00	0,00	99%

N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	235,42	0,316	0,00	0,00	0,00	99%
N <sub>2</sub> O	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	259,26	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	80,46	0,304	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	93,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	426,57	0,042	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	80,75	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Uso di urea	22,91	0,539	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Marittimo	59,60	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	49,25	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	112,21	0,058	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Ferrovioario	17,75	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	17,25	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	11,92	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	5,96	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2,75	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,50	0,202	0,00	0,00	0,00	100%

Il Bilancio delle emissioni di gas serra nel Comune di Reggio Calabria

CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%

**Tabella 3.56 Risultati dell'analisi delle key categories secondo l'Approccio 2, includendo il settore LULUCF.**

Gas	Settore	Categoria	Sotto categoria	Emissioni [tCO <sub>2eq</sub> /anno]	incertezza combinata	Level Assessment	Level assessment con incertezza	Level assessment relativo	incertezza % cumulata
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Assorbimento forestale	67.062,38	0,304	0,11	0,03	0,35	35%
CO <sub>2</sub>	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	228.550,45	0,058	0,37	0,02	0,23	57%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	230.281,47	0,042	0,37	0,02	0,17	74%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Assorbimento agricolo	11.977,61	0,304	0,02	0,01	0,06	80%
CO <sub>2</sub>	AFOLU	LULUCF	Incendi	14.364,13	0,224	0,02	0,01	0,05	86%
CO <sub>2</sub>	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	5.769,28	0,301	0,01	0,00	0,03	89%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Stradale	5.334,20	0,202	0,01	0,00	0,02	90%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	22.071,78	0,042	0,04	0,00	0,02	92%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Fermentazione enterica	2.912,25	0,301	0,00	0,00	0,01	94%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Gestione dei suoli	1.551,98	0,502	0,00	0,00	0,01	95%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	12.617,80	0,058	0,02	0,00	0,01	96%

CH <sub>4</sub>	AFOLU	LULUCF	Utilizzazioni forestali	2.362,55	0,224	0,00	0,00	0,01	97%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	7.264,34	0,058	0,01	0,00	0,01	98%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Ferrovioario	1.451,26	0,202	0,00	0,00	0,00	98%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	724,00	0,304	0,00	0,00	0,00	99%
CH <sub>4</sub>	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	676,00	0,316	0,00	0,00	0,00	99%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Stradale	1.043,00	0,202	0,00	0,00	0,00	99%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2.823,94	0,042	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Trattamento delle acque reflue	Trattamento delle acque reflue	235,42	0,316	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	259,26	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	AFOLU	Allevamenti	Gestione del letame	80,46	0,304	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	93,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	426,57	0,042	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Rifiuti	Compostaggio	Stabilizzazione frazione organica	80,75	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	AFOLU	Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo	Uso di urea	22,91	0,539	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	59,60	0,202	0,00	0,00	0,00	100%

Il Bilancio delle emissioni di gas serra nel Comune di Reggio Calabria

N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	49,25	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Trasporti	Aereo	112,21	0,058	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Ferroviario	17,75	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Trasporti	Marittimo	17,25	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CH <sub>4</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Residenziale	11,92	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	5,96	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
N <sub>2</sub> O	Energia	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2,75	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,50	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Trasporti	Aereo	0,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%
CO <sub>2</sub>	Energia	Combustione stazionaria	Agricolo	0,00	0,202	0,00	0,00	0,00	100%

### 3.10 Bilancio finale delle emissioni dei gas serra

Le emissioni lorde complessive di gas serra per la Provincia di Siena al 2007 sono riportate, per settore di emissione, in Tabella 3.57.

Tabella 3.57 Emissioni complessive suddivise per sotto-categoria di emissione.

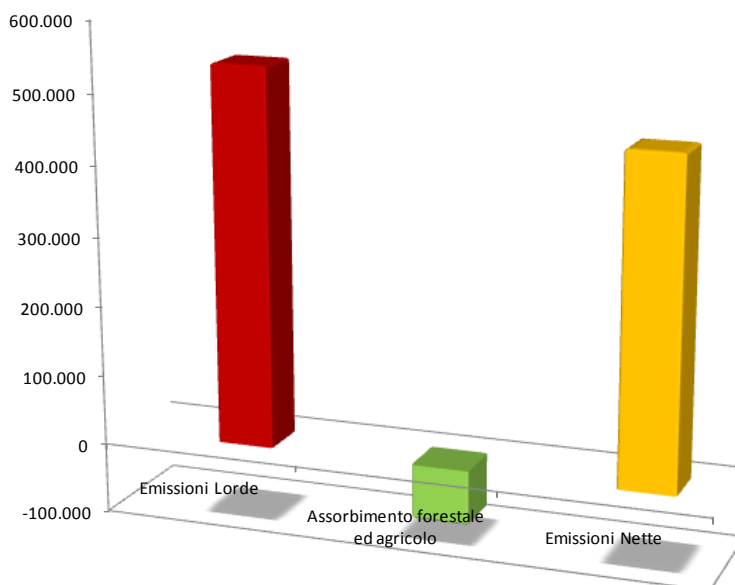
Settore	Categoria	Sotto categoria	Emissioni [tCO <sub>2eq</sub> /anno]
Energia	Trasporti	Stradale	236.658,67
		Ferroviario	14.086,81
		Marittimo	7.341,19
		Aereo	112,21
	Combustione stazionaria	Industriale e Terziario	2.832,65
		Agricolo	427,07
		Residenziale	22.132,95
Produzione e consumo di energia elettrica	Consumo di energia elettrica importata	228.902,71	
		<b>TOTALE SETTORE</b>	512.494,26
Rifiuti	Compostaggio	Compostaggio	5.850,03
	Depurazione delle acque reflue	Depurazione delle acque reflue	911,42
		<b>TOTALE SETTORE</b>	6.761,45
Afolu	Agricoltura	Allevamenti	2.912,25
		Gestione del letame	804,46
		Gestione dei suoli	1.551,98
		Uso di urea	22,91
	Land Use, Land-Use Change and Forestry	Variazione dello stock di carbonio	-95.766,67
		<b>TOTALE SETTORE</b>	-90.475,06
		<b>Totale Emissioni</b>	428.780,65

Il vero e proprio bilancio dei gas serra avviene solamente per l'anidride carbonica, sottraendo alle emissioni totali di CO<sub>2</sub> la rimozione effettuata nell'anno dell'inventario con l'accrescimento della biomassa degli ecosistemi forestali e agrari.

Dalla sottrazione tra le emissioni lorde (incluse le emissioni da perdita di carbonio dovuta ad incendi ed utilizzazioni forestali) e le rimozioni di CO<sub>2</sub> da parte delle specie forestali ed agrarie si ottiene il bilancio delle emissioni e si può calcolare la percentuale di assorbimento sul totale delle emissioni (Tabella 3.58 e Figura 3.27).

**Tabella 3.58 Bilancio finale delle emissioni di gas serra nel Comune di Reggio Calabria, anno 2009.**

Bilancio finale	tCO <sub>2eq</sub> /anno
Emissioni Lorde	541.273,99
Assorbimento forestale ed agricolo	79.039,99
Emissioni Nette	462.234,01
% di abbattimento sul totale	14,6%



**Figura 3.27. Bilancio delle emissioni dei gas serra per il Comune di Reggio Calabria, 2009.**

Nel 2009 lo scenario emissivo nazionale si presentava nel modo seguente (ISPRA, 2011):

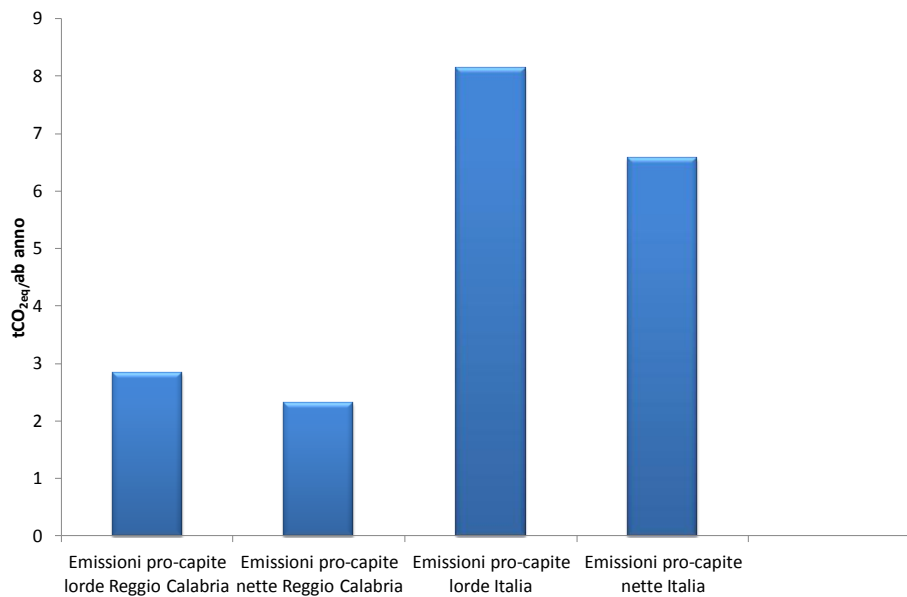
**Tabella 3.59 Inventario delle emissioni nazionali al 2009 (ISPRA, 2011)**

Settore	Emissioni (GgCO <sub>2eq</sub> )
Energia	406.743,19
Processi Industriali	29.939,54
Uso di solventi ed altri prodotti	1.861,59
Agricoltura	34.481,12
LULUCF	-94.670,97
Rifiuti	18.094,14
<b>Totale</b>	<b>396.448,61</b>

Pertanto, considerando che, nel 2009, gli abitanti del Comune di Reggio Calabria erano pari (a fine anno) a 185.854 (ISTAT), mentre l'intera popolazione italiana ammontava a 60.340.328 abitanti, si possono formulare e raffrontare i seguenti indicatori, facendo riferimento alle Tabella 3.57 e Tabella 3.59:

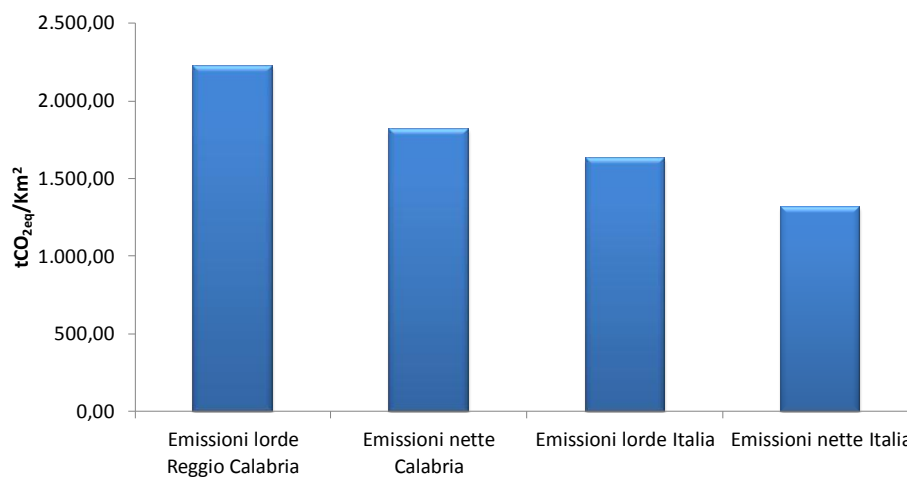
**Tabella 3.28. Confronto delle emissioni pro-capite e per unità di superficie tra il Comune di Reggio Calabria e l'Italia, nel 2009.**

<b>Emissioni</b>	<b>Reggio Calabria</b>	<b>Italia</b>
pro-capite lordi (tCO <sub>2eq</sub> /ab anno)	2,82	8,14
pro-capite nette (tCO <sub>2eq</sub> /ab anno)	2,31	6,57
per unità di superficie lordi (tCO <sub>2eq</sub> /Km <sup>2</sup> anno)	2.222,47	1.629,79
per unità di superficie nette (tCO <sub>2eq</sub> /Km <sup>2</sup> anno)	1.816,71	1.315,62



**Figura 3.29. Confronto delle emissioni pro-capite tra il Comune di Reggio Calabria e l'Italia nel 2009.**

Infine, considerando le emissioni per unità di superficie, si ha:



**Figura 3.30. Confronto delle emissioni per unità di superficie tra il Comune di Reggio Calabria e l'Italia nel 2009.**



## Bibliografia

- ANPA, (2001). *Linee guida agli inventari locali di emissioni in atmosfera*. Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente. Roma, 2001.
- APAT, 2002. *Manuale dei fattori di emissione nazionali*. Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in Aria. Aggiornamenti su <http://www.sinanet.apat.it/it/inventaria/disaggregazione-2000/db>
- Asman, W.A.H., Sutton, M.A. and Schjoerring, J.K., (1998). *Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition*. New Phytol., 139, p. 27-48.
- Bonciarelli F., Bonciarelli U. (2003). *Agronomia*. Edagricole Scolastico.
- Comune di Reggio Calabria. *Piano Economico dei Beni Silvopastorali del Comune di Reggio Calabria*.
- Comune di Reggio Calabria. *Piano di Gestione Forestale del Comune di Reggio Calabria*.
- Corine Land Cover, (2006). ISPRA.
- Cossu R., (2004). *Il bilancio di massa come chiave per la sostenibilità - Atti del seminario: La nuova discarica controllata, 19-21 Maggio 2004, Praglia, Padova*.
- Cotana F., Costarelli I., (2005). *Impianti sperimentali per il recupero energetico da potature di vite, olivo e frutteti*. Università degli Studi di Perugia, Centro di Ricerca sulle Biomasse.
- De Stefanis P., Landolfo P.G., Mininni G. (1998). *Gestione dei rifiuti ed effetto serra*. Conferenza nazionale energia ambiente.
- EEA, (2007) EMEP/CORINAIR *Emission Inventory Guidebook – 2007*. Technical report No 16/2007. European Environment Agency.
- ENEA, (2008). *Riduzione delle emissioni e sviluppo delle rinnovabili: quale ruolo per stato e regione?* Atti del Workshop 18 Aprile 2008, Roma.
- ENEA, (2009). Bemporad E. (ISPESL), Coronidi M. (ENEA), Sagnotti G. (MATTM). *La riduzione delle emissioni di gas-serra nel settore della gestione dei rifiuti: un contributo agli obiettivi del protocollo di Kyoto*.
- Giardini L., (2002). *Agronomia generale ambientale e aziendale*. Pàtron Editore.
- Giordano G., (1980). *Tecnologia del Legno*. Hoepli. Milano.
- GUCE, (2003). *Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 2003, che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra nelle comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio*. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea L. 275/32 del 25 ottobre 2003.
- INEA, (2009). *Gli accordi volontari per la compensazione della CO<sub>2</sub>. Indagine conoscitiva per il settore forestale in Italia*. Roma.
- INFC, (2005). *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio*. Corpo Forestale dello Stato, Roma.
- IPCC, (2003) *Lulucf Sector Good Practice Guidance*.
- IPCC, (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Published by the Institute for Global Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- IPCC, (2007). *Climate change 2007 – The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
- ISPRA, (2008). *Il rapporto rifiuti 2007*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- ISPRA, (2009). *La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni. Anni 1990-*

- 1995-2000-2005. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- ISPRA, (2011). *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2009*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, Aprile 2011.
- ISTAT, (2000). *5° Censimento dell'Agricoltura*.
- Masotti L., 2002. *Depurazione delle acque*. Calderini Editore – Bologna.
- Metcalf & Eddy, (2006). *Ingegneria delle acque reflue - Trattamento e riuso 4/ed*. Hoepli Editore, Milano.
- MATTM, (2007). *Fourth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change, Ministry for the Environment, Land and Se*. Novembre 2007.
- MIT, (2008). *Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti Anni 2006-2007*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma.
- Monteny, G.J. and Erisman, J.W., (1998). *Ammonia emissions from dairy cow buildings: A review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction*. Neth. J. Agric. Sci., 46, p. 225-247.
- Provincia di Siena, (2009, 2010). *Progetto Reges. Progetto per la verifica e la certificazione della Riduzione delle Emissioni di Gas a Effetto Serra per il territorio della Provincia di Siena (anni 2006 e 2007)*.
- Regione Calabria, (2007). *Disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue provenienti dalle aziende di cui all'art. 101, comma 7, lettere a), b), c) del decreto legislativo n. 152/2006 e delle piccole aziende agroalimentari" (art. 38 D.Lgs 152/1999) e modifiche al Programma d'azione di cui alla DGR n. 393/2006. Allegato I*.
- Ridolfi, R., Kneller, M., Donati, A., Pulselli, R.M. (2008). *The greenhouse gas inventory of the Province of Siena*. Journal of Environmental Management, 82(2), 365-371.
- UNI, (2006). UNI ISO 14064. *Gas ad effetto serra. Parte 1: Specifiche e guida, al livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione; Parte 2: Specifiche e guida, al livello di progetto, per la quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra o dell'aumento della loro rimozione; Parte 3: Specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra* - Milano.
- <http://www.acquereggine.com/>
- <http://agri.istat.it/>
- <http://demo.istat.it/>
- <http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/venditeprovinciali.asp/>
- <http://statistiche.izs.it/>
- <http://www.sinanet.apat.it/it/inventaria/disaggregazione-2000/db/>
- <http://www.terna.it>

## Capitolo 4. Il contributo dei vari settori. Confronto con la situazione europea e nazionale.

### 4.1 Introduzione

Si è già detto nel Capitolo 1 di questo lavoro di Tesi che, ai sensi degli articoli 4 e 12 della Convenzione sui cambiamenti climatici, e delle relative decisioni della Conferenza delle Parti, tutti i Paesi che sono parte della Convenzione devono presentare annualmente i propri **inventari di gas serra nazionali** alla Segreteria dell'UNFCCC, redatti sulla base delle Linee Guida IPCC.

Tali dati sono forniti sotto forma di trasmissione annuale dell'inventario dei gas serra per tutte le Parti dell'Annesso I, mentre gli altri Paesi, non rientranti nell'Annesso 1, sono sottoposti al solo obbligo di comunicazione annuale.

A tal proposito si riportano di seguito i 42 Paesi dell'Annesso 1, di cui 26 (sottolineati) fanno parte dell'Unione Europea:

Australia, Austria, Bielorussia, Belgio, Bulgaria, Canada, Croazia, Danimarca, Estonia, Federazione Russa, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Islanda, Irlanda, Italia, Giappone, Lettonia, Liechtenstein, Lituania, Lussemburgo, Malta, Monaco, Norvegia, Nuova Zelanda, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Stati Uniti d'America, Svezia, Svizzera, Turchia, Ucraina, Ungheria, Unione Europea.

In particolare sono presenti tutti i Paesi dell'Unione Europea, con l'eccezione di Cipro, che, pur essendo membro dell'UNFCCC, non rientra né nell'Annesso I, né nell'Annesso II.

Contestualmente a questa iniziativa internazionale anche l'Unione Europea ha dettato e continua a dettare delle linee di indirizzo per pianificare strategie di contenimento delle emissioni e per ottenere degli indicatori utili a conoscere lo stato dell'arte del sistema. Oltre alle iniziative di cui si è ampiamente discusso nel Capitolo 1, volte a raggiungere gli ambiziosi obiettivi prefissati, primo tra tutti il noto pacchetto clima-energia 20/20/20, tante altre attività sono state messe in atto dall'UE, e stanno portando a degli ottimi risultati, tra cui il **Patto dei Sindaci** (Covenant of Mayors), che verrà descritto meglio nel Capitolo successivo. Tale Patto, in sintesi, è rivolto alle città europee di ogni dimensione, con la finalità di coinvolgere in maniera volontaria gli Amministratori pubblici e i cittadini nello sviluppo della politica energetica dell'Unione europea. Esso consiste nell'impegno delle città firmatarie ad andare oltre gli obiettivi della UE per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> con misure di efficienza energetica e azioni collegate allo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili. L'obiettivo minimo consiste nel ridurre del 20% le emissioni di gas serra entro il 2020.

Il Patto dei Sindaci, poiché volto sostanzialmente alla riduzione dei consumi e delle

emissioni del Settore Energia, prevede la redazione di un Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES), che si basa prima di tutto sulla compilazione di un Inventario di Base delle Emissioni (IBE), il quale deve fornire indicazioni sulle fonti di CO<sub>2</sub> presenti sul territorio comunale/provinciale. L’IBE è, pertanto, un prerequisito essenziale per l’elaborazione del PAES, in quanto permette di individuare gli interventi più appropriati. Gli inventari effettuati negli anni successivi permetteranno di valutare il livello di riduzione di CO<sub>2</sub> e, se necessario, di prendere ulteriori provvedimenti.

In questo capitolo si vuole effettuare il confronto dello stato del Comune di Reggio Calabria, a livello di emissioni e di rimozioni, con quello offerto dal panorama europeo e nazionale, al fine di maturare, attraverso l’elaborazione di **indicatori** opportuni, un **benchmarking** significativo con le realtà più prossime.

Un indicatore è, in generale, lo strumento di misurazione migliore in grado di fornire una rappresentazione sintetica del fenomeno indagato, in modo da conservare il contenuto informativo dell’analisi. Al fine di potere valutare il grado di sostenibilità di un territorio è necessario integrare indicatori economici, sociali ed ambientali (Tenuta, 2009).

Pertanto l’utilizzo di indicatori, soprattutto se comparati, si rivela fondamentale nei processi decisionali, in quanto consente la valutazione immediata degli impatti significativi di un Settore, o di una categoria, e la loro quantificazione, rappresentando in forma sintetica una realtà molto articolata e complessa. In particolare tale utilizzo consente:

- di monitorare l’evoluzione di un fenomeno facilitando il confronto dei dati e di orientare le scelte di programmazione e pianificazione verso approcci e modelli gestionali maggiormente sostenibili;
- di facilitare la divulgazione e la comunicazione agli utilizzatori dei risultati delle indagini.

A tal riguardo è doveroso fare un accenno (in quanto meriterebbe spazi ben maggiori, ma tale argomento non rientra specificamente in questo lavoro di Tesi) al cosiddetto software “*dashboard*”, o “*cruscotto della sostenibilità*”, attraverso il quale un qualsiasi soggetto, che può essere un esperto, ma anche un decisore pubblico, o un Ente, o un cittadino qualunque, può comprendere il livello di sostenibilità di un dato territorio, leggendo i grafici in output dallo stesso software (Tenuta, 2009).

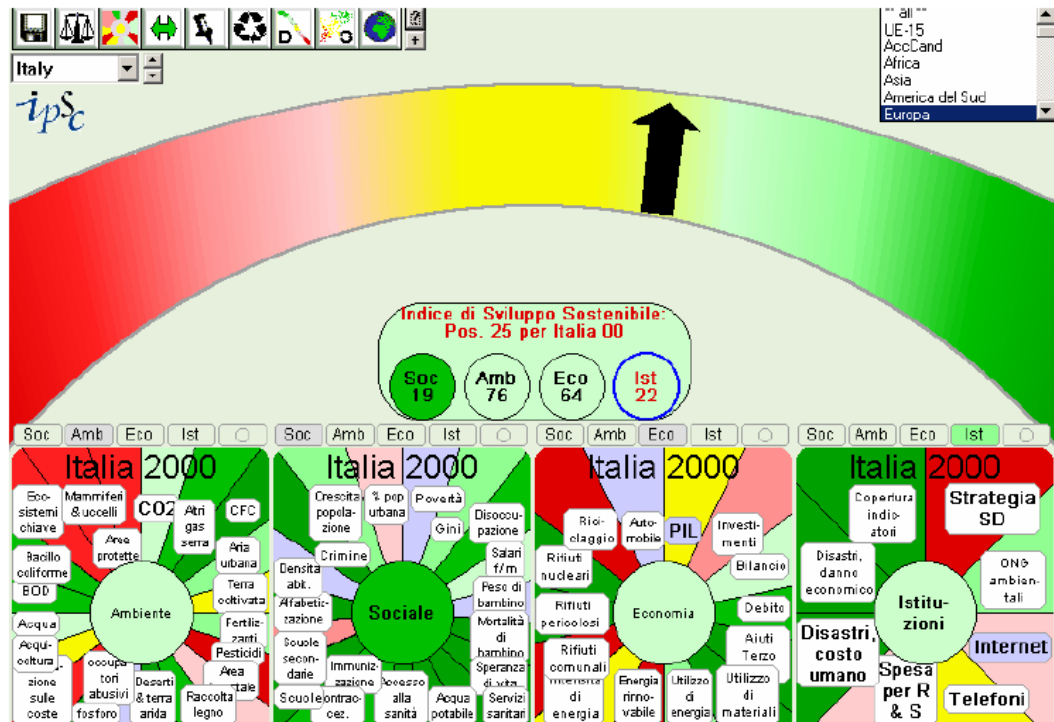


Figura 4.1. Esempio di dashboard per l'Italia.

Il *Cruscotto della Sostenibilità (Dashboard of Sustainability)* è un software libero, non commerciale, sviluppato all'interno della Commissione ONU sullo Sviluppo Sostenibile (UNCSD), in seguito migliorato da un piccolo gruppo di ricercatori sotto la guida dell'International Institute For Sustainable Development (Canada), e infine ingegnerizzato da Jochen Jesinghaus presso il JRC di Ispra.

J. Jesinghaus è attualmente ricercatore presso il Centro di Ricerca della Commissione Europea (JRC) di Ispra, dove nel 1999 ha sviluppato il *Dashboard of Sustainability*, uno strumento per visualizzare in modo sintetico il livello della sostenibilità dello sviluppo di una determinata realtà territoriale a partire da un set di indicatori selezionati.

Il dashboard, infatti, sulla base di un set di indicatori, permette di visualizzare come un parametro di sintesi, congiunto sotto l'aspetto economico, sociale ed ambientale la realtà e la qualità della vita di una nazione, regione, provincia, comune.

Questo strumento è molto utilizzato, ad esempio, in ambito VAS (valutazione ambientale strategica), ma è fondamentale che alla base vi sia la corretta predisposizione di dati per la formulazione degli indicatori più opportuni e, quindi, ben si presta per essere integrato con la redazione di un Bilancio delle Emissioni territoriale.

Guardando l'immagine riportata in Figura 3.1 si può, quindi, spiegare il funzionamento del dashboard come se fosse un vero e proprio cruscotto (da cui si rileva il grado di attività e di funzionamento di una macchina) in questi termini:

- al centro di ogni cruscotto (forma circolare) si riporta il **comparto** che si sta prendendo in esame: nel primo caso, ad esempio, Ambiente, nel secondo Sociale, e così via (ma potrebbero anche essere i Settori del Bilancio dei Gas

- serra, ovvero: Energia, Industria, Rifiuti, Agricoltura);
- ogni singolo spicchio nei riquadri rappresenta, invece, un **indicatore** di un aspetto specifico del comparto. I colori variano dal rosso, al giallo al verde, a seconda che la prestazione ambientale riferita all'indicatore sia scarsa, media o buona;
  - il colore del cerchio all'intero del riquadro rappresenta invece la prestazione dell'intero comparto ambientale, ottenuta come media degli indicatori facenti parte del comparto. La freccia nella parte superiore della figura si posiziona sulla prestazione ambientale globale territorio esaminato, ottenuta come media delle prestazioni dei quattro comparti analizzati.

Quindi, nell'ambito del lavoro svolto in questa tesi, anche un Ente che abbia predisposto un proprio Bilancio delle Emissioni dei gas serra potrebbe, attraverso il *dashboard*, meglio rendicontare sullo stato di fatto del proprio Sistema Ambientale, e meglio agire su quello di progetto, pianificando interventi più incisivi.

## 4.2 CONFRONTO CON LA SITUAZIONE EUROPEA

In questo paragrafo sono riportati i dati di emissioni e rimozioni dei 26 Paesi dell'UE sopra sottolineati, che sono stati desunti dal sito ufficiale internet dell'UNFCCC, su cui sono pubblicati i risultati degli inventari annuali delle emissioni trasmessi.

In particolare, essendo stato redatto il Bilancio dei gas serra per il Comune di Reggio Calabria per l'anno 2009, anche tali dati europei sono quelli del 2009, in modo da poter effettuare un benchmarking più significativo.

I 26 Paesi europei di cui sopra contavano un numero totale di abitanti, al 2009, pari a 505.766.899. Questo dato è stato tratto dalle varie statistiche nazionali reperibili su internet.

Gli abitanti sono ripartiti secondo il grafico di Figura 4.2, da cui si evince che il Paese più popoloso è la Germania, seguita da Francia e Regno Unito insieme, al terzo posto si classifica l'Italia, mentre i Paesi meno popolosi sono Lussemburgo e Malta.

In Figura 4.3 si può visualizzare la ripartizione percentuale degli abitanti dell'Unione Europea.

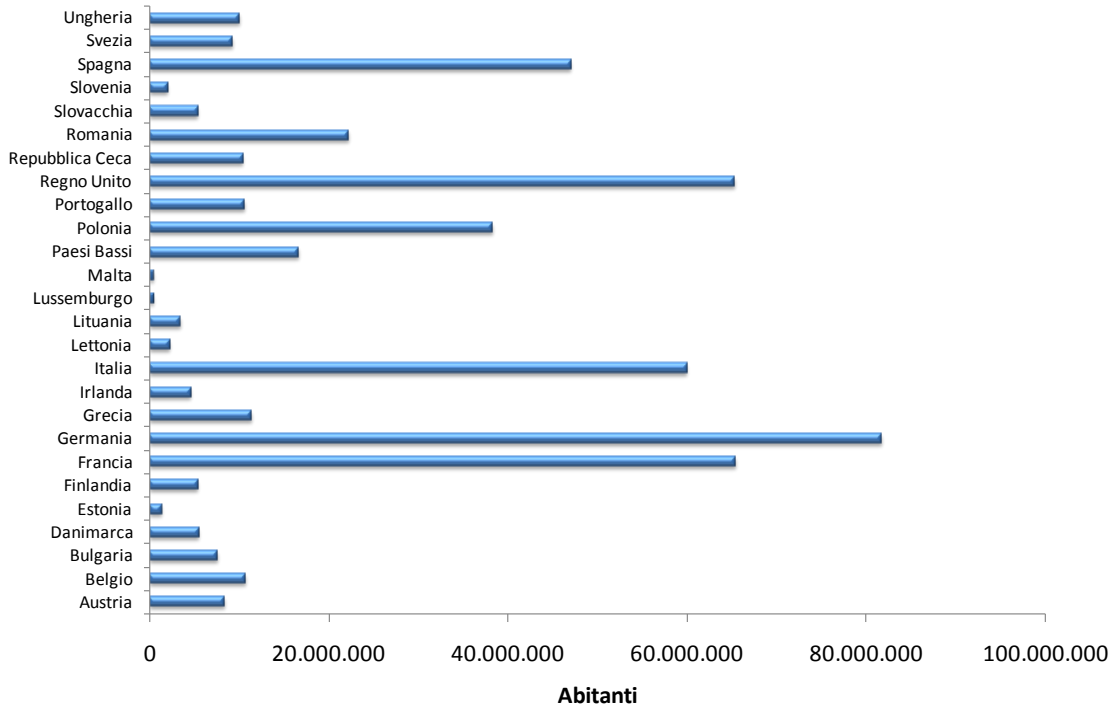


Figura 4.2. Numero di abitanti dei Paesi dell'Unione Europea al 2009 (varie statistiche nazionali).

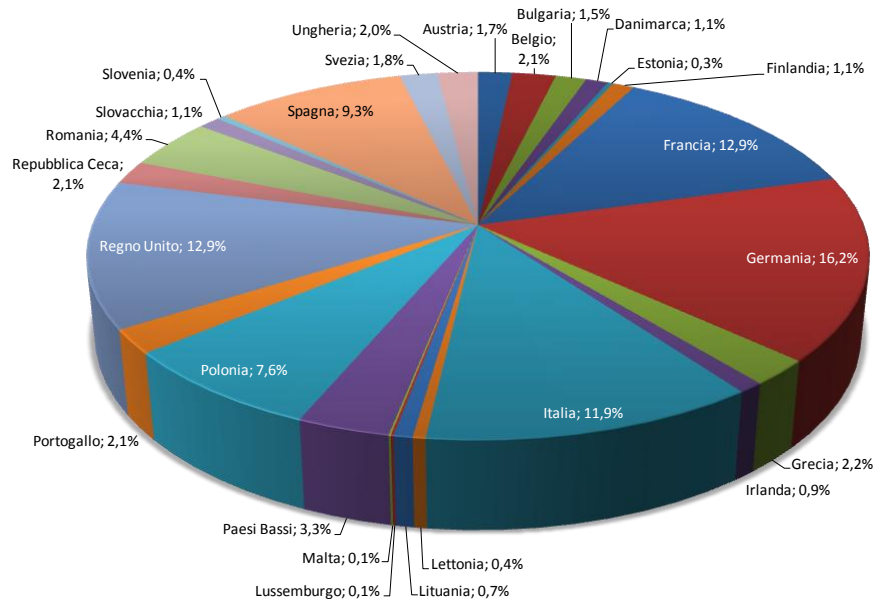


Figura 4.3. Ripartizione percentuale degli abitanti dei Paesi dell'Unione Europea al 2009 (elaborazioni da statistiche nazionali).

In Figura 4.4 vengono riportate le emissioni dei singoli Paesi al 2009 escluso il Settore LULUCF, ovvero escludendo l'eventuale quota di riduzione del comparto "Suolo, Cambiamenti d'uso del Suolo e Foreste".

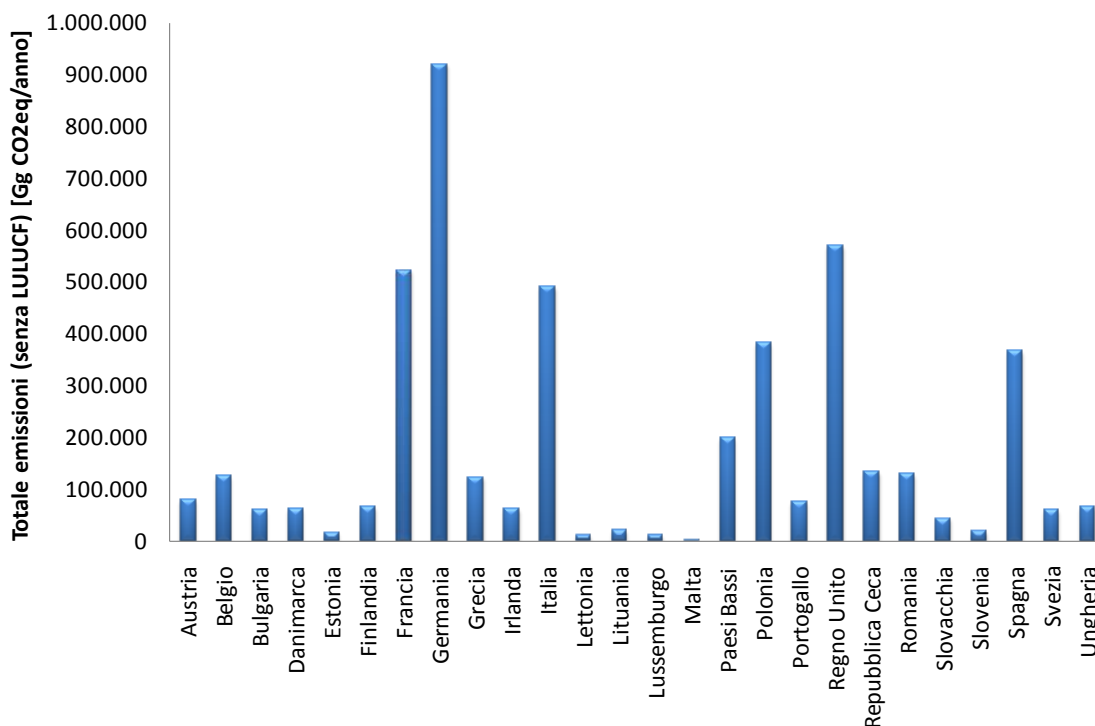


Figura 4.4. Emissioni di gas serra in GgCO<sub>2eq</sub> per i Paesi dell'UE nel 2009 (UNFCCC).

Al primo posto si posiziona la Germania, con quasi il 20% del contributo delle emissioni rispetto al totale (Figura 4.5), seguita dal Regno Unito (12,3%), dalla Francia (11,3%) e dall'Italia (10,6%). Agli ultimi posti si classificano, come paesi meno emettitori, la Lettonia (0,2%) e Malta (0,1%).

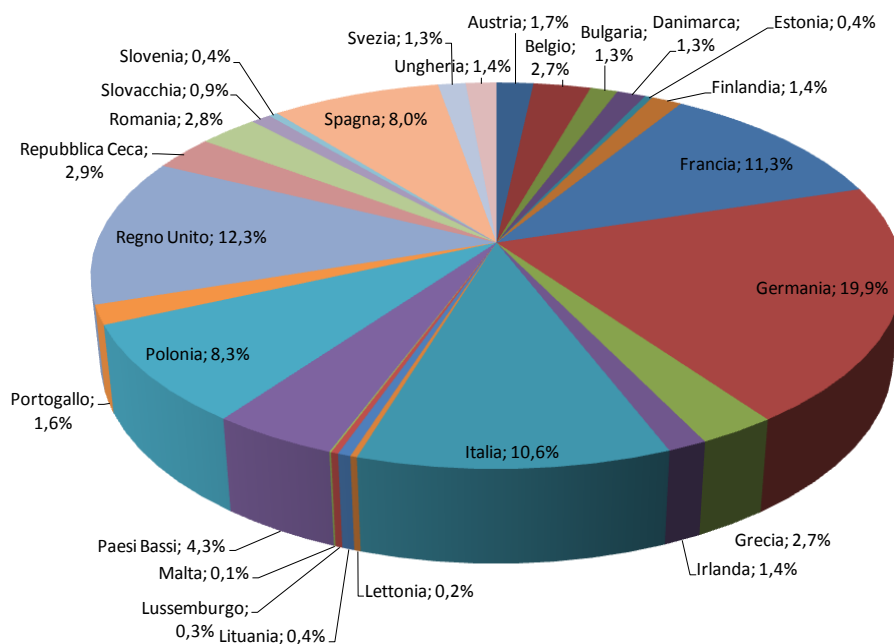


Figura 4.5. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra per i Paesi dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).

Se si va ad esaminare il contributo per abitante dei Paesi oggetto di studio si osservano situazioni particolarmente interessanti: il Lussemburgo, che è, insieme a Malta, tra i meno



popolosi, contemplava, al 2009, il maggiore contributo per abitante alle emissioni, pari a 23,23 tonnellate di CO<sub>2eq</sub>.

A seguire si collocano l'Irlanda (13,62 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno) e la Repubblica Ceca (12,76 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno). L'Italia si trova al 15° posto, con 8,18 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno. La Lettonia è, invece, il Paese con più basse emissioni pro-capite (4,73 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno).

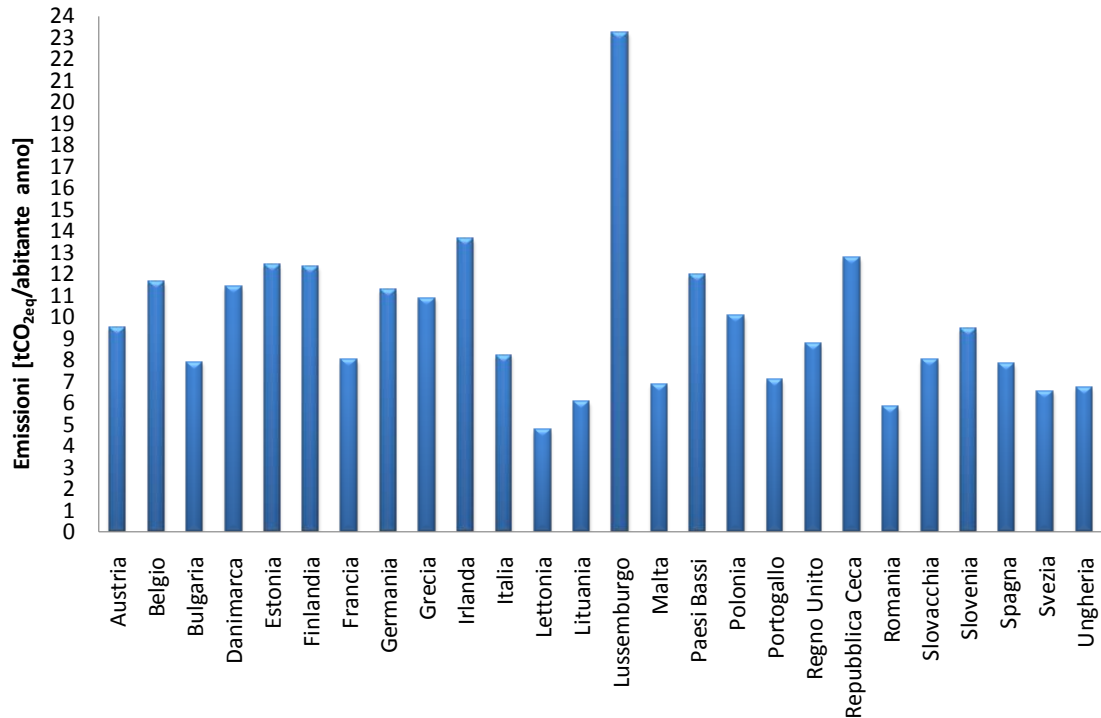


Figura 4.6. Emissioni lorde pro-capite di gas serra in tCO<sub>2eq</sub>/(ab anno) nel 2009 (elaborazioni su statistiche nazionali e dati UNFCCC).

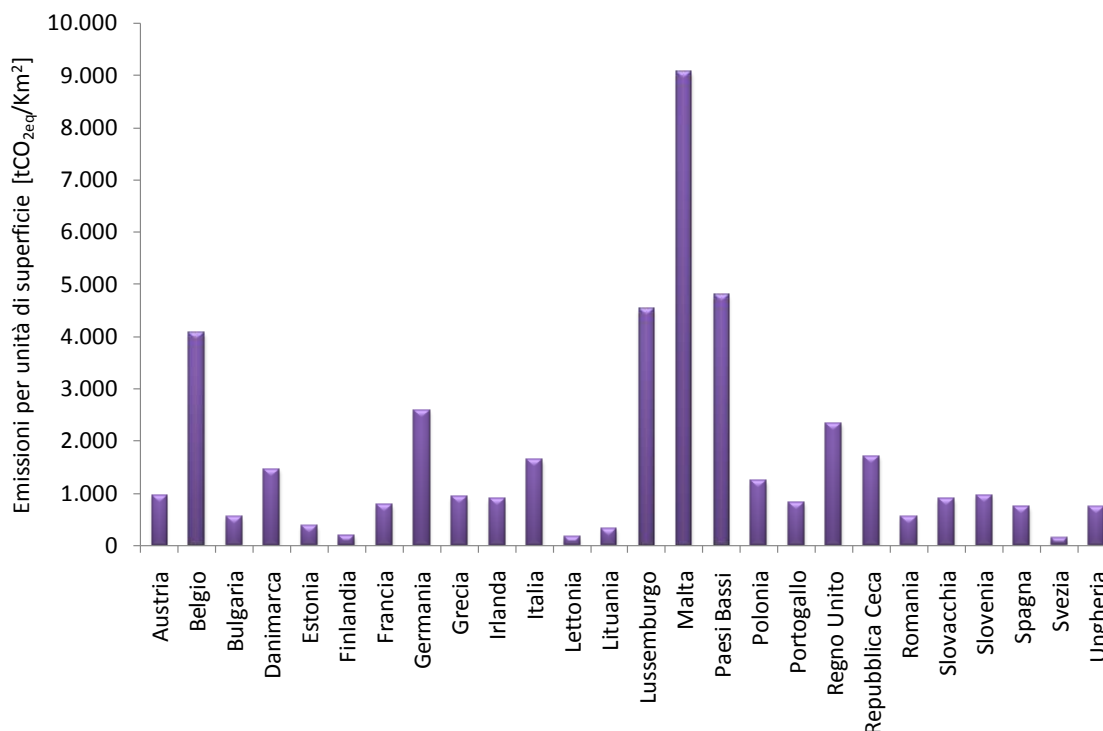


Figura 4.7. Emissioni lorde per unità di superficie di gas serra in tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup> nel 2009 (elaborazioni su statistiche nazionali e dati UNFCCC).

Rapportando, invece, le emissioni alla superficie del territorio in Km<sup>2</sup>, si osserva (Figura 4.7) che ai primi posti si collocano Malta (9.071 tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup>), Paesi Bassi (4.789 tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup>) e Lussemburgo (4.518 tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup>), mentre agli ultimi la Svezia (133 tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup>) e la Lettonia (166 tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup>). L'Italia si trova all'8° posto con 1.630 tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup>.

Tabella 4.1. Emissioni lorde pro-capite di gas serra al 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).

Paesi dell'Unione Europea	Emissioni [tCO <sub>2eq</sub> /ab anno]
Austria	9,53
Belgio	11,62
Bulgaria	7,87
Danimarca	11,38
Estonia	12,43
Finlandia	12,32
Francia	7,98
Germania	11,25
Grecia	10,85
Irlanda	13,62
Italia	8,18
Lettonia	4,73
Lituania	6,06
Lussemburgo	23,23
Malta	6,86

Paesi Bassi	11,95
Polonia	10,03
Portogallo	7,07
Regno Unito	8,72
Repubblica Ceca	12,76
Romania	5,79
Slovacchia	8,00
Slovenia	9,45
Spagna	7,82
Svezia	6,54
Ungheria	6,66

Il Settore che contribuisce maggiormente alle emissioni è l'Energia, coprendo quasi l'80% delle emissioni totali all'interno dell'UE, seguito con appena il 10% dal Settore Agricoltura, con il 7,2% dall'IPPU ed infine con poco più del 3% dal Settore Rifiuti (Figura 4.8).

I Paesi maggiormente energivori (Figura 4.9) sono il Lussemburgo (88,0 %), Malta (87,9%) ed Estonia (85,4%). L'Italia è al 6° posto con l'82,8%, mentre agli ultimi posti si classificano la Lituania (58,2%), la Slovacchia (66,1%) e l'Irlanda (66,5%).

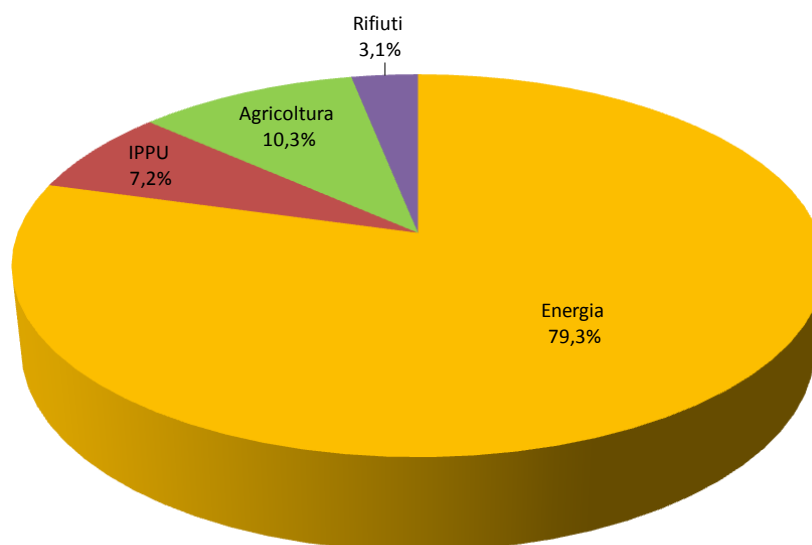
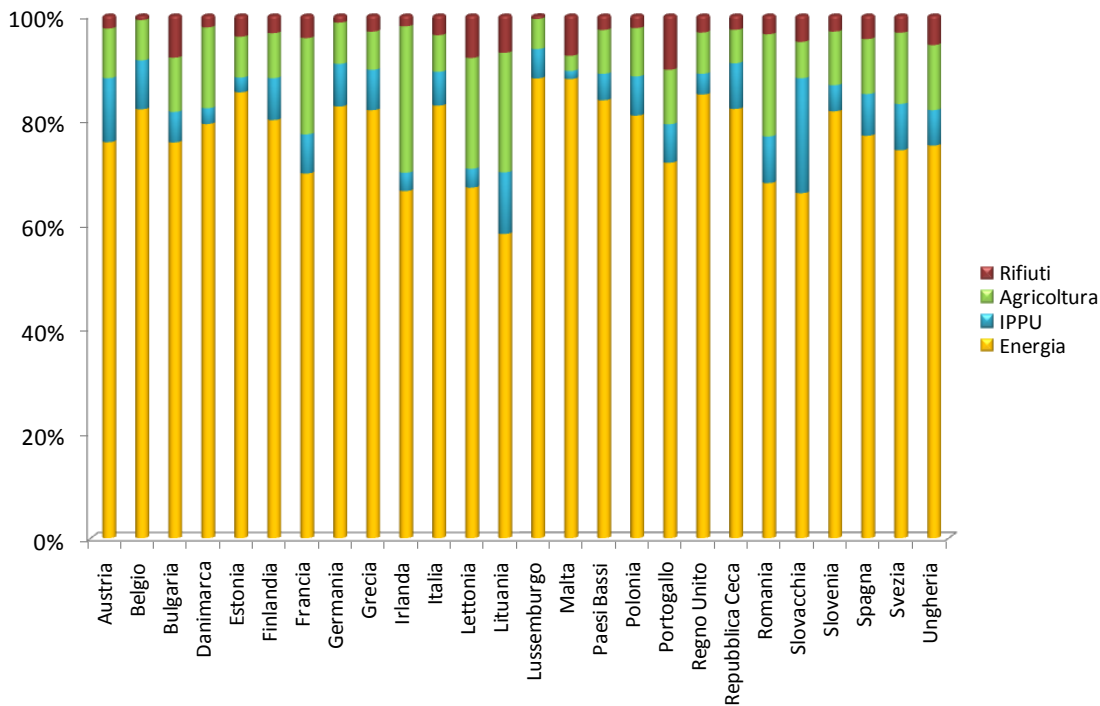


Figura 4.8. Contributo percentuale delle emissioni di gas serra per tutti i Paesi dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).



**Figura 4.9. Contributo percentuale delle emissioni di gas serra per Settore e per Paese dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).**

Per quanto attiene al Settore LULUCF si osserva che il Paese cui competono maggiori quantitativi in termini di variazioni negative del Comparto in esame (quindi di assorbimenti) è l'Italia con  $-94.671 \text{ GgCO}_{2\text{eq}}/\text{anno}$ , seguita dalla Francia ( $-63.920,5 \text{ GgCO}_{2\text{eq}}/\text{anno}$ ) e dalla Svezia ( $-41.638,3 \text{ GgCO}_{2\text{eq}}/\text{anno}$ ).

Alla Germania competono, invece, variazioni positive, ciò vuol dire che le perdite di suolo (o i cambiamenti d'uso) superano la capacità di assorbimento dei gas serra dello stesso, e che pertanto il Settore LULUCF contribuisce al Bilancio finale come incremento emissivo, e non come riduzione. Insieme alla Germania ( $+17.563,3 \text{ GgCO}_{2\text{eq}}/\text{anno}$ ) anche i Paesi Bassi contemplano la medesima situazione, con  $+2.475 \text{ GgCO}_{2\text{eq}}/\text{anno}$  di emissioni aggiuntive.

Le variazioni per unità di superficie, invece, chiariscono che la Slovenia ha i maggiori assorbimenti unitari ( $-417 \text{ tCO}_{2\text{eq}}/\text{Km}^2$ ), seguita dalla Lettonia ( $-317 \text{ tCO}_{2\text{eq}}/\text{Km}^2$ ) e dall'Italia ( $-314 \text{ tCO}_{2\text{eq}}/\text{Km}^2$ ) mentre i Paesi Bassi sono la nazione cui competono maggiori emissioni per unità di superficie per il Settore LULUCF ( $60 \text{ tCO}_{2\text{eq}}/\text{Km}^2$ ).

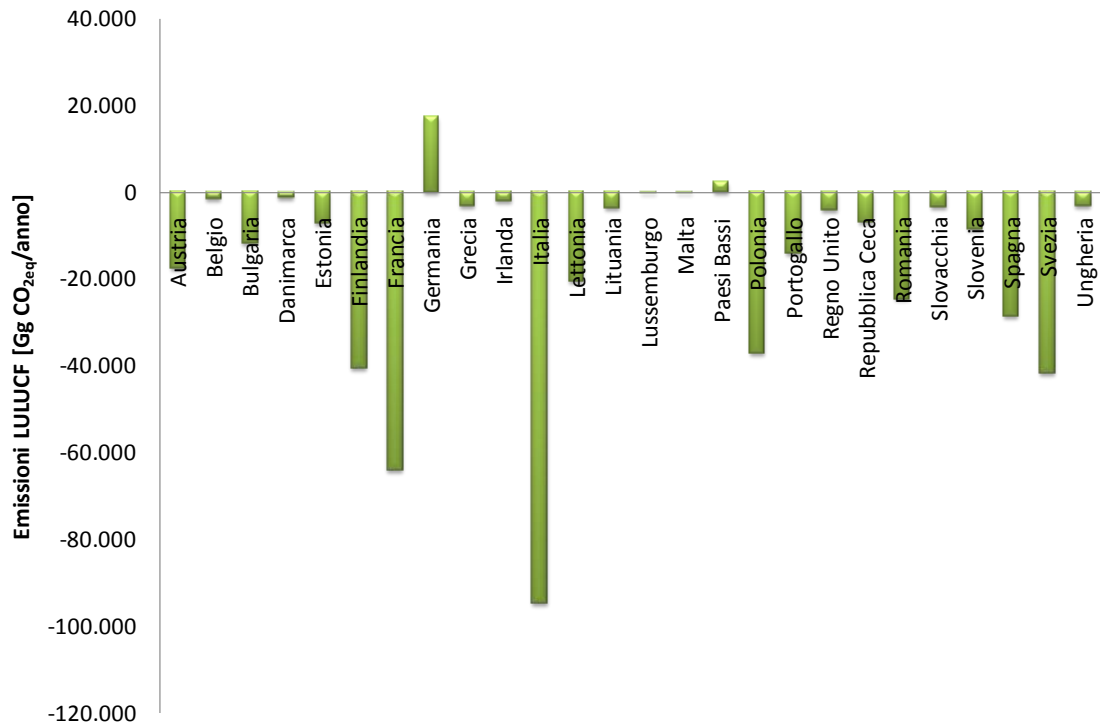


Figura 4.10. Emissioni/rimozioni di gas serra in GgCO<sub>2eq</sub> per il Settore LULUCF, nei Paesi dell'UE nel 2009 (UNFCCC).

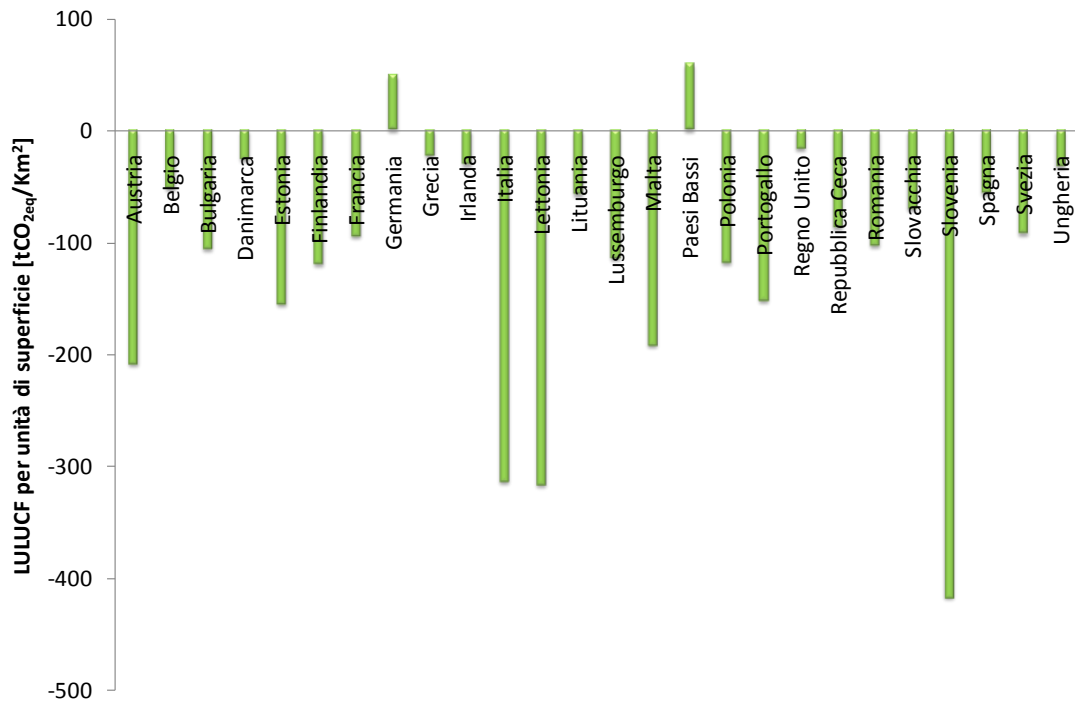


Figura 4.11. Emissioni/rimozioni di gas serra per unità di superficie in tCO<sub>2eq</sub>/km² per il Settore LULUCF, nei Paesi dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC e statistiche nazionali).

Pertanto per i Paesi esaminati le emissioni nette finali sono quelle riportate in Figura 4.12, mentre in Figura 4.13 viene riportato uno schema riassuntivo del Bilancio finale dei gas serra per i sistemi territoriali dei Paesi dell'UE, nel 2009.

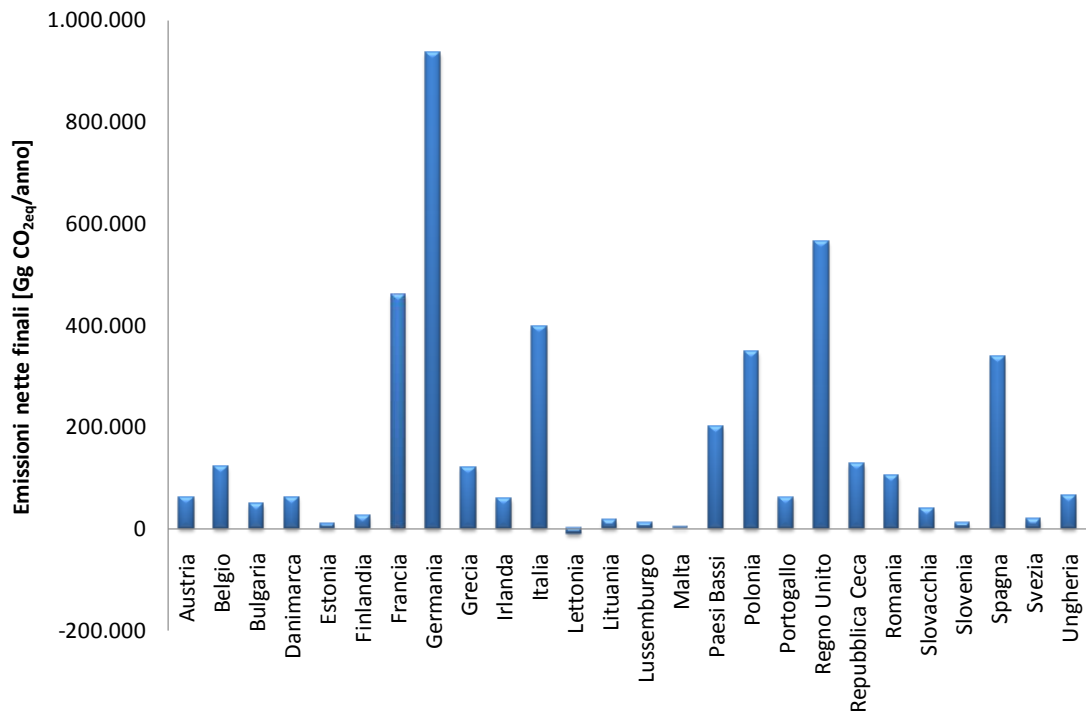


Figura 4.12. Emissioni nette di gas serra in GgCO<sub>2eq</sub> nei Paesi dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).

In Figura 4.14 viene evidenziato l'abbattimento delle emissioni dei gas serra Paese per Paese, inteso come il rapporto tra la capacità di assorbimento e le emissioni lordi. Come si evince dalla figura il Paese in cui si verifica un abbattimento anche maggiore del 100% è la Lettonia (191,0%), seguita dalla Svezia (69,3%) e dalla Finlandia (61,1%). In Italia si realizza un abbattimento del 19,3 %. I Paesi meno virtuosi sotto questo aspetto sono: Belgio (1,3%), Paesi Bassi (1,2%) e Regno Unito (solo lo 0,7%).

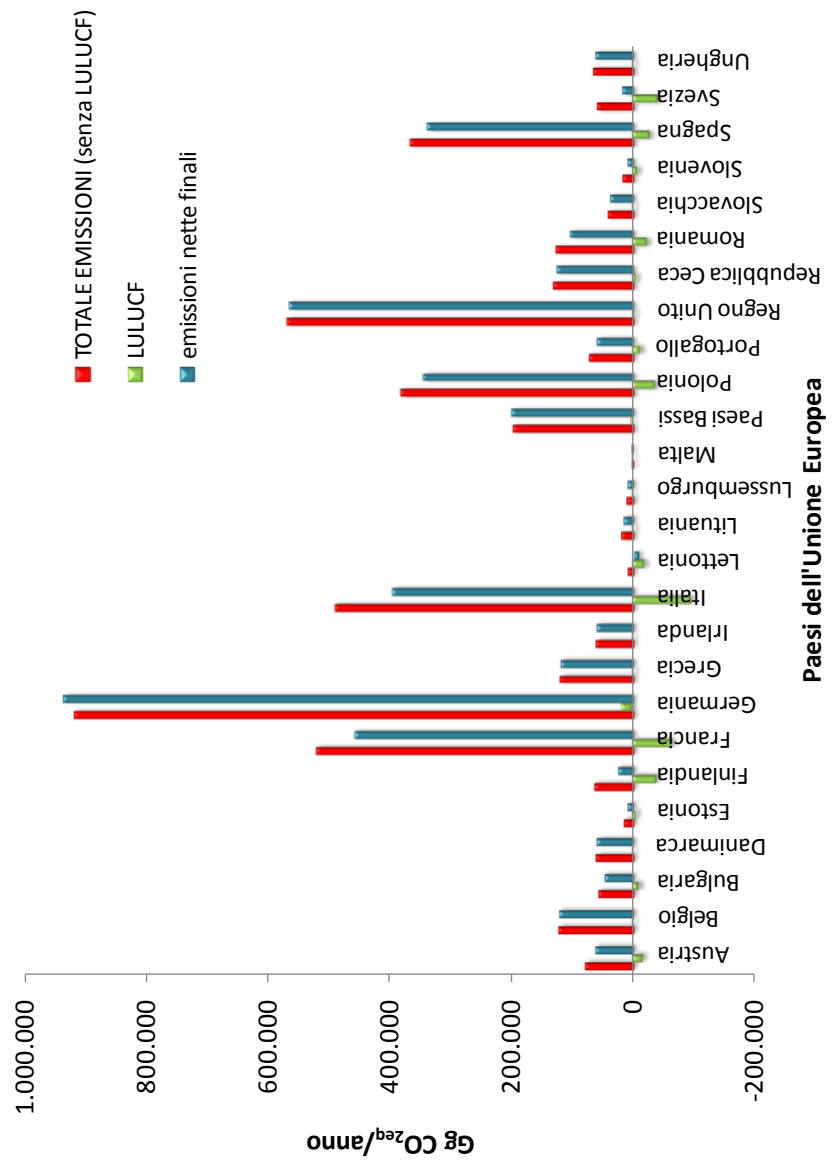


Figura 4.13. Bilancio finale dei gas serra in GgCO<sub>2eq</sub> nei Paesi dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).

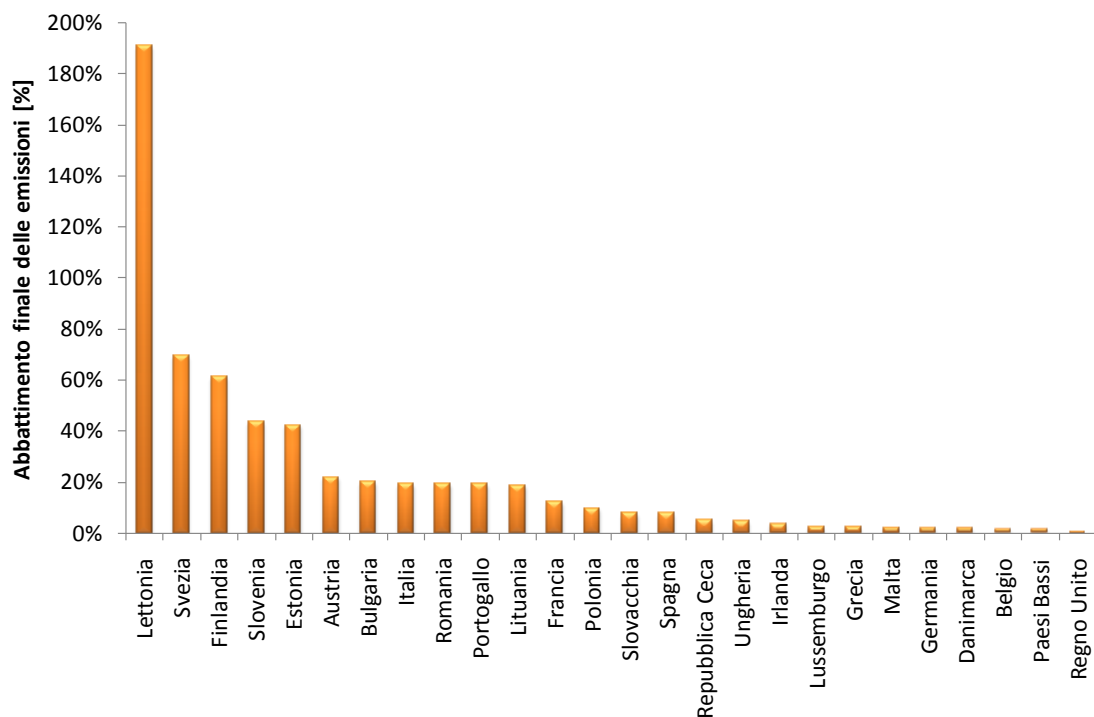


Figura 4.14. Abbattimento finale dei gas serra in percentuale nei Paesi dell'UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC).

### 4.3 Confronto con la situazione italiana

L'obiettivo di riduzione delle emissioni dei gas serra stabilito per l'Italia, pari al 6,5% delle emissioni del 1990 (diventato oggi dell'11,2%), non è stato ancora ripartito a livello locale.

Giungere ad un **burden sharing locale** permetterebbe di coinvolgere Regioni, Province e Comuni in una concreta azione sulle politiche per il clima e per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

A tal proposito la Direttiva 28/2009/CE (GUCE, 2009) pone in capo ai Comuni la responsabilità di pianificare stabilendo, infatti, che per ottenere un modello energetico incentrato sull'energia da fonti rinnovabili è necessario promuovere una cooperazione strategica tra Stati membri cui partecipino, se del caso, le Regioni e gli Enti Locali.

Il recente D. Lgs 28/2011 (GURI, 2011) prevede già la definizione dei sistemi di trasferimento tra Stati membri, ma anche tra Regioni per ripianare debiti/crediti e per temperare il burden sharing. In particolare l'art. 37, commi da 1 a 5, individua le azioni e gli strumenti ulteriori a quelli resi disponibili dalla normativa nazionale, che le Regioni e le Province autonome possono utilizzare ai fini del raggiungimento dei rispettivi obiettivi di sviluppo di energia da fonti energetiche rinnovabili, nonché le modalità di verifica del raggiungimento da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

Al comma 6 dello stesso articolo è, inoltre, previsto che: "con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, previa intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo



Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano sono definiti e quantificati gli obiettivi regionali in attuazione del comma 167 dell'articolo 2 della legge 24 dicembre 2007, n. 244, e successive modificazioni. Con il medesimo decreto sono definite le modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle Regioni e delle Province autonome, in coerenza con quanto previsto dal comma 170 del medesimo articolo 2 della legge 24 dicembre 2007, n. 244”.

Nella Legge 24/12/2007, ovvero la Legge Finanziaria 2008, già era stata anticipata la possibilità di procedere verso un *burden sharing locale*, come accennato nel Capitolo 3 di questo lavoro di Tesi.

Il decreto di attuazione di cui all'art. 37 del D.Lgs 25/2011 è già stato presentato, alla data attuale, in via di bozza nel mese di Novembre 2011, da parte del Ministero dello Sviluppo Economico e si basa, sostanzialmente, sugli obiettivi stabiliti dal Piano di Azione Nazionale per le Fonti rinnovabili (MSE, 2010). Esso definisce, per ciascuna Regione e Provincia autonoma, gli obiettivi di riduzione da raggiungere fino al 2020 e negli anni intermedi.

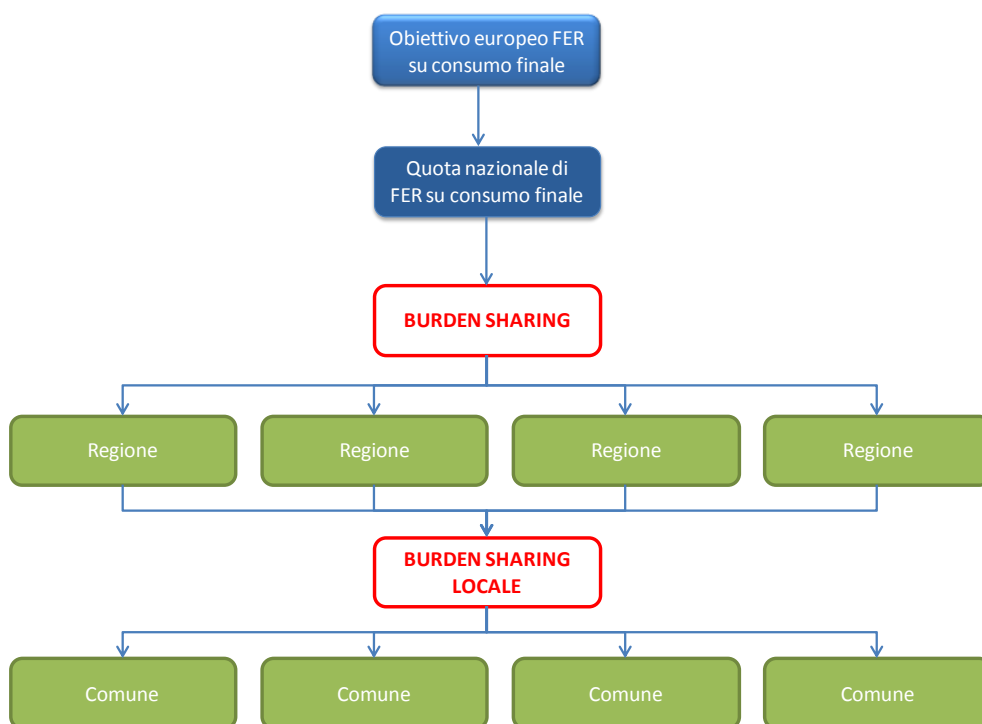


Figura 4.15. Schema di burden sharing locale secondo l'attuale normativa europea (Setti, 2011).

Questo vuol dire che nel futuro prossimo il sistema di trasferimento verrà adottato anche a livello locale quale modo virtuoso con cui la Regione potrà premiare i Comuni che opereranno attraverso i propri Piani Energetici Comunali nella direzione del Piano Energetico Regionale (Setti, 2011). Del resto già la Legge 10/91 (GURI, 1991) obbligava i Comuni con abitanti superiori a 50 mila ad adottare un proprio Piano Energetico Comunale (PEC).

Nel 2010 il PEC risultava approvato in 44 comuni, 26 al Nord, 8 al Centro e 10 al Sud

(ISTAT, 2011). Tra questi Genova, pur non avendo formalmente approvato il PEC, nel corso del 2010 aveva adottato il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES). Inoltre cinque di essi (Biella, Lecco, Gorizia, Macerata e Carbonia), pur con popolazione residente non superiore a 50 mila abitanti, avevano approvato comunque il loro PEC.

I dieci comuni meridionali erano: Teramo, Benevento, Avellino, Foggia, Bari, Potenza, Palermo, Catania, Sassari e Carbonia. Pertanto nessun Comune calabrese, nel 2010, aveva risposto all'obbligo della redazione di tale documento. Nessun Comune calabrese ha redatto un Bilancio delle Emissioni dei gas serra, per come fin qui esposto. Parimenti sono pochi gli Enti locali di tutta l'Italia, sia Comuni che Province, che si sono dotati di tale strumento.

Pertanto, in considerazione della necessità di realizzare un confronto con le realtà nazionali, rispetto al sistema di emissione/assorbimento del Comune di Reggio Calabria, ben pochi sono stati i casi in cui sono state contabilizzate tutte le categorie dei settori di emissione e di assorbimento di interesse.

Per questo motivo, spesso, si è fatto riferimento al Bilancio delle emissioni che qualcuno dei Comuni succitati ha inserito all'interno del proprio PEC, o del PAES (in quest'ultimo, come già detto è indispensabile realizzare un inventario di base delle emissioni stesse). Tuttavia, in questi casi, essendo il Settore di azione quello energetico, le realtà in cui si è trovata la rendicontazione degli altri Settori, in particolar modo quello del LULUCF (quasi mai considerato) sono davvero poche. Più spesso, invece, si è reperito il Settore Rifiuti e quello Agricolo, mentre più raramente quello industriale.

Inoltre non è stato possibile riferirsi per tutti gli Enti proposti allo stesso anno (2009), essendo davvero diversificate le scelte dell'anno di riferimento.

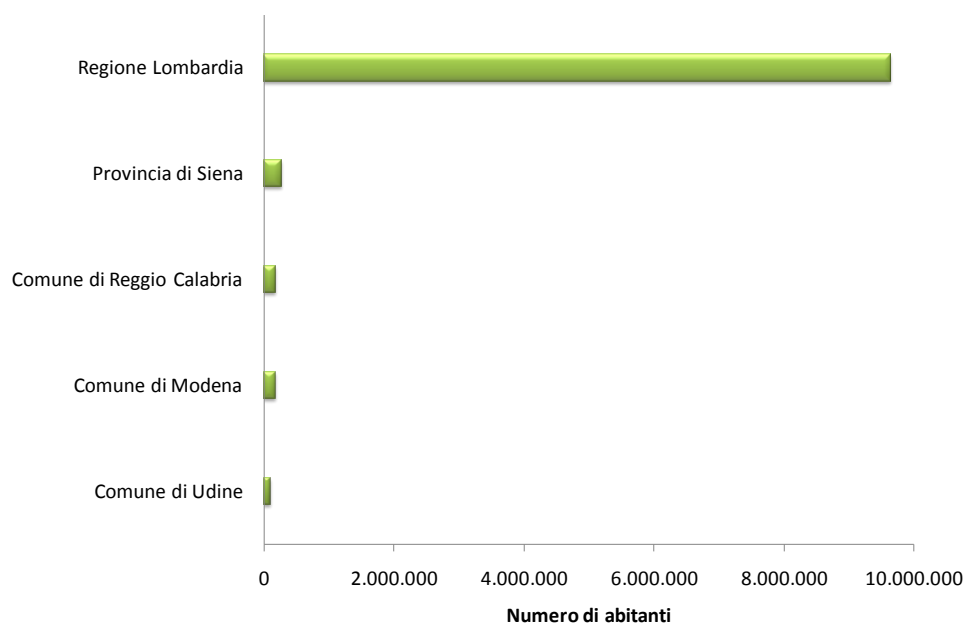
**Tabella 4.2. Enti nazionali che hanno redatto un inventario di gas serra, completo di tutti i Settori previsti dall'IPCC.**

Ente	Anno	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Abitanti (nell'anno di riferimento)	Densità abitativa [ab/km <sup>2</sup> ]	FONTE
Comune di Udine	2007	56,81	99.071	1.743,90	PEC (Comune di Udine, 2009)
Comune di Modena	2000	182,74	176.965	968,40	PEC (Comune di Modena, 2007)
Comune di Reggio Calabria	2009	236,02	185.621	786,46	Bilancio dei gas serra
Provincia di Siena	2007	3.821	269.473	70,52	Progetto REGES (Provincia di Siena, 2009-2010)
Regione Lombardia	2008	23.860,62	9.642.406	404,11	Inventario delle emissioni in atmosfera (Regione Lombardia, 2008)

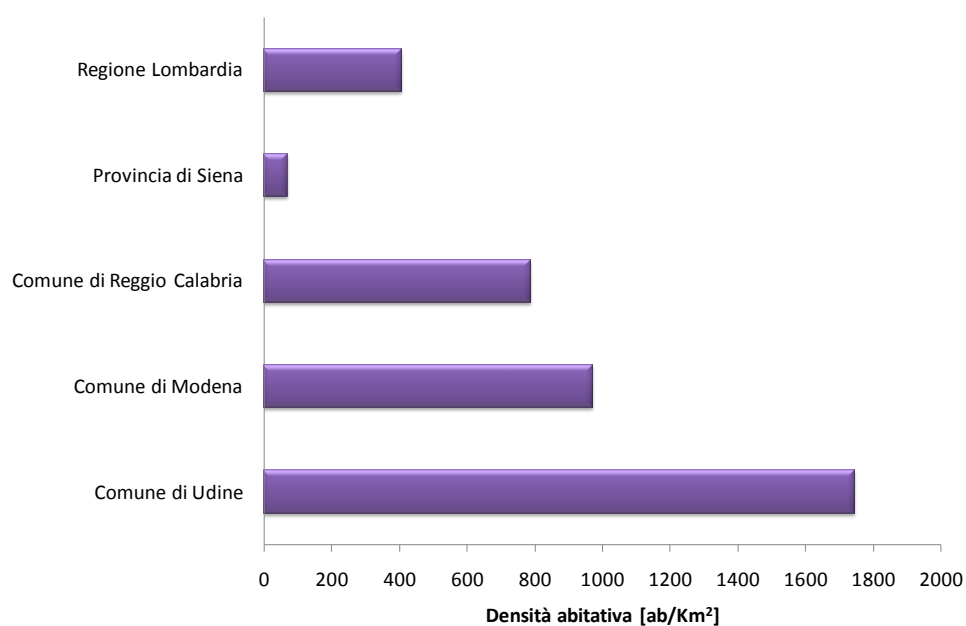
In Tabella 4.2 è riportato uno schema degli Enti che, nelle loro elaborazioni, hanno considerato tutti i Settori delle Linee Guida IPCC, anche se contabilizzati con un metodo di

calcolo differente da quello IPCC stesso. Tra essi, infatti, solo la Provincia di Siena si è dotata in maniera completa e rigorosa del Bilancio dei gas serra secondo le Linee Guida IPCC.

Come si può notare anche dai grafici a seguire, le realtà descritte sono tra loro molto diverse, trattandosi di tre Comuni con differenti estensioni, caratteristiche geomorfologiche e numero di abitanti, di una Provincia e di una Regione (entrambe del Nord Italia).



**Figura 4.16. Numero di abitanti degli Enti considerati, negli anni di riferimento dell'inventario.**



**Figura 4.17. Densità abitativa degli Enti considerati, negli anni di riferimento dell'inventario.**

Negli anni di riferimento per la redazione dei rispettivi inventari, comunque tutti

successivi al 2000, il Comune di Reggio Calabria si classifica al primo posto per il minor contributo in termini di emissioni lorde di gas serra pro-capite (2,82 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno), contro le 8,22 tCO<sub>2eq</sub>/(ab anno) del Comune di Modena e le ben 9,15 tCO<sub>2eq</sub>/(ab anno) della Regione Lombardia.

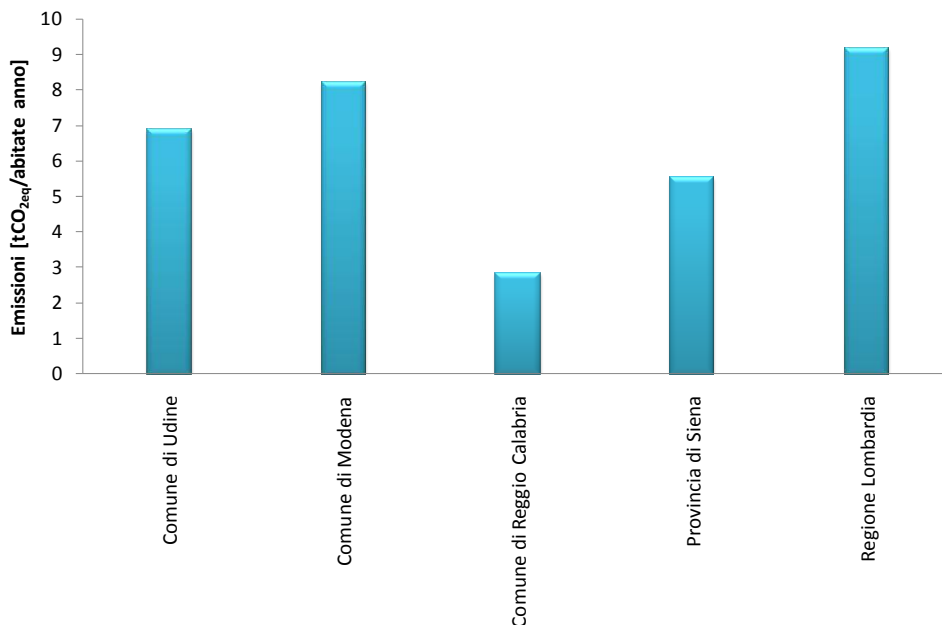


Figura 4.18. Emissioni lorde pro-capite di gas serra in tCO<sub>2eq</sub>/(ab anno) negli anni di riferimento considerati dai vari Enti.

Il Comune di Udine è invece l’Ente cui competono maggiori emissioni per unità di superficie (12.046 tCO<sub>2eq</sub>/km<sup>2</sup>), mentre la Provincia di Siena è all’ultimo posto con sole 389 tCO<sub>2eq</sub>/km<sup>2</sup>.

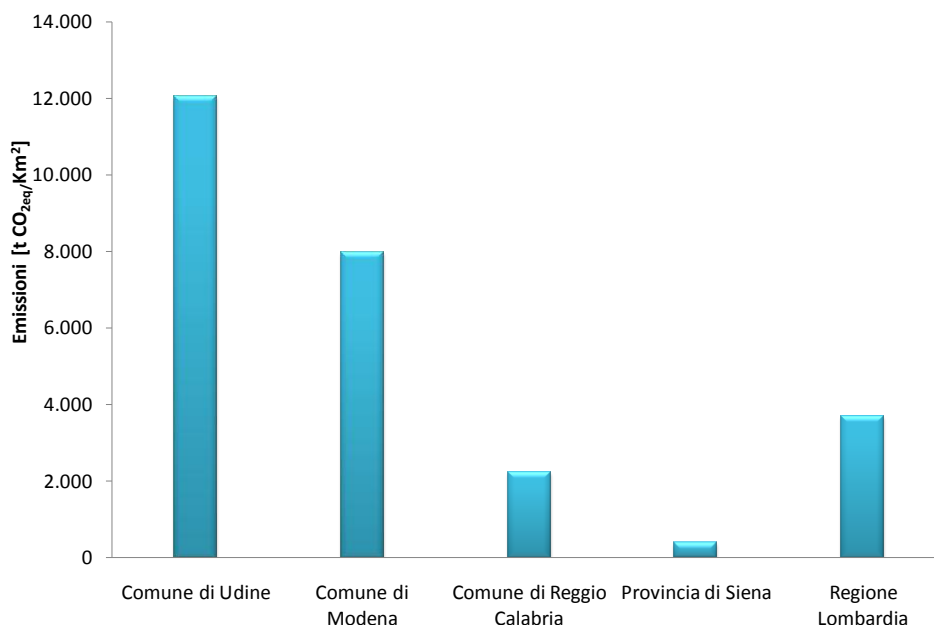
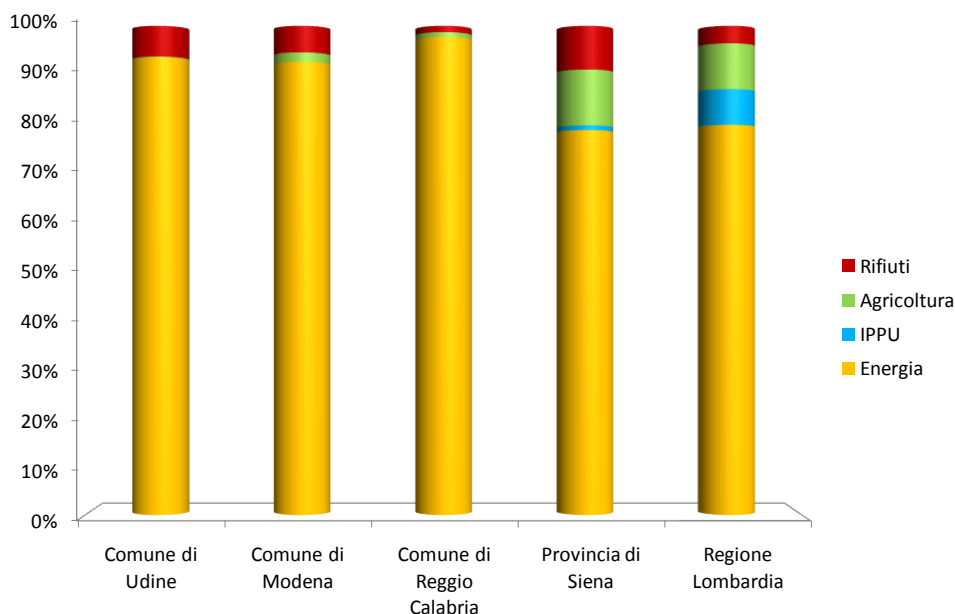


Figura 4.19. Emissioni lorde per unità di superficie di gas serra in tCO<sub>2eq</sub>/Km<sup>2</sup> negli anni di riferimento considerati dai vari Enti.

Il Settore maggiormente rilevante è l'Energia, che in tre casi su cinque, supera il 90% del contributo totale (Figura 4.20).



**Figura 4.20. Contributo percentuale delle emissioni di gas serra per Settore e per Ente.**

Per quanto riguarda il Settore LULUCF, in tutti i casi considerati prevalgono gli assorbimenti: la Regione Lombardia e la Provincia di Siena occupano i primi posti (Figura 4.21), come è ovvio, se non altro per la maggiore estensione territoriale.

Se si considerano le rimozioni per unità di superficie la Provincia di Siena è caratterizzata dalle maggiori quantità di gas serra abbattute per Km<sup>2</sup>, seguita dal Comune di Reggio Calabria. Il Comune di Modena, invece, è il territorio che assorbe di meno.

Infine in Figura 4.23 si riporta il Bilancio dei gas serra per le realtà considerate. Occorre comunque osservare come tale confronto sia da considerare in via cautelativa, in relazione al fatto che non è stata seguita una metodologia univoca.

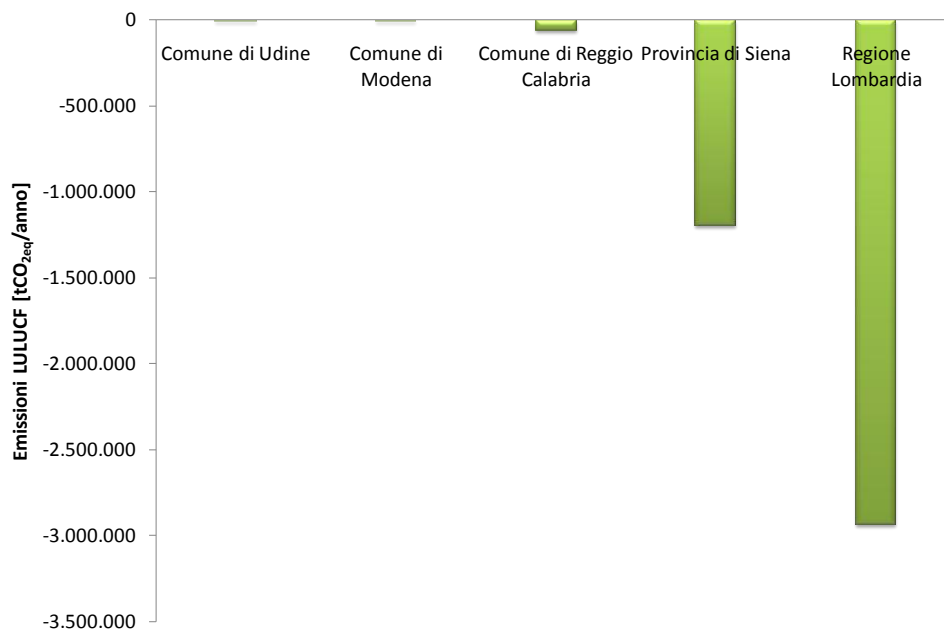


Figura 4.21. Emissioni/rimozioni di gas serra in tCO<sub>2eq</sub> per il Settore LULUCF.

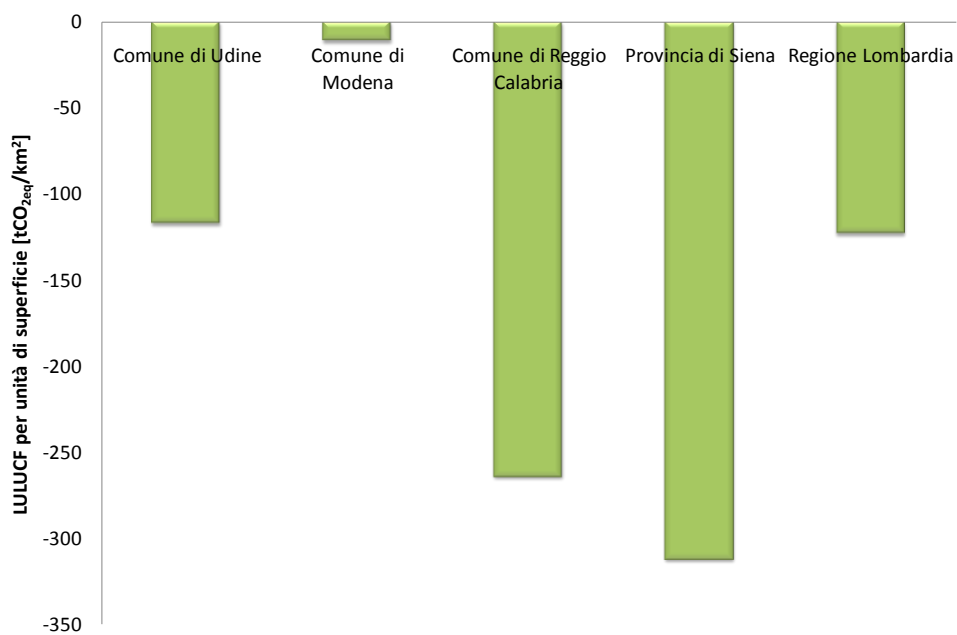


Figura 4.22. Emissioni/rimozioni di gas serra per unità di superficie in tCO<sub>2eq</sub>/km<sup>2</sup> per il Settore LULUCF.

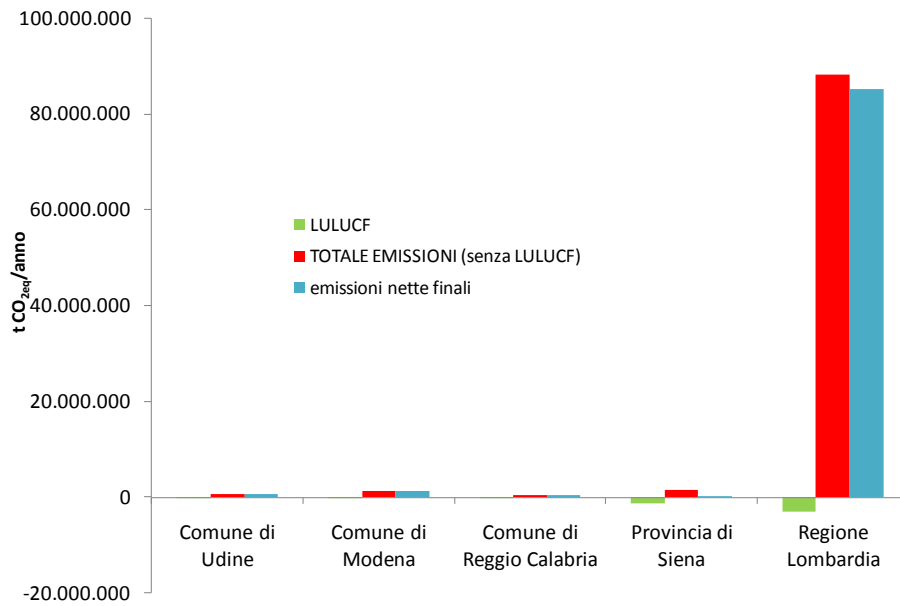


Figura 4.23. Bilancio finale dei gas serra per i vari Enti (vari anni).

#### 4.3.1 Il contributo maggiore alle emissioni: il Settore Energia

Avendo ravvisato che il Settore che contribuisce maggiormente alle emissioni è quello Energia, sia a livello europeo che nazionale, in questo paragrafo si vogliono esaminare meglio i contributi delle singole categorie di tale Settore delle realtà comunali italiane.

In questo caso le informazioni ed i dati a disposizione sono di gran lunga maggiori rispetto a quanto si è ricercato nel paragrafo precedente, in quanto, come già detto, molti Comuni si sono dotati di un PEC e/o di un PAES o anche di inventari. Rientrando nei contenuti di un PEC e di un PAES la compilazione di un inventario delle emissioni del Settore Energia, la possibilità di recuperare dati di attività è stata maggiore.

Prima di tutto è bene richiamare i risultati forniti dall'ENEA nell'Inventario annuale regionale dei gas serra che essa stessa redige (ENEA, 2010).

Dalla Figura 4.24 si può notare che, nel 2006, la Regione con più alte emissioni di anidride carbonica (il gas maggiormente rilevante nel Settore Energia), era la Lombardia (78.351 kt), seguita dalla Puglia (61.017 kt) e dall'Emilia Romagna (40.926 kt). La Calabria si posizionava al 13° posto (9.445 kt), con un leggero scarto dalla Regione Umbria (9.002 kt).

Suddividendo le emissioni del Settore in categorie si osserva che il peso più rilevante nel 2006 è stato fornito dalla categoria "Energia", con la quale l'ENEA intende l'aggregato delle attività di trasformazione dell'energia, ovvero: la produzione di energia elettrica, di calore da centrali, carbonaie, raffinerie ed include i consumi e le perdite del settore. Infatti il contributo in percentuale è del 33% rispetto al totale, seguito dal 27% dei Trasporti (Figura 4.26).

La Regione maggiormente "energivora" è stata la Puglia (34.024 ktCO<sub>2</sub>), seguita dalla

Lombardia (20.475 ktCO<sub>2</sub>).

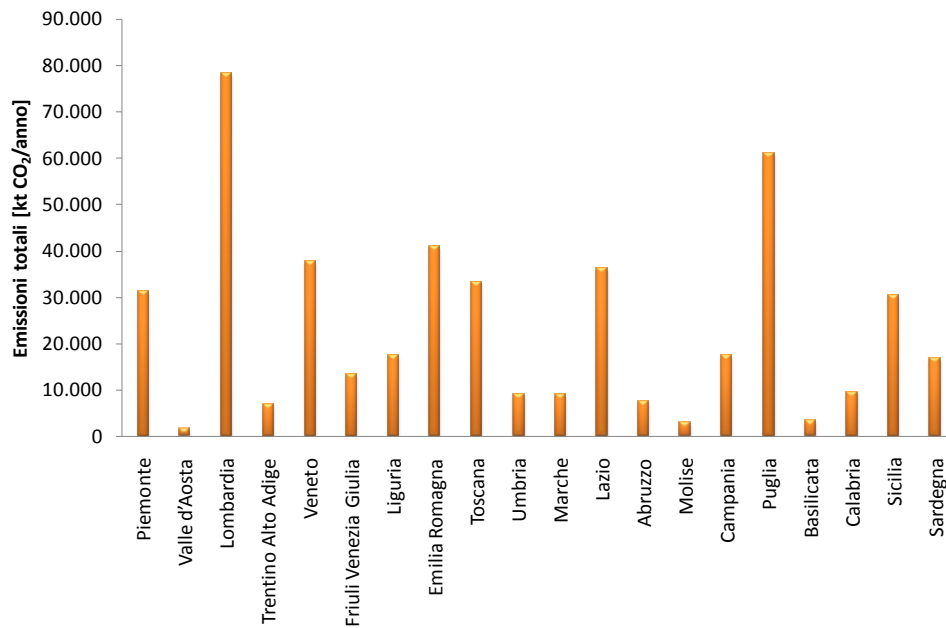


Figura 4.24. Emissioni totali di anidride carbonica in kt nelle regioni italiane nel 2006 (ENEA, 2010).

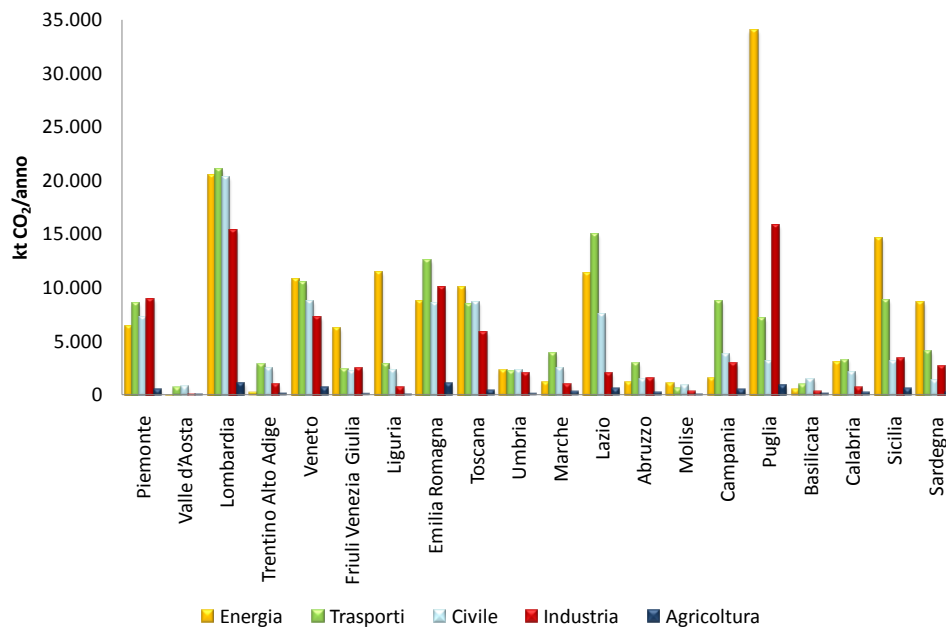


Figura 4.25. Emissioni di anidride carbonica in kt nelle regioni italiane, per Settore, nel 2006 (ENEA, 2010).



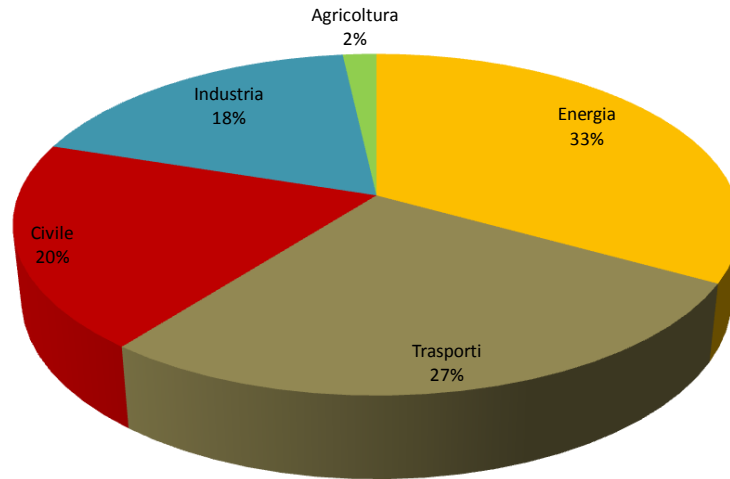


Figura 4.26. Ripartizione percentuale delle emissioni del Settore Energia, in Italia nel 2006 (ENEA, 2010).

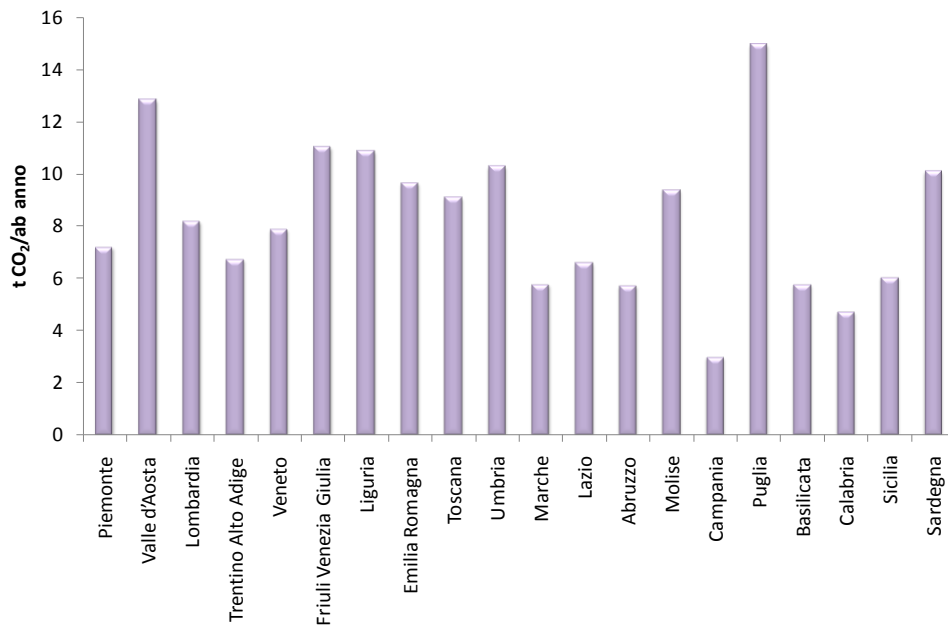
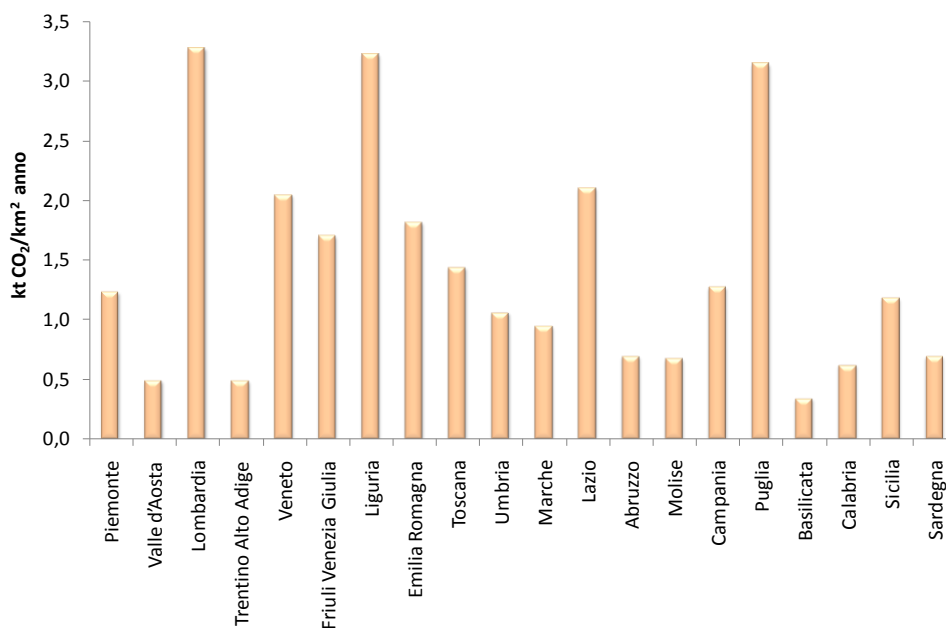


Figura 4.27. Emissioni di anidride carbonica pro-capite nelle regioni italiane, nel 2006 (elaborazioni dati ENEA, 2010).

Anche per quanto riguarda le emissioni pro-capite di CO<sub>2</sub> del Settore Energia, la Regione con maggiori quantitativi è stata la Puglia, con ben 15,2 tCO<sub>2</sub>/ab anno, seguita dalla Valle d'Aosta (12,9 tCO<sub>2</sub>/ab anno). La Calabria si colloca al penultimo posto, con 4,7 (tCO<sub>2</sub>/ab anno).

La media nazionale è stata di **8,31 tCO<sub>2</sub>/ab anno**.



**Figura 4.28. Emissioni di anidride carbonica per unità di superficie nelle regioni italiane, nel 2006 (elaborazioni dati ENEA, 2010).**

Nel caso delle emissioni per unità di superficie la Lombardia è la Regione con emissioni più alte, pari a 3,28 kt CO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> anno, segue la Liguria (3,23 kt CO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> anno), la Puglia (3,15 kt CO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> anno). La Calabria si caratterizza, invece, per 0,63 kt CO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> anno.

Una volta esaminato il quadro emissivo delle regioni italiane si è effettuata una ricerca dei Comuni che hanno redatto un PEC o un PAES o uno studio sullo stato dell'ambiente del proprio territorio.

In particolare sono stati scelti gli Enti riportati in Tabella 4.3, per i quali è necessario fare le seguenti considerazioni:

- non avendo i vari Comuni adottato una metodologia univoca di calcolo, la disaggregazione delle emissioni non è uniforme per tutti, sicché si è reso necessario considerare come unica categoria le emissioni provenienti dal comparto terziario, residenziale e produzione/consumo di energia elettrica, indicando tale comparto come "civile";
- anche in questo caso gli anni di riferimento dei vari Enti sono diversificati, motivo per cui sono stati rilevati da statistiche ISTAT gli abitanti dell'anno di riferimento;
- al fine di fornire un confronto maggiormente significativo si sono considerati Comuni del Nord (che sono in numero più alto rispetto a tutti gli altri, come richiamato sopra), del Centro e del Sud Italia, con la precisazione che, soprattutto per il Sud, la reperibilità di atti, piani, programmi e dati, è stata spesso più complessa;
- il comune di Perugia ha elaborato il bilancio delle emissioni negli anni 1995-1999, ed ha poi elaborato due scenari, secondo un algoritmo proposto dall'ENEA, per gli anni 2005 e 2010. Nel prosieguo è stato considerato l'anno

2005;

- per quanto riguarda il Comune di Modena potrebbe apparire strano il fatto che le emissioni dal comparto industriale non siano state considerate, essendo questo un Comune caratterizzato da rilevanti insediamenti produttivi. A tal proposito è bene precisare che, secondo quanto riportato nel PAES (Comune di Modena, 2011), il settore produttivo non è stato incluso dal momento che, per questo settore, non sono previste azioni locali di competenza;
- per quanto riguarda il Comune di Macerata le emissioni, all'interno del PEAC (Comune di Macerata, 2009) sono state espresse in tonnellate di CO<sub>2</sub> e non in CO<sub>2eq</sub>, in quanto non sono stati contabilizzati gli altri gas serra.

**Tabella 4.3. Comuni che hanno redatto un inventario dei gas serra del Settore Energia, all'interno delle Fonti riportate.**

Ente	Posizione	Anno	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Abitanti (nell'anno di riferimento)	Densità abitativa [ab/km <sup>2</sup> ]	FONTE
Comune di Torino	Nord	2005	130,17	900.748	6.919,8	PAES (Comune di Torino, 2011)
Comune di Udine	Nord	2007	56,81	99.071	1.743,9	PEC (Comune di Udine, 2009)
Comune di Parabiago (MI)	Nord	2000	14,17	24.500	1.729,0	Relazione sullo Stato dell'Ambiente (Comune di Parabiago, 2005)
Comune di Reggio Emilia	Nord	2009	231,56	146.092	630,9	PEC (Comune di Reggio Emilia, 2008)
Comune di Modena	Nord	2009	182,74	183.114	1.002,0	PAES (Comune di Modena, 2011)
Comune di Macerata	Centro	2007	92,73	42.896	462,6	PEAC (Comune di Macerata, 2009)
Comune di Perugia	Centro	2005	449,92	161.390	350,8	PEAC (Comune di Perugia, 2005)
Comune di Bari	Sud	2002	116	315.068	2.716,1	PAES (Comune di Bari, 2011)

Per quanto riguarda il Settore Energia, quindi, il Comune cui competono maggiori emissioni pro-capite, tra quelli esaminati, è il Comune di Reggio Emilia che, secondo lo scenario di previsione descritto all'interno del PEC (Comune di Reggio Emilia, 2008), dovrebbe aver contato, nel 2009, 12,04 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno. Il Comune di Reggio Calabria è all'ultimo posto (2,76 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno), preceduto dal Comune di Bari (3,47 tCO<sub>2eq</sub>/ab anno).

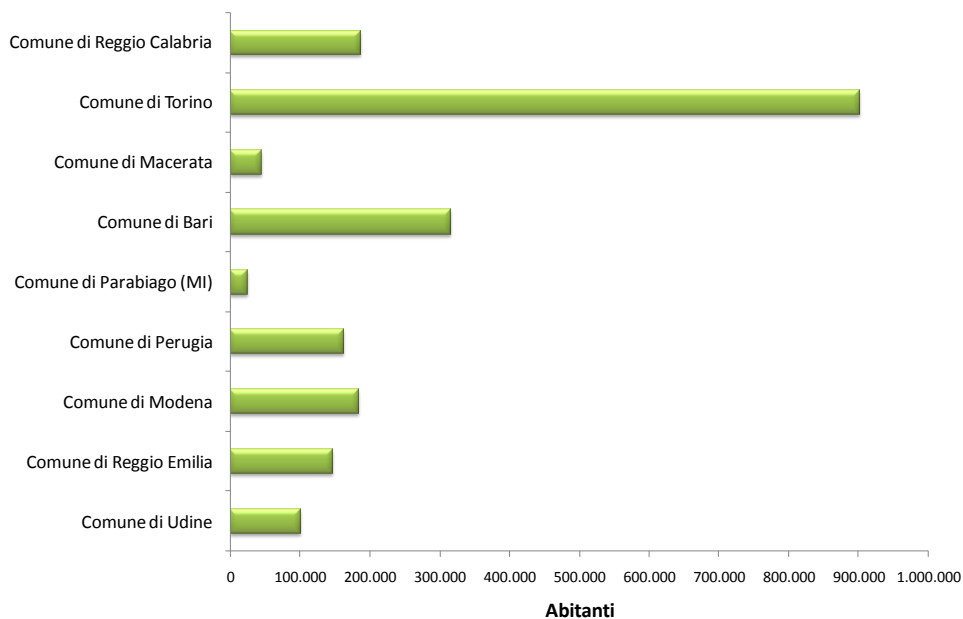


Figura 4.29. Numero di abitanti dei Comuni considerati, negli anni di riferimento dell'inventario.

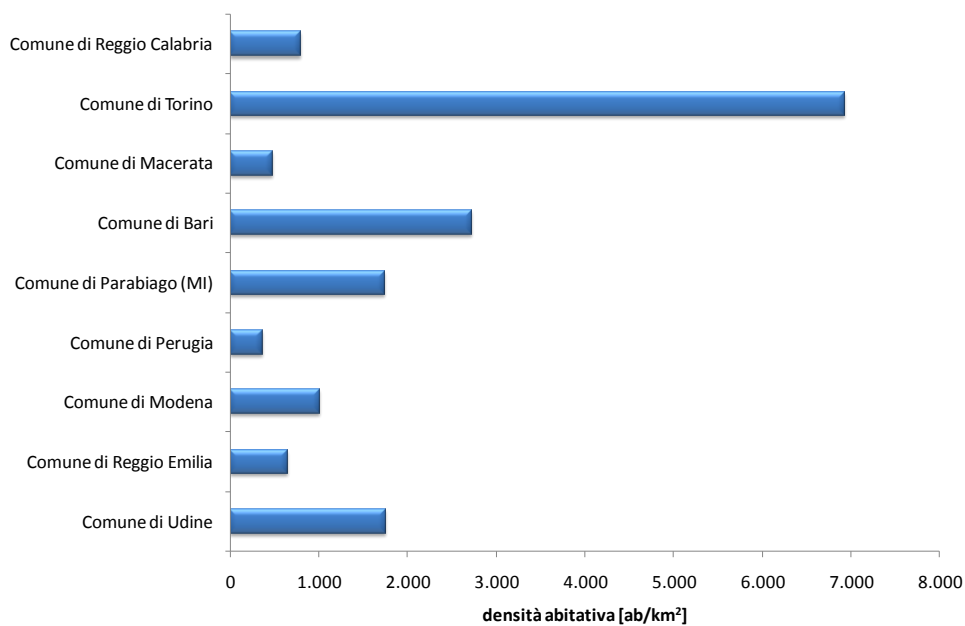
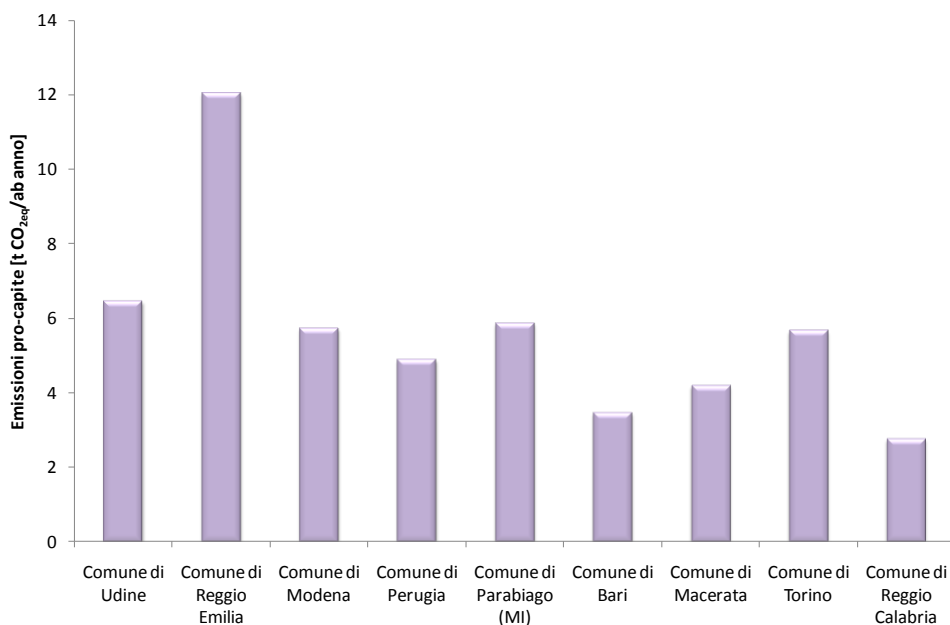
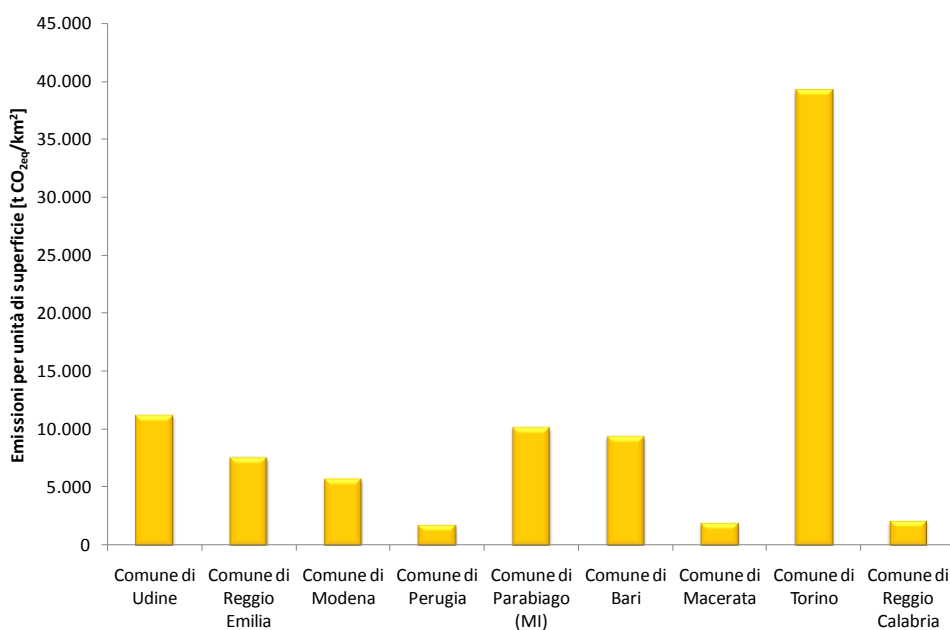


Figura 4.30. Densità abitative dei Comuni considerati, negli anni di riferimento dell'inventario.

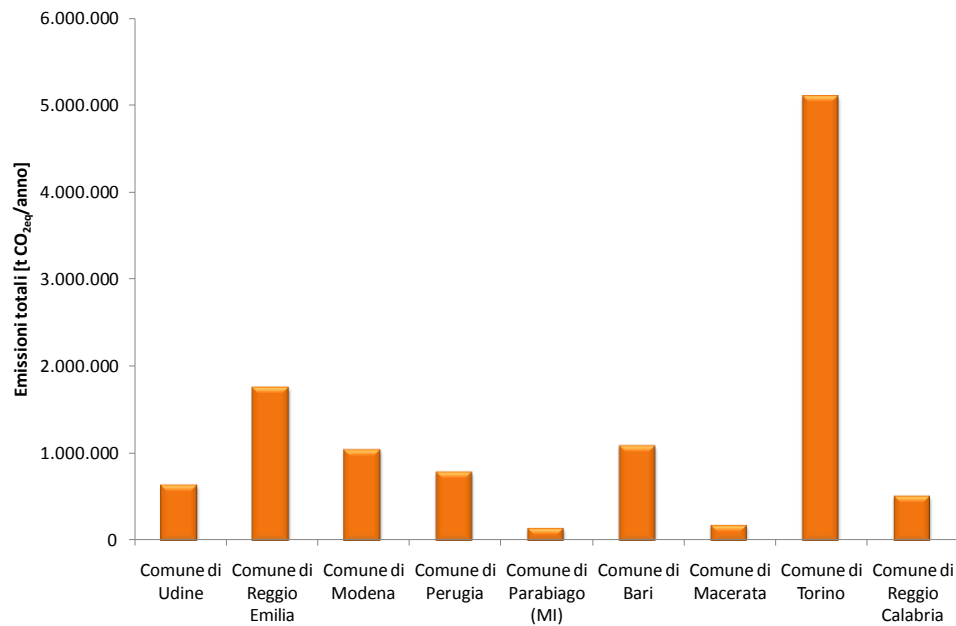


**Figura 4.31. Emissioni pro-capite di gas serra provenienti dal Settore Energia, in tCO<sub>2eq</sub>/(ab anno) negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni.**



**Figura 4.32. Emissioni per unità di superficie di gas serra provenienti dal Settore Energia, in tCO<sub>2eq</sub>/(km<sup>2</sup> anno) negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni.**

Per quanto riguarda le emissioni per unità di superficie il Comune con maggiori emissioni è Torino (39.182,2 tCO<sub>2eq</sub>/km<sup>2</sup>), mentre quello con minori emissioni è il Comune di Perugia (1.752,6 tCO<sub>2eq</sub>/km<sup>2</sup>). Nel Comune di Reggio Calabria sono contabilizzate 2.171,4 tCO<sub>2eq</sub>/km<sup>2</sup>.



**Figura 4.33. Emissioni totali di gas serra provenienti dal Settore Energia, in tCO<sub>2eq</sub>/anno negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni.**

Osservando la Figura 4.33 il Comune che conta emissioni più elevate provenienti da Settore Energia è, ancora, il Comune di Torino, dove più del 50% (Figura 4.34 e Figura 4.35) sono da associare alla sotto-categoria del *civile*, ove, si ricorda, sono incluse le quote di terziario, residenziale, e produzione/consumo di energia elettrica.

Eccetto che per il Comune di Perugia, in cui più del 60% delle emissioni è associabile ai trasporti, in tutti i Comuni la quota maggiore è sempre quella del civile, seguita dai trasporti. Nel Comune di Reggio Calabria queste sottocategorie si discostano di poco, in quanto lo 0,1% delle emissioni proviene dal comparto agricolo, il resto tutto da trasporti e civile.

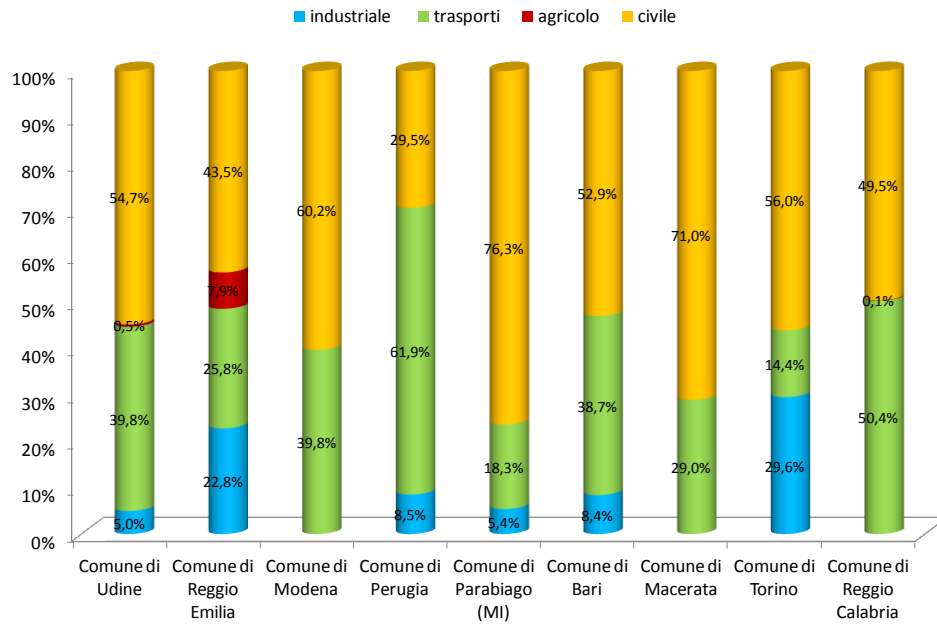


Figura 4.34. Ripartizione percentuale delle categorie di emissione di gas serra provenienti dal Settore Energia, negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni.

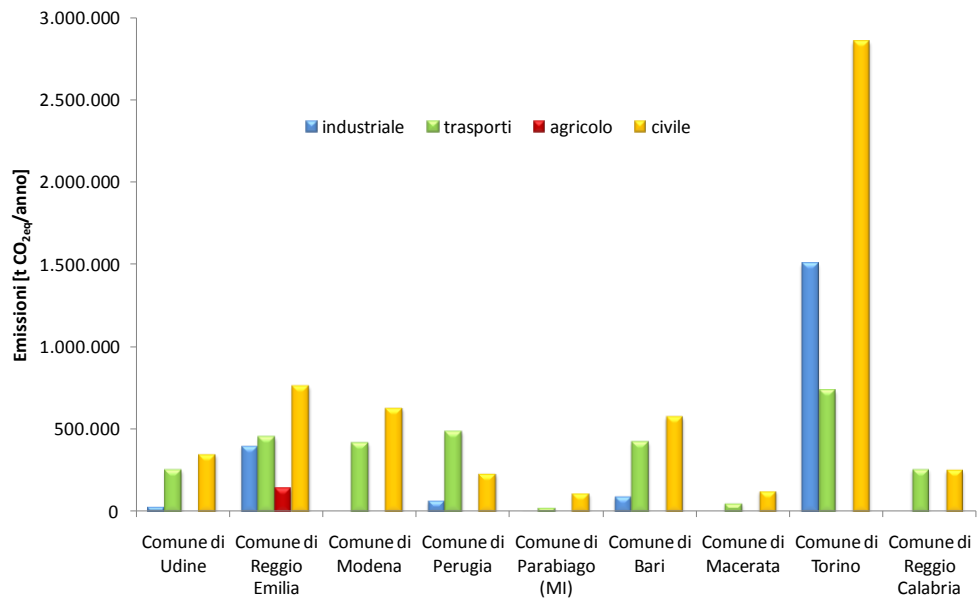


Figura 4.35. Ripartizione delle categorie di emissione di gas serra provenienti dal Settore Energia, negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni.

## Bibliografia

- Comune di Bari, (2011). *Piano di azione per l'energia sostenibile..* Comune di Bari, Settore Ambiente. Maggio, 2011.
- Comune di Macerata, (2009). *Piano Energetico Ambientale Comunale.* Comune di Macerata.
- Comune di Modena, (2007). *Piano Energetico Comunale.* Comune di Modena, Settore Ambiente. Marzo, 2007.
- Comune di Modena, (2011). *Piano di azione per l'energia sostenibile.* Comune di Modena, Settore Ambiente.
- Comune di Parabiago (MI), (2005). *Relazione sullo stato dell'Ambiente a Parabiago. Approfondimenti.* A cura di Raul Dal Santo e Ivano Colombo. Comune di Parabiago, 2005.
- Comune di Perugia, (2005). *Piano energetico e ambientale del Comune di Perugia.* Comune di Perugia e Università degli Studi di Perugia.
- Comune di Reggio Emilia, (2008). *Piano Energetico Comune di Reggio Emilia.* Comune di Reggio Emilia, Giacomo Bizzarri. Novembre, 2008.
- Comune di Reggio Emilia, (2010). *Report delle emissioni di gas serra del Comune di Reggio Emilia.* Comune di Reggio Emilia, LAKS (Local Accountability for Kyoto Goals). Giugno, 2010.
- Comune di Torino, (2011). *Piano di azione per l'energia sostenibile.* Comune di Torino, Dicembre 2011.
- Comune di Udine, (2009). *Piano Energetico Comunale.* Comune di Udine, ECUBA S.r.L. Ottobre, 2009.
- ENEA, (2010). *Inventario annuale delle emissioni di gas serra su scala regionale. Le emissioni di anidride carbonica dal sistema energetico. Rapporto 2010.* Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Roma, 2010.
- GUCE, (2009). *Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.* L. 140/16 del 5/06/2009.
- GURI, (1991). *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.* Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana, n. 10 del 9/01/1991.
- GURI, (2011). *Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28. Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.* Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana, n. 71 del 25/03/2011.
- ISTAT, (2011). *Indicatori ambientali urbani.* Anno 2010.
- MSE, (2010). *Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili dell'Italia.* Ministero dello Sviluppo Economico. Roma, 30/06/2010.
- Provincia di Modena, (2005). *Bilancio serra della provincia di Modena 1990-1999.* Provincia di Modena, Settore Ambiente. Agosto, 2005.
- Provincia di Siena, (2009, 2010). *Progetto Reges. Progetto per la verifica e la certificazione della Riduzione delle Emissioni di Gas a Effetto Serra per il territorio della Provincia di Siena (anni 2006 e 2007).*
- Regione Calabria, (2005). *Piano Energetico Ambientale Regionale.* BURC, 31 Marzo 2005.
- Regione Lombardia, (2008). *Inventario delle Emissioni in Atmosfera della Regione Lombardia (anno 2008).*  
Da: <http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/HomeLombardia>
- Regione Marche, (2010). *Piano di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell'Aria Ambiente (anno*



2009).

Regione Puglia, (2007). *Inventario delle Emissioni in Atmosfera della Regione Puglia (anno 2007)*. Da:  
<http://www.inemar.arpa.puglia.it/>

Setti, (2011). *Gli Enti Locali e la transizione energetica verso l'Europa del 2050*. Presentazione al Convegno  
"Fonti energetiche e sviluppo sostenibile". Imola, 10/11/2011.

Tenuta Paolo, (2009). *Indici e modelli di sostenibilità*. Franco Angeli Editore. Milano, 2009.

<http://unfccc.int/2860.php>



## Capitolo 5. Il ruolo delle Amministrazioni locali nel contenimento delle emissioni del Settore Energia: una nuova edilizia sostenibile

### 5.1 Introduzione

Tra tutti i Settori che contribuiscono alle emissioni di gas serra quello maggiormente rilevante è, come dimostrato nei precedenti capitoli, il Settore Energia.

In questo capitolo si vogliono approfondire le iniziative di interesse di questo Settore, mirate al raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto, in primis, e di quelli dell'ambizioso pacchetto *Clima ed Energia* dell'UE, in secondo luogo.

Infatti, dalla ripartizione degli obiettivi scaturita da quest'ultimo, è emerso il ruolo fondamentale delle autorità locali nel raggiungimento dei traguardi climatici ed energetici fissati.

Secondo l'UE le Amministrazioni locali possono fare molto per concretizzare le potenzialità di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, perché hanno la possibilità di agire "dal basso" e in modo mirato su tutti quei settori energivori di loro diretta competenza (e non ricadenti nei settori ETS) come edilizia, agricoltura, trasporti, rifiuti. Inoltre, essendo a diretto contatto con i cittadini, possono fare molto per ridurre la domanda di energia, attraverso l'informazione e la promozione di nuovi modelli di consumo.

In questo contesto si inserisce, dunque, l'iniziativa volontaria promossa dall'UE, nota come **Patto dei Sindaci**, ovvero "**Covenant of Mayors**", partita ufficialmente nel febbraio del 2009. Tale programma coinvolge i Sindaci delle Amministrazioni Locali, i quali diventano protagonisti nel processo europeo teso al risparmio energetico, firmando un Protocollo che li impegna ad attuare un Piano d'Azione per ridurre di oltre il 20% le emissioni di gas serra entro il 2020.

### 5.2 Il Patto dei Sindaci nell'Unione Europea

Come già anticipato nel Capitolo 4 di questo lavoro di tesi il Patto dei Sindaci è un'iniziativa per cui paesi, città e regioni si impegnano volontariamente a ridurre le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> oltre l'obiettivo del 20%. Questo impegno formale deve essere perseguito attuando, entro un anno dall'adesione ufficiale, un **Piano di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES)**, all'interno del quale deve essere compreso un **Inventario di Base delle Emissioni (IBE)**.

Un PAES è un documento chiave in cui i firmatari del patto delineano in che modo intendono raggiungere l'obiettivo minimo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2020. Definisce le attività e gli obiettivi, valuta i tempi e le responsabilità assegnate. I firmatari del Patto sono liberi di scegliere il formato del proprio PAES, a condizione che

questo sia in linea con i principi enunciati nelle Linee Guida del PAES.

L'IBE fornisce indicazioni sulle fonti di CO<sub>2</sub> presenti sul territorio comunale. Si tratta quindi di un prerequisito per l'elaborazione del PAES, in quanto permette di individuare gli interventi più appropriati. Gli inventari effettuati negli anni successivi permetteranno di valutare il livello di riduzione di CO<sub>2</sub> e, se necessario, di prendere ulteriori provvedimenti.

Per le sue singolari caratteristiche - essendo l'unico movimento di questo genere a mobilitare gli attori locali e regionali ai fini del perseguimento degli obiettivi europei - il Patto dei Sindaci è considerato dalle istituzioni europee come un eccezionale modello di governance multilivello.

Gli attori principali all'interno del Patto dei Sindaci sono:

- i firmatari;
- i coordinatori;
- i sostenitori.

I **firmatari** rappresentano città dalle dimensioni molto variabili, dai piccoli comuni alle grandi aree metropolitane come Londra o Parigi. Entro un anno dalla data di adesione, i firmatari del Patto si impegnano ad attuare i Piani d'azione per l'energia sostenibile nei loro territori, al fine di tagliare le emissioni di CO<sub>2</sub> di almeno il 20% entro il 2020. Ad oggi si contano 3.369 città firmatarie.

Esistono poi i **coordinatori** del Patto, rappresentati da quelle Amministrazioni Pubbliche che forniscono consulenza strategica e sostegno tecnico-finanziario ai Comuni che aderiscono al Patto dei Sindaci ma che non dispongono delle necessarie competenze e/o risorse per soddisfare i requisiti. La Commissione distingue tra i "Coordinatori territoriali", rappresentati dalle autorità decentralizzate subnazionali (ivi comprese le province, le regioni e i raggruppamenti pubblici dei comuni), e i "Coordinatori nazionali", rappresentati dagli organismi pubblici nazionali (ivi comprese le agenzie per l'energia nazionali e i ministeri dell'energia). Ad oggi i coordinatori sono 94.

Infine i **sostenitori** del Patto sono, secondo la Commissione Europea, quelle reti europee, nazionali e regionali, nonché quelle associazioni di enti locali che utilizzano al meglio le loro attività di collegamento, di lobbying e di comunicazione per promuovere l'iniziativa del Patto dei Sindaci e sostenere gli impegni dei firmatari. Attualmente i sostenitori sono 65.

### *5.2.1 Il piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES)*

Il Patto dei Sindaci si incentra su interventi a livello locale nell'ambito delle competenze dell'autorità locale. Il PAES dovrebbe concentrarsi su azioni volte a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> e il consumo finale di energia da parte degli utenti finali.

L'impegno dei firmatari copre l'intera area geografica di competenza dell'autorità locale (paese, città, regione). Gli interventi del PAES, quindi, dovrebbero riguardare sia il

settore pubblico, sia quello privato.

Gli obiettivi principali riguardano gli edifici, le attrezzature, gli impianti e il trasporto pubblico. Il PAES include anche degli interventi relativi alla produzione locale di elettricità (energia fotovoltaica, eolica, cogenerazione, miglioramento della produzione locale di energia), generazione locale di riscaldamento/raffreddamento. Il PAES dovrebbe coprire quelle aree in cui le autorità locali possono influenzare il consumo di energia a lungo termine (come la pianificazione territoriale). Inoltre dovrebbe incoraggiare il consumo di prodotti e servizi efficienti dal punto di vista energetico (appalti pubblici) e stimolare un cambiamento nelle modalità di consumo (lavorando con i cittadini e gli stakeholder).

Al contrario, quello industriale non è uno dei settori-obiettivo chiave del Patto dei Sindaci, per cui l'autorità locale può scegliere se includere o meno degli interventi in questo settore. In ogni caso, gli impianti coperti dall'ETS (Sistema europeo per lo scambio di quote di emissione di CO<sub>2</sub>) devono essere esclusi, a meno che non siano stati compresi dalle autorità locali in piani precedenti.

L'orizzonte temporale del Patto dei Sindaci è il 2020. Il PAES deve quindi indicare chiaramente le azioni strategiche che l'autorità locale intende intraprendere per raggiungere gli obiettivi previsti per il 2020. Il PAES può anche coprire un periodo più lungo, ma in questo caso dovrebbe contenere dei valori e degli obiettivi intermedi per il 2020.

Poiché non sempre è possibile programmare in dettaglio misure e budget concreti per un periodo così lungo, l'autorità locale può distinguere tra:

- una visione, con una strategia di lungo periodo e degli obiettivi sino al 2020, che comprenda un impegno formale in aree come pianificazione territoriale, trasporti e mobilità, appalti pubblici, standard per edifici nuovi o ristrutturati ecc.;
- misure dettagliate per i prossimi 3-5 anni che traducono strategie e obiettivi a lungo termine in azioni.

Le fasi principali di attuazione di un PAES possono essere così sintetizzate:

1. **Approvazione del PAES** da parte del consiglio comunale (o un organo decisionale equivalente). Un sostegno politico forte è fondamentale per garantire la riuscita del processo, a partire dall'ideazione del PAES, sino all'attuazione e al monitoraggio.
2. Impegno a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> almeno del 20% entro il 2020. Il PAES deve contenere un riferimento chiaro a questo impegno fondamentale, preso dall'autorità locale con l'adesione al Patto dei Sindaci. L'anno di riferimento consigliato è il 1990. Tuttavia, se l'autorità locale non dispone di dati per compilare un inventario per il 1990, dovrebbe scegliere il primo anno disponibile per il quale possano essere raccolti dati più completi e affidabili (a tal riguardo si legga il paragrafo successivo circa la scelta dell'anno base). L'impegno a ridurre il livello complessivo di CO<sub>2</sub> deve tradursi in azioni e misure concrete. Inoltre, i

firmatari devono presentare una stima della riduzione di CO<sub>2</sub> in tonnellate prevista per il 2020. Le autorità locali che hanno fissato degli obiettivi a più lungo termine (per esempio il 2030) dovrebbero stabilire degli obiettivi intermedi entro il 2020 per motivi di comparabilità.

3. Redazione di un **inventario di base delle emissioni di CO<sub>2</sub>** (IBE). Un'ottima conoscenza della situazione locale riguardo ai fattori energetici e alle emissioni di gas serra dovrebbe essere alla base dell'elaborazione del PAES. Per questo si dovrebbe valutare la situazione attuale, ivi incluso un IBE, che è un impegno chiave assunto con la sottoscrizione del Patto dei Sindaci. L'IBE deve essere compreso nel PAES.

L'IBE e gli inventari successivi sono strumenti fondamentali per l'autorità locale, in quanto consentono di chiarire le priorità d'intervento, valutare l'impatto delle misure prese e determinare i progressi rispetto all'obiettivo. Inoltre motiva tutte le parti coinvolte, essendo uno strumento che consente di quantificare i risultati raggiunti. Di seguito alcuni punti da tenere in considerazione:

- l'IBE deve riferirsi alla situazione locale, basandosi, per esempio, su dati di consumo energetico/produzione di energia, di mobilità ecc. raccolti entro il territorio dell'autorità locale. Le stime basate su medie nazionali/regionali nella maggior parte dei casi non sono appropriate, in quanto non consentono di comprendere gli sforzi dell'autorità locale per raggiungere gli obiettivi di riduzione di CO<sub>2</sub>;
- la metodologia utilizzata e le fonti dei dati devono essere coerenti negli anni;
- l'IBE deve coprire almeno quei settori in cui l'autorità locale intende agire per rispettare l'obiettivo prefissatosi di riduzione delle emissioni (es. tutti i settori che rappresentano delle fonti di emissione di CO<sub>2</sub> significative: edifici residenziali, comunali, terziari, impianti e trasporti);
- l'IBE deve essere accurato, o deve almeno rappresentare una visione accettabile della realtà;
- il processo di raccolta dei dati, le fonti e la metodologia per il calcolo dell'IBE devono essere documentati accuratamente (se non nel PAES almeno nella documentazione dell'autorità locale).

4. **Misure dettagliate relative ai settori chiave di attività.** I firmatari si impegnano a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> nei rispettivi territori. Il PAES deve quindi contenere un insieme coerente di misure relative ai settori-chiave di attività. Questi sono non solo gli edifici e gli impianti gestiti dall'autorità locale, ma anche i principali settori di attività nel territorio dell'autorità locale: settore residenziale, terziario, trasporti pubblici e privati, industria (facoltativa) ecc. Prima di iniziare a definire interventi e misure, si raccomanda fortemente di stabilire una visione a lungo termine con obiettivi chiari. Le linee guida PAES contengono numerosi suggerimenti riguardo alle politiche e alle misure applicabili a livello locale.

5. **Strategie e azioni sino al 2020.** Il piano deve indicare chiaramente gli interventi strategici che l'autorità locale intende attuare per raggiungere gli obiettivi presi per il 2020. In particolare, deve includere:
  - una strategia e degli obiettivi sino al 2020, tra cui un impegno formale in aree come pianificazione territoriale, trasporti e mobilità, appalti pubblici, norme per edifici nuovi o ristrutturati ecc.;
  - misure dettagliate per i prossimi 3-5 anni che traducono strategie e obiettivi a lungo termine in azioni. Per ogni misura/intervento è importante indicare una descrizione, il dipartimento o la persona responsabile, la tempistica (inizio-fine, obiettivi intermedi), una stima dei costi, le fonti di finanziamento, il risparmio energetico/l'aumento della produzione di energia rinnovabile previsti e una stima della riduzione di CO<sub>2</sub> associata.
6. **Adattamento delle strutture cittadine.** Uno degli ingredienti del successo è quello di non concepire il PAES come qualcosa di esterno ai vari dipartimenti dell'amministrazione locale, ma integrarlo nella amministrazione quotidiana del territorio. Per questo "adattare le strutture cittadine" è uno degli impegni chiave del Patto. Il PAES deve descrivere quali strutture sono disponibili o verranno organizzate per attuare gli interventi e valutare i risultati. Inoltre, dovrebbe specificare quali sono le risorse umane disponibili.
7. **Mobilitazione della società civile.** Per mettere in atto e raggiungere gli obiettivi previsti nel piano, l'adesione e la partecipazione della società civile sono essenziali. La mobilitazione della società civile è uno degli impegni del Patto dei Sindaci. Il piano deve descrivere come la società civile sia stata coinvolta nella fase di elaborazione e successivamente come verrà coinvolta in quelle di attuazione e verifica.
8. **Finanziamento.** Non è possibile attuare un piano senza avere delle risorse finanziarie. Il piano deve identificare le principali fonti di finanziamento degli interventi previsti.
9. **Monitoraggio e relazioni.** Un controllo regolare utilizzando degli indicatori rilevanti, seguito da revisioni adeguate del PAES permette di valutare il raggiungimento degli obiettivi e, se necessario, adottare delle misure correttive. I firmatari del Patto, quindi, si impegnano a presentare un "Relazione di Attuazione" su base biennale a partire dalla presentazione del PAES. Nel 2010 verranno pubblicate delle linee guida specifiche. Il PAES deve descrivere brevemente come l'autorità intende mettere in atto gli interventi previsti e monitorarne i risultati.
10. **Presentazione del PAES e compilazione del modulo.** I firmatari si impegnano a presentare il proprio PAES entro un anno dall'adesione. Il PAES deve essere caricato nella lingua nazionale (o in inglese) sul sito del Patto dei Sindaci. I firmatari dovranno anche compilare online un modulo PAES in inglese. Ciò

permetterà di riassumere i risultati dell'Inventario di Base delle Emissioni e gli elementi chiave del PAES.

### 5.2.2 *L'inventario di base delle emissioni (IBE)*

L'Inventario di Base delle Emissioni (IBE) quantifica la CO<sub>2</sub> emessa nel territorio dell'autorità locale (ossia del Firmatario del Patto) durante l'anno di riferimento. Il documento permette di identificare le principali fonti antropiche di emissioni di CO<sub>2</sub> e quindi di assegnare l'opportuna priorità alle relative misure di riduzione. L'autorità locale può includere anche le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O all'interno dell'IBE. L'inclusione o meno di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O dipende dal fatto che siano previste delle misure per ridurre tali gas serra nel Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) e dall'approccio scelto per la determinazione del fattore di emissione (standard o valutazione del ciclo di vita (LCA)).

L'elaborazione dell'IBE è di importanza cruciale poiché l'inventario sarà lo strumento che consentirà alle autorità locali di misurare l'impatto dei propri interventi relativi al cambiamento climatico. L'IBE mostrerà la situazione di partenza per l'autorità locale e i successivi inventari di monitoraggio delle emissioni mostreranno il progresso rispetto all'obiettivo. Gli inventari delle emissioni sono elementi molto importanti per mantenere alta la motivazione di tutte le parti disposte a contribuire all'obiettivo di riduzione di CO<sub>2</sub> dell'autorità locale, poiché consente di constatare i risultati dei propri sforzi.

L'obiettivo complessivo di riduzione di CO<sub>2</sub> dei Firmatari del Patto dei Sindaci è di almeno il 20% entro il 2020, da raggiungere attraverso l'attuazione del PAES nei settori di attività influenzabili dall'autorità locale. L'obiettivo di riduzione è definito rispetto all'anno di riferimento stabilito dall'autorità locale. L'autorità locale può decidere se definire l'obiettivo complessivo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> come "riduzione assoluta" o "riduzione pro capite".

Secondo i principi del Patto dei Sindaci, ogni firmatario è responsabile per le emissioni che sono prodotte in conseguenza del consumo di energia nel proprio territorio.

L'IBE quantifica le emissioni nell'anno di riferimento. Oltre a tale inventario, gli inventari delle emissioni saranno compilati negli anni successivi in modo da monitorare i progressi rispetto all'obiettivo. Questo tipo di inventario viene denominato Inventario di Monitoraggio delle Emissioni (IME). L'IME seguirà gli stessi metodi e principi dell'IBE.

Nella compilazione dell'IBE/IME, i seguenti concetti sono di fondamentale importanza:

- *Anno di riferimento.* L'anno di riferimento è l'anno rispetto al quale saranno confrontati i risultati della riduzione delle emissioni nel 2020. L'UE si è impegnata a ridurre le emissioni del 20% entro il 2020 rispetto al 1990. Il 1990 è anche l'anno di riferimento del Protocollo di Kyoto. Per poter confrontare la riduzione delle emissioni dell'UE e dei firmatari del Patto, è necessario stabilire un anno di riferimento comune. Pertanto il 1990 è l'anno di riferimento consigliato per l'IBE. Tuttavia, qualora non disponga dei dati per compilare un inventario relativo al 1990, l'autorità locale dovrebbe scegliere il primo anno disponibile per il quale



possano essere raccolti dati quanto più completi e affidabili possibile. In particolare, secondo le indicazioni del MATTM (MATTM, 2009), l'anno base può variare a seconda del contesto di partenza:

- per le città che hanno preparato un Piano di Azione con impegni concreti precedentemente alla sottoscrizione del Patto, si rispetta quanto deciso in precedenza;
  - per città interessate a impegnarsi ma che non dispongono di una stima delle emissioni, l'anno di riferimento sarà l'anno nel quale viene calcolata la stima delle emissioni (ad esempio, facendo riferimento alle stime più recenti disponibili);
  - per città che hanno già una stima delle emissioni per una serie di anni e che, sottoscrivendo il Patto, si accingono a preparare il Piano di Azione, si suggerisce di assumere come anno di riferimento il 2005, stesso anno adottato dall'Ue per l'intero pacchetto energetico.
- *Dati di attività.* I dati di attività quantificano l'attività umana esistente nel territorio dell'autorità locale.
  - *Fattori di emissione.* I fattori di emissione sono coefficienti che quantificano le emissioni per unità di attività.

I confini geografici dell'IBE/IME sono i confini amministrativi dell'autorità locale. L'inventario di base di CO<sub>2</sub> si baserà essenzialmente sul consumo finale di energia, includendo sia il consumo energetico comunale, sia quello non comunale nel territorio dell'autorità locale. Tuttavia, anche fonti non connesse all'energia possono essere incluse nell'IBE.

L'IBE quantifica le seguenti emissioni derivanti dal consumo energetico nel territorio dell'autorità locale:

- a) Emissioni dirette dovute alla combustione di carburante nel territorio, negli edifici, in attrezzature/impianti e nei settori del trasporto;
- b) Emissioni (indirette) legate alla produzione di elettricità, calore o freddo consumati nel territorio;
- c) Altre emissioni dirette prodotte nel territorio, in base alla scelta dei settori dell'IBE.

I suddetti punti a) e c) quantificano le emissioni che fisicamente si verificano nel territorio. La valutazione di tali emissioni segue i principi dell'IPCC usati nelle relazioni dei paesi alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e nel contesto del Protocollo di Kyoto.

### 5.2.3 I fattori di emissione nell'IBE

Nella scelta dei fattori di emissione si possono seguire due diversi approcci:

1. *Utilizzare fattori di emissione "Standard"* in linea con i principi dell'IPCC, che comprendono tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'energia consumata nel territorio comunale, sia direttamente, tramite la combustione di carburanti all'interno dell'autorità locale, che indirettamente, attraverso la combustione di carburanti associata all'uso dell'elettricità e di calore/freddo nell'area comunale. I fattori di emissione standard si basano sul contenuto di carbonio di ciascun combustibile, come avviene per gli inventari nazionali dei gas a effetto serra redatti nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e del Protocollo di Kyoto. Secondo questo approccio il gas a effetto serra più importante è la CO<sub>2</sub> e le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O non è necessario siano calcolate. Inoltre le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'uso sostenibile della biomassa e dei biocombustibili, così come le emissioni derivanti da elettricità verde certificata, sono considerate pari a zero. I fattori di emissione standard forniti in queste linee guida si basano sulle linee guida IPCC del 2006 (IPCC, 2006). Tuttavia, l'autorità locale può decidere di utilizzare anche altri fattori di emissione in linea con le definizioni IPCC.
2. *Utilizzare fattori di emissione LCA (valutazione del ciclo di vita)*, che prendono in considerazione l'intero ciclo di vita del vettore energetico. Tale approccio tiene conto non solo delle emissioni derivate dalla combustione finale, ma anche di tutte quelle emissioni che si originano all'interno della catena di approvvigionamento dei carburanti, come le emissioni dovute allo sfruttamento, al trasporto, ai processi di raffinazione. Esso include anche emissioni che si verificano al di fuori del territorio in cui il combustibile è utilizzato. Nell'ambito di questo approccio le emissioni di gas a effetto serra derivanti dall'uso di biomasse/biocombustibili, così come le emissioni connesse all'uso di elettricità verde certificata sono superiori a zero. In questo caso possono svolgere un ruolo importante altri gas a effetto serra diversi dalla CO<sub>2</sub>. Le autorità locali che decidono di utilizzare l'approccio LCA possono pertanto esprimere le emissioni come CO<sub>2</sub> equivalenti.

Tuttavia, se con la metodologia o con lo strumento utilizzato si calcolano solo le emissioni di CO<sub>2</sub>, le emissioni possono essere indicate come CO<sub>2</sub> (in t). L'approccio LCA è un metodo standardizzato a livello internazionale (serie ISO 14040) e utilizzato da un gran numero di società e governi, anche per determinare l'impronta di carbonio. L'approccio LCA è la base scientifica usata nell'ambito, ad esempio, delle Strategie tematiche sulle risorse naturali e sui rifiuti, della direttiva sulla progettazione ecocompatibile, e del Regolamento sul marchio di qualità ecologica.

A livello comunitario una serie di documenti di orientamento tecnico basati sulla serie ISO 14040 è attualmente in fase di sviluppo, con il coordinamento del Centro Comune di Ricerca (JRC) della Commissione europea: il manuale International Reference Life Cycle Data System (ILCD) viene preparato all'interno dell'UE e in collaborazione con progetti LCA nazionali anche al di fuori dell'UE (Cina, Giappone e Brasile compresi), nonché una

serie di società commerciali europee.

Una Banca Dati ILCD (JRC et al., 2009) è al momento in fase di preparazione (lancio previsto per la fine del 2009) e sarà aperta a tutti i fornitori di dati in modo che questi abbiano accesso a dati LCA coerenti e di qualità certificata. La rete può raccogliere dati gratuiti, dati autorizzati, dati per i soli membri, ecc.

I fattori di emissione LCA forniti in queste linee guida si basano sullo European Reference Life

Cycle Database (ELCD) (JRC, 2009). L'ELCD fornisce dati LCA per la maggior parte dei combustibili e dati specifici sui mix di elettricità all'interno degli Stati membri. Sia i dati ELCD che i dati ILCD si basano sui fattori di riscaldamento globale dell'IPCC per i singoli gas.

I vantaggi di entrambi gli approcci sono riassunti nella Tabella 2.2.

**Tabella 5.1. Confronto tra i fattori di emissione standard e LCA (UE, 2010).**

<b>Vantaggio</b>	<b>Standard</b>	<b>LCA</b>
È compatibile con le relazioni nazionali all'UNFCCC	X	
È compatibile con il monitoraggio dei progressi verso l'obiettivo 20-20-20 dell'UE	X	
È compatibile con gli approcci a impronta di carbonio		X
È compatibile con la direttiva sulla progettazione ecocompatibile (2005/32/CE) e il Regolamento sul marchio di qualità ecologica		X
Tutti i fattori di emissione necessari sono facilmente disponibili	X	
Riflette l'impatto ambientale totale anche al di fuori del luogo di utilizzo		X
Sono strumenti utilizzabili per gli inventari locali	X	X

I fattori di emissione standard dipendono dal contenuto di carbonio dei combustibili e quindi non variano significativamente a seconda delle fonti. Nel caso dell'approccio LCA, invece, ottenere informazioni sulle emissioni che si generano durante il processo di produzione può essere impegnativo. Inoltre, possono esserci differenze considerevoli anche per lo stesso tipo di combustibile. Ciò è in particolare il caso della biomassa e dei biocombustibili.

I gas serra da includere nell'IBE/IME dipendono dalla scelta dei settori e da quella del fattore di emissione (approccio standard o LCA). Se vengono scelti i fattori di emissione standard secondo i principi dell'IPCC, è sufficiente indicare le emissioni di CO<sub>2</sub>, perché l'importanza degli altri gas serra è esigua.

Tuttavia, altri gas serra possono essere inclusi nell'inventario di base, anche qualora vengano scelti i fattori di emissione standard. Ad esempio, l'autorità locale può decidere di utilizzare fattori di emissione che prendano in considerazione anche le emissioni di CH<sub>4</sub>

e N<sub>2</sub>O derivanti dalla combustione. Inoltre, se l'autorità locale decide di includere le discariche e/o il trattamento delle acque reflue nell'inventario, le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O dovranno essere incluse.

Nel caso venga preferito l'approccio LCA, altri gas serra diversi dalla CO<sub>2</sub> possono avere un ruolo importante.

Le emissioni di gas serra diversi dalla CO<sub>2</sub> sono convertite in CO<sub>2</sub> equivalente usando i valori del Potenziale di Riscaldamento Globale (Global Warming Potential, GWP). Nel contesto del Patto dei Sindaci è consigliato di applicare i valori di GWP che vengono utilizzati nelle relazioni all'UNFCCC e nel Protocollo di Kyoto, per come precedentemente esplicitati.

**Tabella 5.2. Fattori di emissione standard di CO<sub>2</sub> (da IPCC, 2006) e fattori di emissione LCA equivalenti di CO<sub>2</sub> (da ELCD) per i più comuni tipi di combustibile (UE, 2010).**

<b>Tipo</b>	<b>Fattore di emissione standard [t CO<sub>2</sub>/MWh]</b>	<b>Fattore di emissione LCA [t CO<sub>2eq</sub>/MWh]</b>
Benzina per motori	0,249	0,299
Gasolio, diesel	0,267	0,305
Olio combustibile residuo	0,279	0,310
Antracite	0,354	0,393
Altro carbone bituminoso	0,341	0,380
Carbone sub-bituminoso	0,346	0,385
Lignite	0,364	0,375
Gas naturale	0,202	0,237
Rifiuti urbani (frazione non biomassa)	0,330	0,330
Legno	0 – 0,403	0,002 – 0,405
Olio vegetale	0	0,182
Biodiesel	0	0,156
Bioetanolo	0	0,206
Energia solare termica	0	-
Energia geotermica	0	-

#### *5.2.4 Relazione e documentazione*

I Firmatari del Patto si impegnano a presentare il proprio PAES, IBE compreso, entro un anno dalla firma del Patto dei Sindaci.

Inoltre, i Firmatari sono tenuti a presentare almeno ogni due anni dopo la presentazione del PAES, un rapporto di attuazione per scopi di valutazione, monitoraggio e verifica. L'Inventario di Monitoraggio delle Emissioni (IME) è una parte raccomandata di tale rapporto di attuazione.

I Firmatari sono tenuti a presentare un rapporto di attuazione almeno ogni due anni. Di conseguenza, un IME dovrebbe essere incluso almeno ogni due rapporti di attuazione.

Ciò comporta che un IME sia realizzato e presentato almeno ogni quattro anni.

L'autorità locale può decidere di definire l'obiettivo complessivo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> come "riduzione assoluta" o "riduzione pro capite", la cui scelta deve essere indicata nel rapporto di inventario.

Indipendentemente dalla scelta, le emissioni nell'IBE sono prima calcolate come emissioni assolute. Nel caso in cui si scelga la "riduzione pro capite", le emissioni dell'anno di riferimento sono divise per il numero di abitanti dello stesso anno e queste "emissioni pro capite nell'anno di riferimento" sono usate come base per il calcolo dell'obiettivo.

Nel caso in cui si scelga l'approccio "pro capite", si consiglia all'autorità locale di indicare i risultati dell'IBE/IME sia come emissioni assolute che pro capite.

#### *5.2.5 Stato dell'arte in Italia*

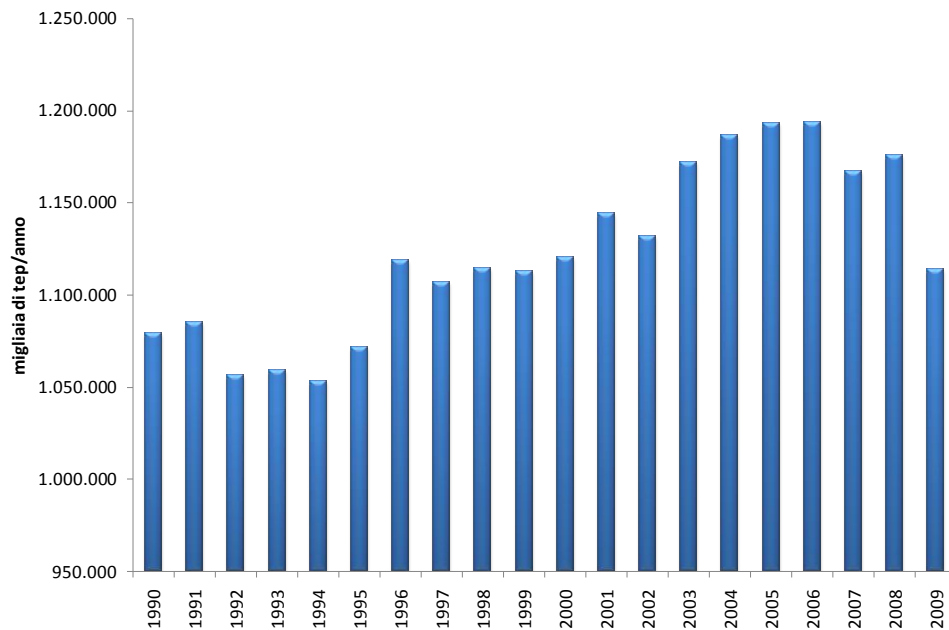
Alla data attuale sono più di 1.400 i Comuni firmatari in Italia del Patto dei Sindaci, di cui 38 in Calabria e 4 nella provincia di Reggio Calabria (Bagnara, Campo Calabro, Gioia Tauro, San Roberto).

Di questi ultimi il PAES è ancora in fase di redazione. Infatti il Comune di Bagnara ha firmato il Patto in data 15/11/2010, il Comune di Campo Calabro il 09/11/2010, Gioia Tauro il 09/11/2011, ed infine il Comune di San Roberto il 24/03/2011.

### **5.3 I consumi di energia nel Settore civile in Europa**

Gli edifici sono responsabili del 40% del consumo totale di energia nell'UE e sono spesso le principali fonti di CO<sub>2</sub> e i maggiori consumatori di energia. È di fondamentale importanza, quindi, ideare delle politiche efficienti per ridurre il consumo di energia e le emissioni di CO<sub>2</sub> in questo settore.

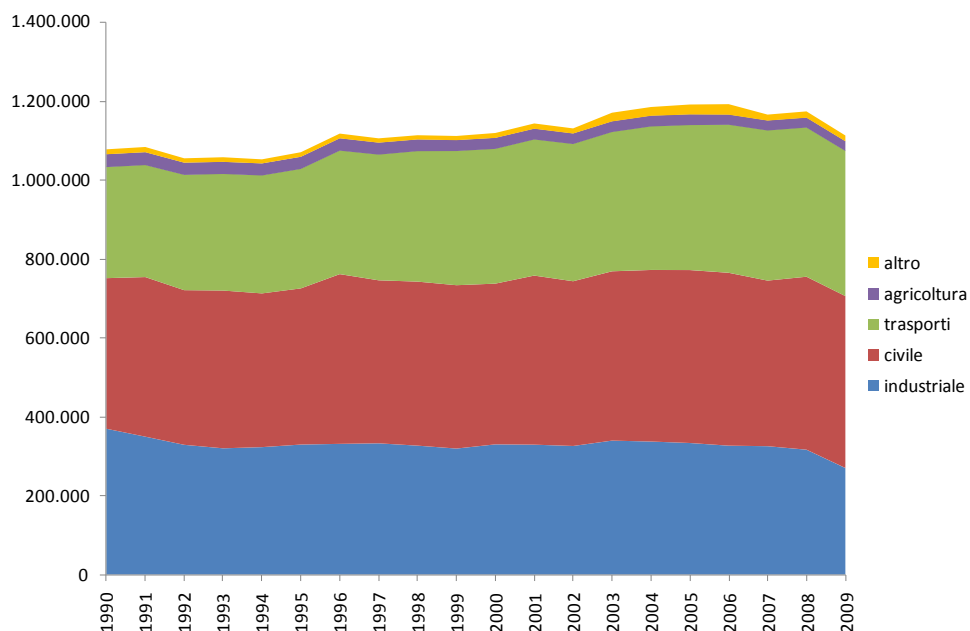
A partire dal 1990 i consumi di energia, in Europa, hanno subito un costante incremento, ed è solo a causa della recessione economica se, a partire dal 2009, essi sono calati notevolmente (Figura 5.1).



**Figura 5.1. Consumi finali di energia in tutti i Paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1990-2009 (elaborazioni dati Eurostat).**

Nel periodo di riferimento preso in considerazione dall'Eurostat, ovvero 1990-2009, le percentuali maggiori di consumi sono state sempre legate al comparto civile (Figura 5.2), il cui andamento è meglio evidente in Figura 5.3.

Nel 2009 quasi il 40% dei consumi era legato al comparto civile (Figura 5.4).



**Figura 5.2. Andamento dei consumi finali di energia per categoria, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1990-2009 (elaborazioni dati Eurostat).**

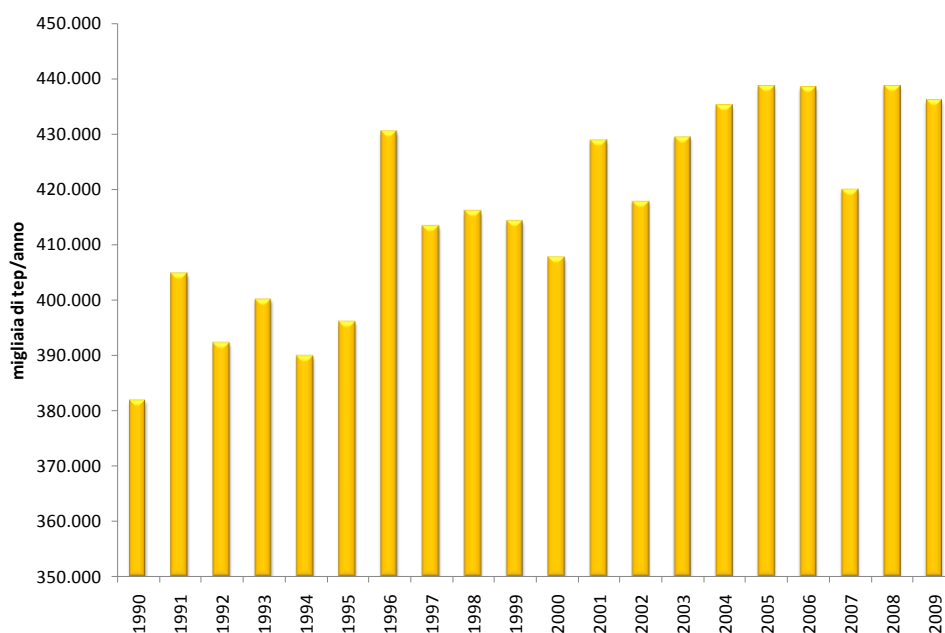


Figura 5.3. Consumi finali di energia per il comparto civile, nei Paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1990-2009 (elaborazioni dati Eurostat).

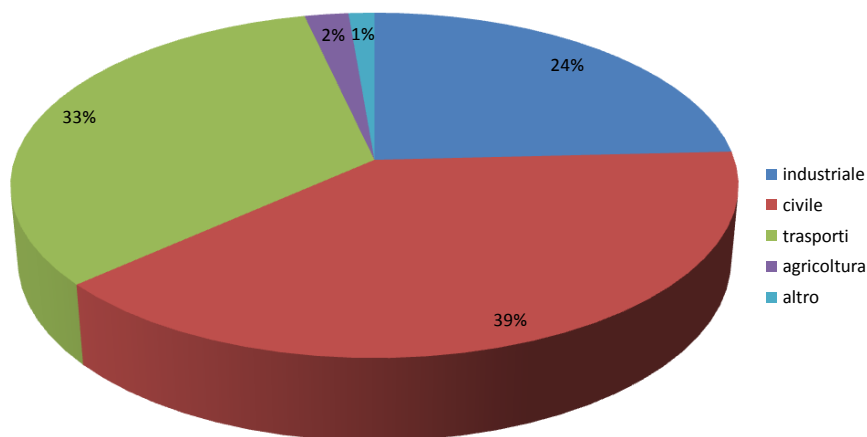
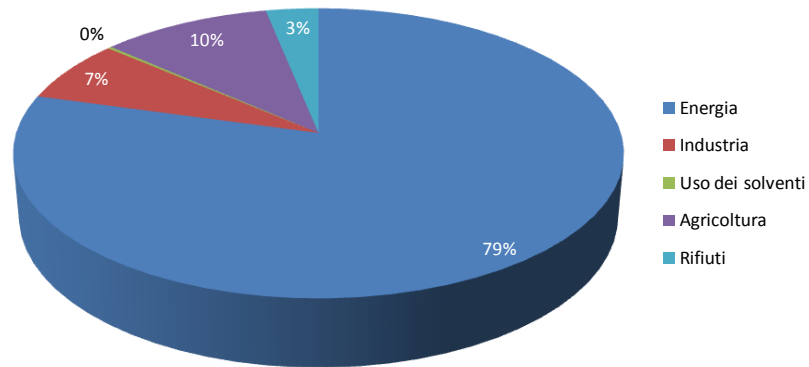


Figura 5.4. Ripartizione percentuale dei consumi finali di energia nelle varie categorie, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel 2009 (elaborazioni dati Eurostat).

Nel 2009 in UE quasi l'80% delle emissioni di gas serra proveniva dal Settore Energia, in particolare dalla produzione di elettricità e di calore (Figura 3.1).

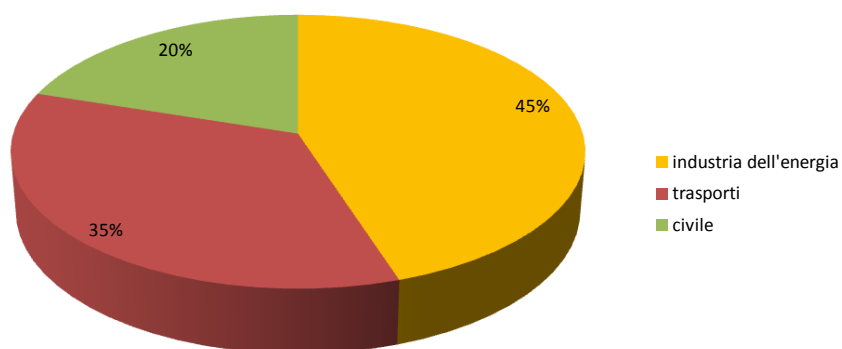
In particolare il comparto civile rappresentava, nel 2009, la terza fonte di emissioni di gas serra nell'UE (Figura 5.6), sebbene nella quota "industria dell'energia" siano inclusi i consumi di energia elettrica del comparto civile stesso.



**Figura 5.5. Ripartizione delle emissioni di CO<sub>2eq</sub> per settore, nei Paesi dell'Europa (EU-27) nel 2009 (elaborazioni da EEA, 2011).**

A tal riguardo in Figura 5.7 ed in Figura 5.8 è evidente il contributo, negli anni, del consumo di energia elettrica del comparto civile, indicato nelle Statistiche Eurostat come “altri settori”.

Nel 2009, ad esempio, tale comparto incideva per circa il 60% sui consumi totali di energia elettrica (Figura 5.9).



**Figura 5.6. Ripartizione delle emissioni di CO<sub>2eq</sub> per il Settore Energia, nei Paesi dell'Europa (EU-27) nel 2009 (elaborazioni da EEA, 2011).**



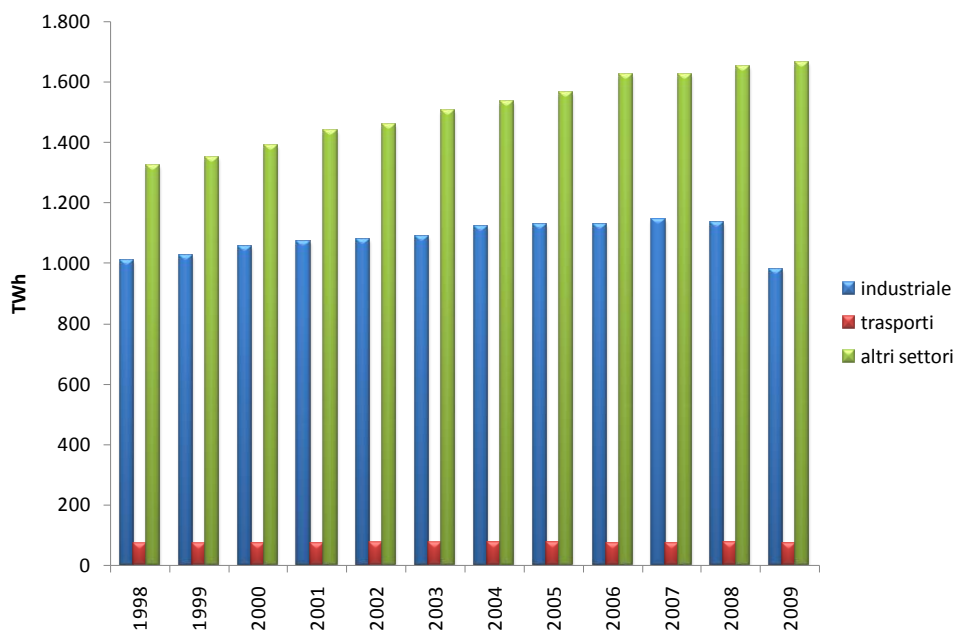


Figura 5.7. Consumi di energia elettrica in UE (EU-27) nel periodo 1998-2009 per categoria (elaborazioni dati Eurostat).

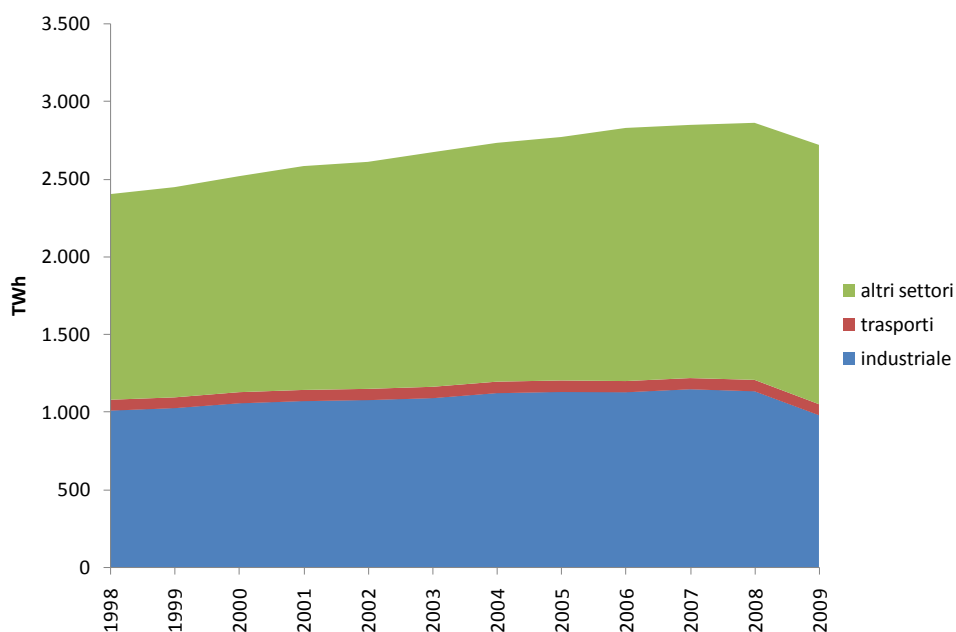


Figura 5.8. Andamento dei consumi di energia elettrica per categoria, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1998-2009 (elaborazioni dati Eurostat).

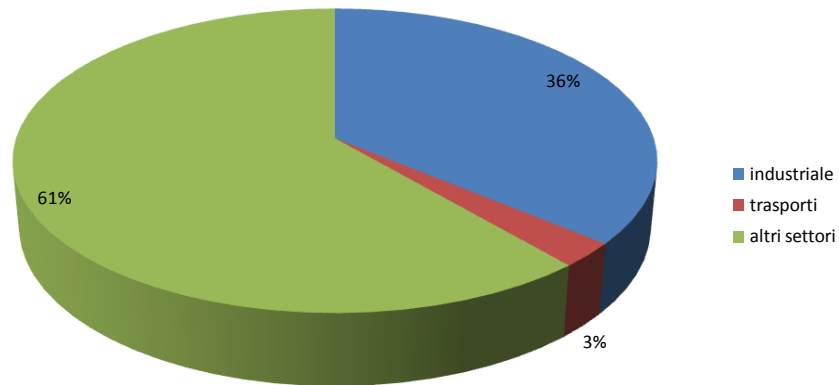


Figura 5.9. Ripartizione dei consumi di energia elettrica per categoria, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel 2009 (elaborazioni dati Eurostat).

## 5.4 I consumi di energia nel Settore civile in Italia

Rispetto alla media dei 27 paesi dell'Unione Europea, i consumi di energia primaria in Italia si caratterizzano per un maggiore ricorso a petrolio e gas, per una componente strutturale di importazioni di elettricità (circa il 5% dei consumi primari), per un ridotto contributo del carbone (pari al 9% dei consumi primari di energia) e per l'assenza di generazione elettronucleare; la quota di fonti energetiche rinnovabili sul totale dei consumi primari di energia è leggermente più elevata rispetto alla media dei paesi OCSE, soprattutto grazie al notevole apporto della fonte idroelettrica (ENEA, 2009).

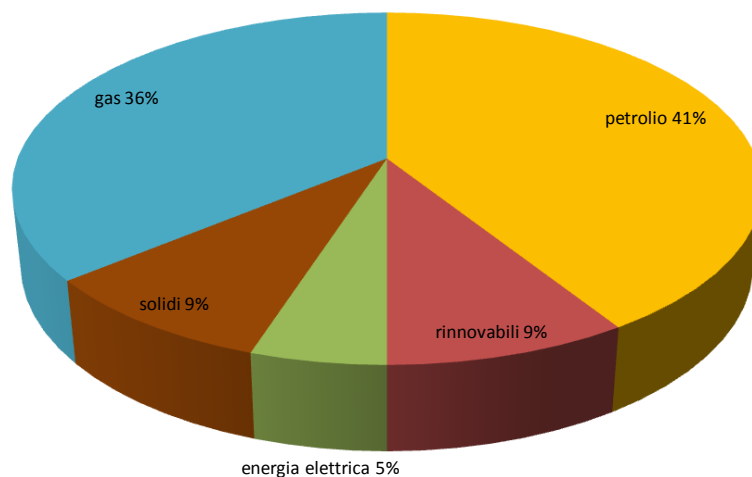


Figura 5.10. Italia: disponibilità di energia per fonte. Anno 2008 (%) (ENEA, 2009).

Il settore civile e il settore dei trasporti assorbono ciascuno oltre il 31% dei consumi finali di energia, il fabbisogno dell'industria è di poco inferiore (27% circa) mentre agricoltura, bunkeraggi e usi non energetici consumano circa l'11% dei consumi finali (Figura 5.11).

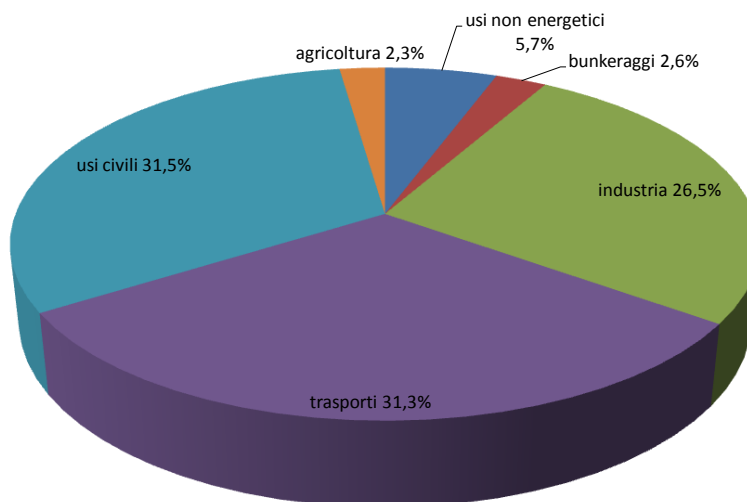


Figura 5.11. Consumi finali di energia per settore in Italia. Anno 2008 (%) (ENEA, 2009).

Relativamente al comparto del Civile è bene precisare che, se ai consumi legati alla gestione, si sommassero quelli dovuti alla costruzione e ristrutturazione degli edifici (questi ultimi nel complesso valutabili con scarsa precisione, a causa dell'esteso sommerso) risulterebbe chiaro che, in termini primari e sommando produzione e gestione, il sistema degli edifici sarebbe responsabile di circa il 45% del fabbisogno energetico nazionale, e quindi dell'anidride carbonica prodotta (FI.N.CO. – ENEA, 2004).

Infatti se si fa riferimento ai consumi medi nazionali ed al parco immobiliare di riferimento si valuta che una unità residenziale di 90/100 mq, in un fabbricato multipiano, realizzata con finitura media e con le tradizionali caratteristiche costruttive richiede in termini energetici per la sua costruzione circa 100 tonnellate di materiali (cemento, calce, laterizi, pavirivestimento, sanitari, ecc) in gran parte prodotti mediante processi di cottura, con un costo energetico medio di circa 750 kCal/kg prodotto. Se ne deduce che il costo energetico dei materiali necessari a realizzare una abitazione di questo tipo si aggira sui 5,5 tep (tonnellate equivalenti di petrolio), considerando anche il costo energetico del cantiere, delle movimentazioni terra, del trasporto degli inerti, ecc. Valutando i consumi medi per il riscaldamento pari a circa 1 tep/anno in poco più di 5 anni una abitazione consuma, per il solo riscaldamento, una quantità di energia uguale a quella impiegata per la sua costruzione (ENEA, 2007).

Da quanto esposto si capisce l'importanza e la necessità di intervenire e migliorare l'efficienza energetica del sistema edifico-impianto e di governare i consumi di gestione (riscaldamento, condizionamento, illuminazione, ventilazione, consumi degli elettrodomestici, ecc.) con maggiore attenzione e controlli, rispetto all'efficienza dei processi di produzione, e della necessità di sensibilizzare e disciplinare con strumenti più idonei gli aspetti legati alla manutenzione.

Per valutare le possibilità di risparmio vanno analizzate le destinazioni dei consumi.

Ovviamente nel terziario sono fortemente presenti illuminazione e condizionamento, che portano ad una percentuale di elettricità negli usi finali del 45%, mentre nel

residenziale esiste una maggiore articolazione.

Gli edifici italiani presentano il minor consumo energetico specifico per mq fra quelli dei paesi sviluppati, con la sola eccezione del Giappone (per le minori esigenze di comfort di quel paese), ma uno dei maggiori consumi specifici per mq e Grado-Giorno. Se ne deduce che i bassi consumi per mq sono dovuti alla mitezza del clima (media geografica dei Gradi-Giorni inferiore a 2000) ma che le abitazioni italiane possiedono involucri mal coibentati e/o il processo di riscaldamento non è gestito correttamente (FI.N.CO. – ENEA, 2004).

Va tuttavia considerato che i 2/3 degli edifici sono stati costruiti prima della legge 373/76, legge che trattava anche l'isolamento e l'impiantistica termica degli edifici, che non si è rivelata efficace e non è stata gestita in maniera ottimale.

Sensibili riduzioni degli sprechi si sono avute a seguito della diffusione degli impianti cosiddetti autonomi, che inducono l'utente a controllare i propri consumi, anche se la soluzione energeticamente più efficiente rimane quella dell'impianto centralizzato/collettivo con contabilizzazione del calore consumato. Lo stato delle cose evidenzia che il parco immobiliare risulta equipaggiato per oltre 13 milioni di impianti autonomi (ENEA, 2007).

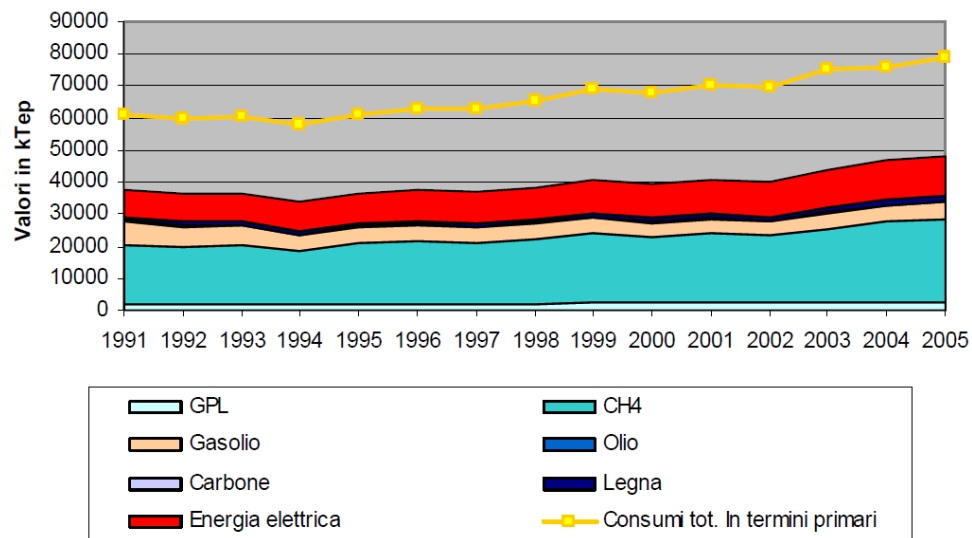


Figura 5.12. Ripartizione dei consumi totali di energia nel comparto civile (ENEA, 2007).

Analizzando la Figura 5.13 si osserva la quota predominante del gas da riscaldamento rispetto alle altre aliquote di consumi di energia.

Nel 1991 il consumo da riscaldamento corrispondeva al 68,9% del totale dei consumi residenziali, mentre nel 2003 del 68,2% (ENEA, 2007).

I consumi per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) hanno registrato un incremento negli ultimi anni a circa il 10% dei consumi nel Residenziale. Praticamente quasi tutte le abitazioni italiane sono dotate di acqua calda sanitaria. Fino al 2005 era molto diffuso lo scaldacqua a gas ma sopravviveva un alto numero (dell'ordine di 8

milioni, con un tasso di sostituzione annuale di circa 400 mila pezzi) di scaldacqua elettrici che, pur se di facile gestione e manutenzione, rappresentano una tecnologia che produce efficienze energetiche molto basse (ENEA, 2007).

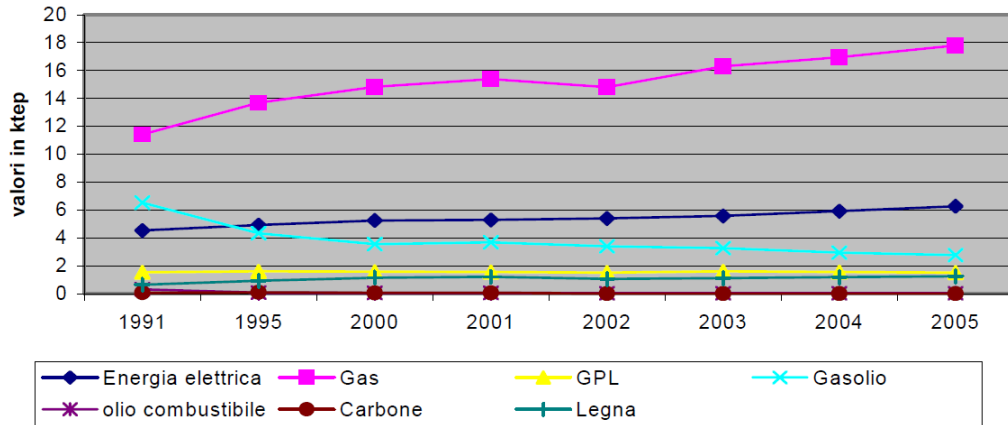


Figura 5.13. Consumi finali di energia nel residenziale (ENEA, 2007).

Altro fattore importante è quello relativo al raffrescamento estivo degli edifici. Il picco di assorbimento di potenza elettrica estiva ormai supera sistematicamente quello invernale. Si valuta che se tutte le macchine per la climatizzazione estiva venissero azionate contemporaneamente, la potenza assorbita dalla rete elettrica aumenterebbe di oltre 4000 MW (ENEA, 2007).

Considerando anche le vendite degli anni passati, le sostituzioni e i fuori uso, si può sommariamente valutare che almeno il 15% delle abitazioni italiane siano dotate di un sistema di raffrescamento estivo. Si è ancora lontani dal 50% degli USA e ciò fa pensare a ulteriori progressi su questa strada con gravissimi problemi per il sistema produttivo e di gestione (ENEA, 2007).

## 5.5 Quadro normativo europeo in materia di risparmio energetico in edilizia

In sintonia con le tematiche fin qui esposte la Direttiva europea più importante in materia di risparmio energetico nel settore civile è stata la **Direttiva 2002/91/CE** (GUCE, 2003) del Parlamento Europeo e del Consiglio sull' "efficienza energetica in edilizia", il cui acronimo inglese è EPDB, ossia *Energy Performance Building Directive*. Essa è nata da una oggettiva esigenza di riduzione e razionalizzazione dei consumi energetici imputabili alla gestione degli edifici, ponendosi come obiettivi principali:

l'incremento dell'efficienza energetica degli edifici;

la promozione dello sviluppo, della diffusione e dell'integrazione delle fonti rinnovabili di energia;

lo sviluppo di programmi, regolamenti e strumenti che stabilissero e supportassero i meccanismi di cooperazione tra Comunità Europea, Stati Membri

e Regioni all'interno degli Stati.

Traendo ispirazione dalla precedente Direttiva 93/76/CEE (Direttiva SAVE), emanata nel 1993 dal Consiglio dei Ministri dell'Unione Europea, che proponeva disposizioni legislative già in vigore in Danimarca dal 1985, nella Direttiva 2002/91/CE vengono riprese e sviluppate tematiche quali:

- la certificazione energetica degli edifici;
- il monitoraggio dei consumi reali degli edifici;
- l'isolamento termico degli edifici,
- le ispezioni periodiche del generatore di calore;
- le diagnosi energetiche per edifici di grandi dimensioni, ad elevato consumo.

Agli Stati Membri viene demandato il compito di definire le procedure con cui realizzare le finalità appena delineate.

L'obiettivo fondamentale della Direttiva è stato stabilito dal disposto dell'articolo 1 e consiste "nel promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi".

Il rendimento energetico di un edificio viene in particolare definito nell'articolo 2 come: "la quantità di energia effettivamente consumata o che si preveda possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori calcolati tenendo conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di generazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico".

In altri termini viene sancito il principio secondo il quale la minimizzazione dei consumi energetici degli edifici, ancorché obiettivo prioritario delle politiche energetiche comunitarie (art. 1), debba essere frutto di un approccio integrato, che tenga conto non solo del risparmio energetico derivante dall'isolamento termico e dall'efficienza degli impianti di riscaldamento, ma anche dei risparmi ottenibili ottimizzando tutti i fattori che influenzano il consumo di energia: il raffrescamento estivo, la ventilazione e l'illuminazione (art. 2).

Tale approccio deve essere inoltre associato ad una procedura di valutazione che, considerando tutti i fattori che influenzano il fabbisogno energetico (caratteristiche di coibentazione, posizione in relazione agli aspetti climatici, clima del luogo di ubicazione, prescrizioni riguardanti il microclima degli ambienti interni, esistenza di sistemi di generazione propria di energia, etc.), conduca alla determinazione di uno o più descrittori capaci di esprimere la "quantità di energia effettivamente consumata".

Riguardo alle metodologie di valutazione, la Direttiva prevede che il rendimento energetico degli edifici possa essere determinato sia a partire dai consumi reali, desumibili ad esempio da bolletta, che da quelli stimati, attraverso un metodo di calcolo la cui definizione è demandata ai singoli Stati, sulla base di un quadro generale riportato in allegato (art. 3). La metodologia di valutazione può anche includere la determinazione di un indicatore delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Riguardo ai valori minimi di rendimento energetico da applicare agli edifici, la Direttiva demanda agli Stati membri il compito di adottare misure necessarie alla loro definizione, che possano distinguersi per edifici esistenti e di nuova costruzione (articolo 4), prevedendo, in una fase iniziale, che essi vengano soddisfatti solo dal parco di nuova edificazione (articolo 5) e dai fabbricati esistenti di grandi dimensioni, con superficie utile superiore a 1000 m<sup>2</sup>, sottoposti ad importanti interventi di ristrutturazione (articolo 6).

L'elemento di novità della Direttiva è stato l'applicazione diffusa di un *attestato di certificazione energetica*, del quale tutti gli edifici, esistenti o di nuova costruzione, devono dotarsi, consistente in *“un documento riconosciuto dallo Stato membro o da una persona giuridica da esso designata, in cui figura il valore risultante dal calcolo del rendimento energetico di un edificio effettuato seguendo una metodologia sulla base del quadro generale descritto nell'allegato”*.

L'introduzione di un sistema di certificazione degli edifici risponde all'esigenza di rimuovere uno dei principali ostacoli all'investimento nel rendimento energetico nell'ambito del mercato immobiliare, che deriva dalla presenza di soggetti portatori d'interessi differenti (costruttore/proprietario, locatario): l'obiettivo è quindi quello di rendere il più possibile palesi le informazioni sui consumi energetici degli edifici, in modo da poter incidere sui valori di mercato e sui canoni di locazione, incoraggiando i proprietari ad investire nell'efficienza energetica degli immobili.

Tale attestato contiene pertanto tutti i dati di riferimento che consentono ai consumatori di valutare e raffrontare il rendimento energetico dell'edificio stesso.

Oggi la legislazione e la normativa tecnica europea sono notevolmente evolute, le maggiori esigenze legate all'impovertimento delle risorse energetiche, hanno portato la Comunità Europea a prendere posizioni sempre più significative in merito all'utilizzo razionale dell'energia. Le modifiche apportate nel corso di quasi un decennio alla direttiva 2002/91/CE, hanno reso necessaria la rifusione del documento. Il 1° febbraio 2012 la direttiva 2002/91/CE verrà definitivamente abrogata per lasciare il posto alla nuova EPBD, la Direttiva 2010/31/UE.

La **2010/31/UE** (GUCE, 2010) riordina e amplia i concetti della direttiva primigenia: l'obiettivo è quello di raggiungere un livello di prestazione energetica in edilizia sempre più spinto, ottenendo, alla fine una progettazione del nuovo che punti alla vera casa passiva, vale a dire a consumo zero. Introduce dunque nuovi obiettivi e concetti come quello di edifici ad *“energia quasi zero”*, con cui l'Italia deve necessariamente confrontarsi. L'efficienza per la prima volta viene intesa a 360°, vale a dire che il computo

viene fatto considerando i costi dell'innovazione, in un settore che, come si è visto, è responsabile di una buona fetta dei consumi energetici dell'UE.

Tra le maggiori novità della Direttiva si hanno:

- Efficienza e sostenibilità economica: nasce il livello ottimale in funzione dei costi di prestazione dell'edificio;
- Valutazione dei consumi globali dell'edificio: aumenta l'attenzione ai consumimestivi, alla ventilazione e all'illuminazione;
- Spinta verso la progettazione di edifici a consumo quasi zero e promozione dell'integrazione con fonti rinnovabili;
- Maggiore attenzione agli impianti ed al loro utilizzo (rapporti di ispezione);
- Monitoraggio intelligente dei consumi e domotizzazione ai fini del miglioramento dell'efficienza;
- Aumento dell'importanza della certificazione energetica e dei controlli indipendenti;
- Previsione di incentivi e forme di finanziamento;
- Maggiore formazione ed informazione.

L'efficienza dell'edificio prende una connotazione più ampia: si vogliono ottenere progettazioni e ristrutturazioni che adottino le soluzioni più convenienti da tutti i punti di vista. Si deve scegliere la soluzione che nell'arco della vita economica dell'intervento, dà il miglior risultato del bilancio tra la spesa sostenuta per attuare, dismettere e mantenere in efficienza l'intervento ed il risparmio energetico conseguito.

Il livello ottimale in funzione dei costi si situa all'interno della scala di livelli di prestazione in cui l'analisi costi benefici calcolata sul ciclo di vita economico, è positiva.

Nei calcoli occorrerà considerare:

- Caratteristiche termiche dell'edificio;
- Impianto di riscaldamento e di produzione di ACS
- Impianti di condizionamento d'aria, ventilazione naturale e meccanica;
- Impianto di illuminazione;
- Progettazione, posizione, orientamento e clima esterno dell'edificio e sistemi solari passivi e protezione solare;
- Condizione climatiche interne;
- Sistemi solari attivi;
- Altri impianti di generazione di calore e di elettricità, a partire da energia da fonti rinnovabili; sistemi di cogenerazione dell'elettricità; impianti di teleriscaldamento e teleraffrescamento urbano e collettivo; illuminazione naturale.

La 2010/31/UE entrerà prossimamente in vigore imponendo regole per le costruzioni maggiormente restrittive dal punto di vista energetico rispetto alle attuali arrivando, a partire dal 31/12/2018 per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi ed entro il 31/12/2020 per tutti gli edifici di nuova costruzione,



ai cosiddetti «edifici ad energia quasi zero».

## **5.6 Quadro normativo nazionale in materia di risparmio energetico in edilizia**

In Italia la Direttiva 2002/91/CE è stata recepita con il D.Lgs. n. 192 del 19/10/2005 (GURI, 2005), successivamente modificato ed integrato dal D.Lgs. n. 311 del 29/12/2006 (GURI, 2006).

Fino all'agosto 2005 il corpus normativo era costituito essenzialmente dalla Legge 9 gennaio 1991 n. 10 (GURI, 1991).

In particolare tale legge al Titolo II recava un quadro organico di disposizioni finalizzate al contenimento dei consumi di energia negli edifici, riguardanti specificamente:

- la progettazione e la messa in opera ed esercizio di edifici ed impianti;
- i limiti ai consumi di energia;
- la certificazione energetica degli edifici;
- l'esercizio e la manutenzione degli impianti;
- i controlli e le verifiche.

L'attuazione della norma, apprezzata all'epoca come disposizione molto avanzata e tale da porre il paese all'avanguardia nel settore, era tuttavia demandata all'introduzione, entro un arco temporale ristretto (novanta o centottanta giorni), di una serie di decreti presidenziali e ministeriali, alcuni dei quali, in realtà, mai emanati.

Il **Decreto Legislativo 19/08/2005, n. 192** (GURI, 2005) nella sua recente versione aggiornata dal Decreto Legislativo 29/12/2006, n. 311 (GURI, 2006), innova sostanzialmente la legislazione nazionale in materia, introducendo anche nuove modalità di calcolo della prestazione energetica degli edifici, stabilendo una serie di misure atte a ridurre il consumo di energia e le conseguenti emissioni in atmosfera e favorire l'uso di energia prodotta da fonti rinnovabili attraverso l'abrogazione e la sostituzione di ordinamenti sanciti dalla legge 10/91 e dai suoi decreti attuativi.

La principale novità introdotta è stata quella di esprimere in modo integrato la prestazione termica dell'involucro dell'edificio con quella della componente impiantistica (metodo del fabbisogno di energia primaria).

L'attuazione del Decreto, così come per la Legge 10/91, è rinviata all'emanazione di una serie di decreti attuativi, attualmente in fase di elaborazione da parte degli organi competenti del Ministero delle attività produttive. Essi in particolare dovranno riguardare:

- i criteri di calcolo ed i requisiti minimi in riferimento alle attività di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione ed ispezione degli impianti destinati alla climatizzazione invernale ed estiva degli edifici, alla preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari e, limitatamente al settore terziario, all'illuminazione artificiale degli edifici;

- i criteri generali di prestazione energetica per l'edilizia convenzionata, pubblica e privata;
- i requisiti professionali e di accreditamento per la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione.

Le prescrizioni del D.Lgs 192/2005 in riferimento ai requisiti minimi da rispettare in materia di efficienza energetica riguardano tutti gli edifici, sia esistenti che di nuova costruzione, con l'esclusione di alcune categorie rappresentate da:

- edifici di particolare interesse storico – artistico;
- fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
- fabbricati isolati con superficie utile < 50 m<sup>2</sup>.

In particolare nel caso di edifici esistenti, il rispetto dei requisiti minimi prestazionali entra in vigore nel momento in cui si procede ad effettuare lavori di ristrutturazione, con una metodologia di applicazione graduale in relazione al tipo di intervento.

A distanza di poco più di un anno dall'approvazione del D.Lgs 192/05, in luogo dei decreti attuativi di completamento, i cui termini sono ormai scaduti (entro l'8 febbraio 2006 per i decreti riguardanti la metodologia di calcolo ed i requisiti della prestazione energetica, entro l'8 aprile 2006 per il decreto contenente le Linee guida nazionali per la certificazione energetica), è entrato in vigore, il 2 febbraio 2007, il **D.Lgs n. 311 del 29/12/2006**, che ne modifica alcuni contenuti ed obiettivi originari. Le principali modifiche introdotte riguardano la certificazione energetica e la metodologia di calcolo per il rendimento energetico degli edifici.

In attesa dell'emanazione delle Linee guida nazionali per la certificazione energetica, l'articolo 5 del D.Lgs n. 311/06 stabilisce che l'attestato di certificazione energetica degli edifici è sostituito a tutti gli effetti dall'attestato di qualificazione energetica o da una equivalente procedura di certificazione energetica se stabilita dalla locale amministrazione comunale con proprio regolamento, purché antecedente alla data dell'8 ottobre 2005.

L'articolo 2 del D.Lgs n. 311/06 estende gradualmente la certificazione energetica a tutti gli edifici, legando tuttavia la necessità della certificazione all'immissione sul mercato dell'edificio, indipendentemente dall'effettuazione di eventuali interventi di ristrutturazione.

Il 3 luglio del 2008 viene pubblicato il **D.Lgs 115/2008** (GURI, 2008) "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia ed i servizi energetico e l'abrogazione della direttiva 93/76/CEE".

La Direttiva 2006/32/CE stabilisce che gli Stati Membri devono redigere un Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica che mira a conseguire un obiettivo nazionale indicativo globale di risparmio energetico al 2016, pari al 9% per il nono anno di

applicazione, da conseguire tramite servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica.

Il D.Lgs 115/2008 adotta come metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici le seguenti norme tecniche nazionali e loro successive modificazioni:

- UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2-1: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di utilizzo dei combustibili fossili;
- UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2-2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di:
  - utilizzo di energie rinnovabili (solare - termico, solare fotovoltaico, biomasse);
  - utilizzo di altri sistemi di generazione.

Gli strumenti di calcolo applicativi devono garantire un risultato (prestazione energetica) che abbia al massimo uno scostamento del 5% rispetto al parametro calcolato con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento.

Tale garanzia è fornita attraverso una verifica e dichiarazione resa dal CTI o UNI che predisporranno lo strumento nazionale di riferimento.

A seguire sono stati pubblicati il DPR 59/2009 (GURI, 2009a), con la finalità di promuovere un'applicazione *“omogenea, coordinata e immediatamente operativa”* delle norme per l'efficienza energetica sul territorio nazionale ed il DM 26 giugno 2009 (GURI, 2009b), ovvero le *“Linee guida nazionali per la certificazione energetica”*, le cui disposizioni si applicano alle Regioni e Province autonome che non hanno adottato propri strumenti di certificazione energetica degli edifici e rimarranno efficaci fino all'emanazione di strumenti attuativi regionali di certificazione energetica.

## **5.7 Le politiche locali a sostegno di una nuova edilizia sostenibile**

A livello locale possono essere adottate diverse politiche che hanno come obiettivo l'implementazione di un sistema volto alla sostenibilità nel settore edilizio.

Tra queste vi sono (UE, 2010):

### **Regolamenti per edifici nuovi o ristrutturati**

- Adottare degli standard di rendimento energetico globale più rigorosi rispetto a quelle applicabili a livello nazionale/regionale, specialmente se non particolarmente impegnativi. In base al quadro normativo nazionale/regionale, le autorità locali potrebbero adottare questi standard per le proprie regolamentazioni urbanistiche. Gli standard di rendimento energetico globale

lasciano ai progettisti molte opzioni su come raggiungere gli obiettivi. Inoltre, in linea di principio, gli architetti e i progettisti dovrebbero già conoscere questi standard, in quanto validi per l'intero territorio nazionale/regionale. È importante sottolineare che per gli edifici ristrutturati si hanno meno possibilità di ridurre il consumo energetico rispetto alle nuove costruzioni. Di conseguenza, nel primo caso vengono applicati degli standard meno rigorosi e adattabili alle caratteristiche dell'edificio.

- Adottare degli standard specifici per alcuni componenti dell'edificio (trasmissione termica dell'involucro, delle vetrate, efficienza del sistema di riscaldamento ecc.). Questa opzione ha il vantaggio di essere di facile comprensione e di garantire la prestazione minima dei componenti, anche se non si raggiunge la prestazione complessiva.
- Rendere obbligatoria l'inclusione di alcuni componenti per migliorare l'efficienza energetica (pannelli frangisole, contatori che segnano il consumo di energia, apparecchi di ventilazione con recupero di calore...). Queste disposizioni possono essere applicate come regola generale a tutti i nuovi edifici, o possono essere applicate di caso in caso, in base alle caratteristiche dell'edificio.
- Rendere obbligatoria la produzione/l'utilizzo di una certa quota di energia rinnovabile, in particolar modo negli edifici pubblici.
- Adottare degli standard di rendimento energetico per quei lavori di ristrutturazione non considerati come "significativi" dalla legge nazionale/regionale e per i quali non sono applicati degli standard di rendimento energetico.

### **Attuazione dei regolamenti**

- Assicurare il rispetto degli standard di rendimento energetico con controlli frequenti e sanzioni ove necessarie.
- Incentivi finanziari e prestiti
- L'autorità locale potrebbe complementare i meccanismi di supporto finanziario esistenti a livello nazionale o regionale, con degli incentivi extra per l'efficienza energetica o per le fonti
- rinnovabili. Questo schema potrebbe incentrarsi sul rendimento energetico complessivo degli edifici (es. gli incentivi potrebbero essere proporzionali alla differenza tra una soglia minima di rendimento energetico, calcolata in base alle norme nazionali/regionali esistenti e il livello di rendimento raggiunto), o potrebbe essere utilizzato per supportare delle tecniche specifiche che l'autorità locale considera di particolare rilievo per i nuovi edifici, considerando il contesto e i propri obiettivi (isolamento termico, FER,...). L'ultima opzione è di particolare rilievo per gli edifici ristrutturati, per i quali è più difficile calcolare con precisione il rendimento energetico rispetto ai nuovi edifici. Idealmente, gli incentivi finanziari dovrebbero coprire (parte) della differenza tra il costo di

"costruzioni standard" e opere di costruzione/ristrutturazione ad alta efficienza energetica.

- Inoltre, l'autorità locale potrebbe offrire degli incentivi per l'acquisto di attrezzature energeticamente efficienti per ridurre il consumo di energia degli edifici (lampadine a basso consumo, apparecchi efficienti,...)
- Sebbene gli incentivi riducano il costo degli investimenti, chi investe (cittadini, società private, ecc.) deve comunque pagare in anticipo. Per facilitare l'accesso al capitale, l'autorità locale può trattare con le banche e gli enti finanziari locali, in modo che vengano offerti dei prestiti a basso interesse per interventi di efficienza energetica o a favore delle fonti rinnovabili.

### **Informazione e formazione**

- Informare gli stakeholder rilevanti (architetti, costruttori, imprese edilizie, cittadini...) sui nuovi requisiti per il rendimento energetico degli edifici e presentare degli argomenti a sostegno (risparmio sulle bollette energetiche, vantaggi in termini di comfort, protezione ambientale, ecc.).
- Spiegare al pubblico e ai principali stakeholder l'importanza e i vantaggi di un comportamento volto a ridurre il consumo energetico e le emissioni di CO<sub>2</sub>.
- Coinvolgere le aziende locali: potrebbero avere degli interessi economici nel settore dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili.
- Informare gli stakeholder sulle risorse disponibili: dove è possibile trovare informazioni, quali sono le misure prioritarie, chi può dare assistenza, quali sono i costi, come può essere fatto un buon lavoro dalle stesse famiglie, quali sono gli strumenti disponibili, chi sono a livello locale gli architetti e gli ingegneri più competenti, dov'è possibile acquistare i materiali necessari, quali sono le sovvenzioni disponibili...? A tale scopo, l'autorità locale potrebbe organizzare delle giornate informative, distribuire degli opuscoli, istituire dei centri di informazione, uno sportello d'aiuto ecc.
- Organizzare delle sessioni informative e di formazione specifiche rivolte agli architetti, agli operai e alle imprese edili. Lo scopo è quello di far conoscere le nuove pratiche e le disposizioni relative alla progettazione e alla costruzione. È possibile organizzare un training specifico per coprire materie fondamentali (basi di fisica termica degli edifici, come installare degli strati isolanti abbastanza spessi) o questioni specifiche che vengono spesso trascurate (ponti termici, ermeticità, tecniche di raffreddamento naturali, ecc.).
- Assicurarsi che gli inquilini, i proprietari e gli amministratori degli edifici nuovi e ristrutturati vengano informati sulle caratteristiche dell'edificio: cosa rende l'edificio efficiente da un punto di vista energetico, come gestire e utilizzare le attrezzature e gli impianti offerti in modo da ottenere un buon comfort e ridurre il consumo di energia. Inoltre, i tecnici e le aziende per la manutenzione devono ricevere tutte le informazioni tecniche necessarie.

### **Promuovere i successi**

- Incoraggiare le persone a costruire degli edifici ad alta efficienza offrendo dei riconoscimenti: gli edifici che hanno superato considerevolmente gli standard per il rendimento energetico potrebbero essere resi visibili con una targa, delle visite programmate, allestendo delle mostre in comune, con una cerimonia ufficiale, facendo una segnalazione sul sito dell'autorità locale, ecc. L'attestato di certificazione energetica, uno dei requisiti della direttiva sul Rendimento Energetico degli Edifici, potrebbe essere utilizzato a questo scopo (es. l'autorità locale potrebbe organizzare un concorso per premiare il primo edificio con "Classe energetica A" costruito nel comune). È anche possibile utilizzare altri standard (standard di "casa passiva", ecc.)

### **Edifici dimostrativi**

- Si tratta di dimostrare che è possibile costruire degli edifici altamente efficienti o fare dei lavori di ristrutturazione mantenendo degli standard di rendimento energetico elevati. In particolare, è importante mostrare come ciò sia possibile. A questo scopo, alcuni edifici ad alto rendimento potrebbero essere aperti al pubblico e agli stakeholder. Gli edifici in questione non devono essere necessariamente altamente tecnologici. Al contrario, spesso gli edifici più efficienti sono quelli più semplici: il problema è che spesso l'efficienza energetica non è visibile (basti pensare, per esempio, ad un buon isolamento termico). Ad ogni modo, vale sempre la pena sentir il proprietario e gli occupanti raccontare della loro esperienza, del risparmio sulle bollette energetiche, del miglioramento del comfort ecc. A scopo formativo ed educativo, potrebbe essere interessante organizzare delle visite durante la fase di costruzione rivolte alle imprese e agli architetti.

### **Promuovere degli audit sull'energia**

- Gli audit sull'energia sono una componente importante delle politiche per l'efficienza energetica, in quanto permettono di identificare per ogni edificio controllato, le misure più efficaci per ridurre il consumo energetico. Pertanto, l'autorità locale potrebbe promuovere gli audit fornendo delle informazioni adeguate, garantendo la disponibilità di auditor competenti (formazione...), o anche dando il proprio sostegno finanziario.

### **Pianificazione urbana**

- La pianificazione urbana è uno strumento chiave per sostenere e pianificare le opere di ristrutturazione. Oltre a fissare degli standard di rendimento energetico, come indicato sopra nella sezione "regolamenti", le politiche urbanistiche devono essere concepite in maniera da non ostacolare i progetti a favore dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili. Per esempio, delle procedure di autorizzazione lunghe e complesse per l'installazione di pannelli solari su edifici esistenti ostacolano chiaramente la promozione delle energie

rinnovabili e dovrebbero essere evitate.

### **Incrementare le ristrutturazioni**

- Incrementando il numero delle ristrutturazioni ad alta efficienza, aumenterà anche l'impatto sul bilancio energetico e di CO<sub>2</sub>. Ciò è vero in particolar modo per alcune misure, come per gli interventi di pianificazione urbana, gli incentivi finanziari, i prestiti o le campagne informative sui benefici di ristrutturazioni ad alta efficienza energetica.

### **Coordinamento delle politiche con autorità di altri livelli**

- A livello regionale, nazionale ed europeo esistono già varie politiche, strumenti e mezzi nel settore dell'efficienza energetica degli edifici e delle energie rinnovabili. Quindi, è importante che l'autorità locale abbia una visione chiara di tutto questo, per evitare delle duplicazioni e trarre il massimo vantaggio dalle politiche esistenti.

### **Alcune raccomandazioni sugli edifici pubblici**

Gestione degli edifici pubblici: l'autorità locale spesso controlla numerosi edifici. Di conseguenza, è importante adottare un approccio sistematico, in modo da garantire una politica energetica coerente ed efficiente per l'intero patrimonio edilizio gestito dall'autorità locale. Questo approccio potrebbe essere quello di:

- identificare tutti gli edifici e gli impianti posseduti/gestiti/controllati dall'autorità locale;
- raccogliere dati energetici relativi a questi edifici e impostare un sistema di gestione dei dati;
- classificare gli edifici in base al consumo energetico, sia in termini assoluti, sia per metro quadro o secondo altri parametri di rilievo come: il numero di studenti in una scuola, il numero di lavoratori, il numero di utenti nel caso di biblioteche e piscine, ecc.;
- individuare gli edifici con un maggiore consumo energetico e selezionarli per degli interventi prioritari;
- preparare un Piano di Azione (parte del PAES) per ridurre progressivamente il consumo di energia del patrimonio edilizio;
- indicare un responsabile per attuare il piano;
- verificare che gli impegni e gli obblighi dei fornitori, in termini di efficienza energetica, vengano rispettati e applicare delle multe in caso contrario. Si consiglia di effettuare dei controlli in loco durante la fase di costruzione (es. se i lavori di isolamento termico non vengono effettuati correttamente non saranno molto efficienti);
- reinvestire i risparmi: se le norme finanziarie dell'autorità locale lo permettono, i risparmi ottenuti con semplici misure a basso costo potrebbero essere riutilizzati per finanziare degli investimenti più importanti.

## 5.8 Verso l'edificio a energia quasi zero (Net ZEB)

Il quarto “Rapporto sui cambiamenti climatici” dell’IPCC (IPCC, 2007), premettendo che nessun settore o tecnologia possa risolvere autonomamente il problema delle emissioni dei gas serra, afferma che il settore civile è quello che potrebbe avere una maggiore efficacia, soprattutto attraverso queste azioni: illuminazione efficiente e daylighting, uso di apparecchiature elettriche e di cottura più efficienti ed incremento dell’isolamento termico negli edifici e delle tecniche solari attive e passive (Scarpa et al., 2008).

È necessario, quindi, adottare dei percorsi integrati e consapevoli di edilizia sostenibile, che devono portare al cambiamento dello stock edilizio attraverso le nuove costruzioni e il retrofit energetico delle esistenti, nell’ottica di una riduzione dell’impatto in termini di emissioni climalteranti e uso delle risorse.

A livello europeo l’indice energetico più utilizzato a partire dalla Direttiva 2002/91/CE per la definizione dello standard dell’edificio è l’indicatore  $Q_h$ , ovvero il fabbisogno energetico dell’involucro per il riscaldamento dei locali [ $\text{kWh/m}^2 \text{ a}$ ], sulla base del quale, normalizzandolo alla superficie utile riscaldata, è possibile suddividere gli edifici in diverse categorie (Carletti, Scieurpi, 2008):

- edifici di vecchia costruzione non adeguati alle norme sul risparmio energetico;
- edifici di recente costruzione adeguati alle norme nazionali sul risparmio energetico antecedenti la Direttiva 2002/91/CE;
- edifici a basso consumo energetico;
- edifici passivi.

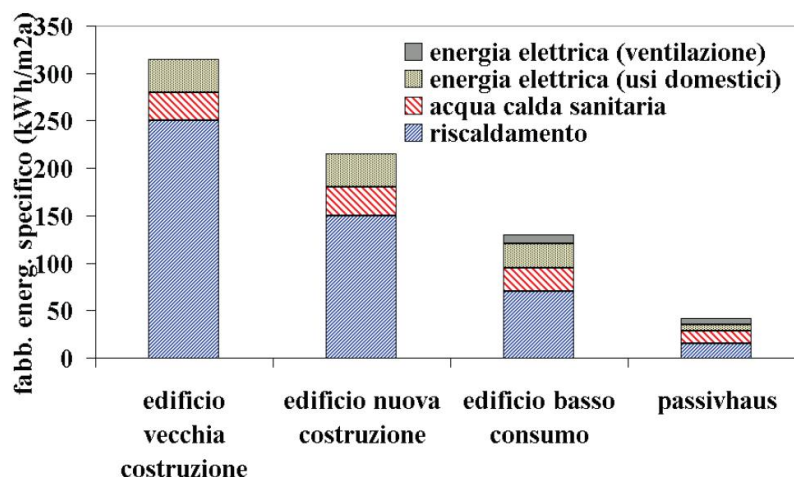


Figura 5.14. Fabbisogni energetici specifici di diverse categorie di edifici a confronto (Carletti, Scieurpi, 2008).

Per edifici a basso consumo energetico si intendono quei modelli di edifici ad alta efficienza energetica, dove le prestazioni energetiche dei componenti l’involucro e l’efficienza dei sistemi impiantistici raggiungono livelli così elevati da ridurre notevolmente i consumi annuali di energia per il riscaldamento, mentre quelli Passivi sono quelli che rispondono allo standard tedesco della *Passivhaus* (ideato nel 1988 dal Dott. Wolfgang Feist grazie ad un contributo finanziario del Ministero per l’Economia della



Regione tedesca dell'Assia), in cui i consumi di energia sono inferiori anche del 90% rispetto a quelli di una casa tradizionale e dove necessariamente il fabbisogno specifico dell'involucro per il riscaldamento deve essere inferiore a 15 kWh/m<sup>2</sup> anno (Carletti et al., 2005; Krapmeier Drossier, 2001).

Attualmente non esistono limiti univoci che definiscano il target di edificio a basso consumo energetico; sono infatti fornite indicazioni diverse sul valore massimo per il fabbisogno specifico dell'involucro per il riscaldamento, che varia tra 50 e 70 kWh/m<sup>2</sup> anno.

L'aggiornamento della Direttiva sulle prestazioni energetiche degli edifici 2010/31/UE (GUCE, 2010) ha introdotto un ulteriore concetto, piuttosto innovativo sotto il profilo normativo e degli approcci di calcolo, quello degli *edifici a energia quasi zero*, secondo la traduzione letterale del termine "nearly zero-energy buildings" (Net ZEB). La definizione, riportata nell'articolo 2 della Direttiva, è la seguente: *"edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze"*.

In particolare l'allegato I riporta che "la prestazione energetica di un edificio è determinata sulla base della quantità di energia, reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare le varie esigenze legate ad un uso normale dell'edificio e corrisponde al **fabbisogno energetico per il riscaldamento e il rinfrescamento** (energia necessaria per evitare un surriscaldamento) che consente di mantenere la temperatura desiderata dell'edificio e coprire il fabbisogno di acqua calda nel settore domestico".

La nuova Direttiva, cioè, impone di valutare gli edifici in un modo nuovo, ovvero in funzione del bilancio tra l'energia utilizzata e quella prodotta in termini di energia primaria, attraverso fonti di trasformazione che possono dipendere dai singoli contesti nazionali. È un passaggio molto importante, in quanto porta a considerare l'edificio come **sistema energetico con flussi in ingresso ed in uscita differenti nell'arco della giornata (ciclo giorno-notte) e delle stagioni**. Il bilancio può essere calcolato in fase di progetto e verificato strumentalmente in fase operativa, su un periodo pari all'anno solare, così da coprire tutte le fasi di esercizio dell'edificio (Napolitano, Lollini, 2011).

Progettare un Net ZEB vuol dire identificare delle soluzioni impiantistiche, basate sull'uso delle risorse energetiche rinnovabili, che consentano all'edificio di produrre l'energia di cui ha bisogno, ma non istantaneamente, in quanto il complesso può sempre contare sull'infrastruttura energetica di cui ha bisogno. Al progettista ed al proprietario dell'edificio non viene dunque necessariamente richiesto uno sforzo di stoccaggio dell'energia o di controllo ottimale dei carichi in funzione della disponibilità delle fonti rinnovabili. D'altra parte la questione è solo apparentemente di tipo impiantistico. La produzione energetica dell'edificio deve essere infatti commisurata al consumo. Ciò vuol dire che, riducendo i fabbisogni, intervenendo ad esempio sull'involucro e sui sistemi

tecnologici (riscaldamento, raffrescamento, utenze elettriche, etc...) lo sforzo produttivo energetico richiesto all'edificio viene a sua volta ridotto, così come, di conseguenza, lo è l'investimento nei sistemi da fonti energetiche rinnovabili (Napolitano, Lollini, 2011).

Il termine negativo del bilancio energetico dipende dalle voci di consumo di un edificio. La Direttiva 2010/31/UE considera, ai fini del calcolo delle prestazioni energetiche (allegato I), quelle "...legate ad un uso normale dell'edificio...", sopra richiamate.

Oltre alle voci citate, in realtà, il consumo energetico di un edificio è legato ad altri usi finali, in parte dipendenti dall'involucro (ad esempio l'illuminazione), ma per lo più dipendenti dalla funzione dell'edificio e dal comportamento dei suoi fruitori, come le varie utenze elettriche (oltre all'illuminazione, elettrodomestici e apparecchi elettronici). A questo proposito i provvedimenti legislativi dovrebbero, da un lato, chiarire come declinare la definizione di Net ZEB rispetto alle varie tipologie edilizie, per evitare che vengano fissati obiettivi improbabili da raggiungere non solo per le attività che si svolgono all'interno dell'edificio, ma anche per le sue caratteristiche costruttive (edifici sviluppati in altezza, tipicamente diffusi nel terziario).

Il termine positivo del bilancio si riferisce, invece, ai vettori energetici in uscita dai sistemi basati su fonti rinnovabili. In realtà i vettori energetici direttamente e totalmente impiegati per usi finali (perdite incluse), come il calore da collettori solari termici, possono essere omessi dal bilancio. Comportando una riduzione dei vettori energetici richiesti all'infrastruttura locale per gli stessi scopi, tali approvvigionamenti sono visti più come una misura di efficienza, a meno che non possano essere anche essi scambiati con la rete (caso raro per quanto riguarda il calore). Si evince, quindi, che il termine positivo che incide significativamente ai fini dell'annullamento del bilancio è la produzione di elettricità (Napolitano, Lollini, 2011).

A tal riguardo i sistemi fotovoltaici sembrano rispondere a tale compito. D'altra parte un edificio può dotarsi anche di altri sistemi per produrre l'elettricità necessaria ad annullare il bilancio, come ad esempio sistemi di cogenerazione/trigenerazione, anche quando basati sull'uso di combustibili fossili. Poiché i sistemi tecnici di un edificio, dagli impianti per il riscaldamento a quelli dell'illuminazione e così via, possono richiedere vettori energetici di diversa natura (gas o elettricità), un confronto diretto tra energia richiesta/prodotta o, similmente, tra energia importata/esportata, potrebbe essere impari. Di qui la necessità di introdurre dei fattori di peso per i due termini, e quindi di un'unità di misura del bilancio, quali ad esempio energia primaria, emissioni di CO<sub>2</sub>, o anche costi, etc...

Il recente D. Lgs 28/2011 (GURI, 2011) dispone che in Italia le fonti rinnovabili debbano coprire una quota sempre maggiore dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento. Gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da coprire, tramite energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili, una percentuale fissa (50%) dei consumi previsti di acqua calda sanitaria, più una percentuale variabile calcolata sulla somma dei consumi previsti per ACS, riscaldamento e

raffrescamento.

Inoltre tale decreto suggerisce le possibili strategie per avvicinarsi al bilancio energetico nullo. Le soluzioni tecnologiche vanno sviluppate in base allo specifico contesto climatico, che non può essere ridotto al semplicistico concetto di gradi-giorno invernali, e alle funzioni che l'edificio dovrà svolgere.

Tali soluzioni devono senz'altro derivare da un processo di progettazione integrata e essere messe in opera attraverso una procedura di *commissioning* che segua l'edificio in particolare nella fase di start-up, ma anche, seppur in maniera meno intensa, durante tutta la vita operativa.

Analizzando lo stock di edifici che rivendicano un bilancio energetico nullo, si riscontra che un terzo di quelli riconosciuti come Net ZEB utilizzano i concetti della casa passiva come base delle misure di efficienza energetica, riducendo la domanda a circa il 60% rispetto ad edifici di riferimento che soddisfano i requisiti minimi di legge.

**Tabella 5.3. Azioni per realizzare edifici a bilancio nullo (Mussal et al, 2010).**

<b>Soluzioni tipiche utilizzate negli edifici Net ZEB esistenti</b>				
	Riduzione fabbisogno termico	Riduzione fabbisogno elettrico	Riduzione di calore/freddo	Produzione di elettricità
Residenziale piccolo	Casa passiva e collettori solari termici	Elettrodomestici ad alta efficienza	Pompe di calore	Fotovoltaico
Appartamenti	Edificio passivo e collettori solari termici	Impianto di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata ad alta efficienza	Cogenerazione	Fotovoltaico Cogenerazione
Non residenziale	Ventilazione forzata con recupero di calore, raffrescamento passivo	Illuminazione artificiale a basso consumo energetico, day lighting, controllo	Pompe di calore	Fotovoltaico Eolico Cogenerazione

In Tabella 5.3 sono riportate le soluzioni utilizzate negli edifici Net ZEB esistenti. Non vanno ovviamente considerate come soluzioni assolute, ma servono solo a sottolineare come il raggiungimento del target prestazionale previsto è reso possibile grazie ad un approccio olistico che considera il sistema edificio nella sua globalità (Napolitano, Lollini, 2011).

### *5.8.1 I risparmi energetici e le riduzioni delle emissioni a seguito dell'attuazione di interventi di politiche energetiche nel Settore civile*

All'interno del Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011 (MSE, 2011) sono contenuti i risultati conseguiti al 2010 con le politiche di efficienza energetica introdotte con il PAEE 2007 (MSE, 2007) e gli obiettivi di risparmio energetico annuale, complessivi e per settore, attesi al 2010 (obiettivo intermedio) ed al 2016 (obiettivo finale) indicati nel PAEE 2007 (Tabella 5.4).

Tabella 5.4. Risparmio energetico annuale complessivo conseguito al 2010 e atteso al 2010 e 2016 - Sintesi settoriale (MSE, 2011).

Settori	Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 [GWh/anno]	Risparmio energetico annuale atteso al 2010 - PAEE2007 [GWh/anno]	Risparmio energetico annuale atteso al 2016 - PAEE 2007 [GWh/anno]
Residenziale	31.427	16.998	56.830
Terziario	5.042	8.130	24.700
Industria	8.270	7.040	21.537
Trasporti	2.972	3.490	23.260
Totale	47.711	35.658	126.327

Nella Tabella 5.5 vengono specificati gli obiettivi e i risultati raggiunti relativi alla realizzazione dei soli interventi già previsti dal PAEE 2007, relativamente al settore residenziale e terziario.

In totale, insieme agli interventi nell'industria e nei trasporti, è stato conseguito un risparmio energetico annuale complessivo di 32.334 GWh.

Tabella 5.5. PAEE 2007: risparmio energetico annuale conseguito al 2010, atteso al 2010 e 2016 per i settori residenziale e terziario (MSE, 2011).

Interventi	Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 (al netto di duplicazioni)	Risparmio energetico annuale atteso al 2010 (PAEE 2007)	Risparmio energetico annuale atteso al 2016 (PAEE 2007)
	[GWh/anno]	[GWh/anno]	[GWh/anno]
<b>Residenziale</b>			
Coibentazione superfici opache edifici residenziali ante 1980; sostituzione di vetri semplici con doppi vetri; recepimento della direttiva 2002/91/CE e attuazione del D.Lgs. 192/05	5.832	3.722	13.730
Sostituzione lampade ad incandescenza (GLS) con lampade a fluorescenza (CFL)	3.744	1.600	4.800
Sostituzione lavastoviglie con apparecchiature in classe A	21	305	1.060
Sostituzione frigoriferi e congelatori con apparecchiature in classe A+ e A++	82	1.210	3.860
Sostituzione lavabiancheria con apparecchiature in classe A superlativa	2	31	410
Sostituzione scaldacqua elettrici efficienti	1.400	700	2.200
Impiego di condizionatori efficienti	24	180	540
Impiego di impianti di riscaldamento efficienti	13.929	8.150	26.750
Camini termici e caldaie a legna	325	1.100	3.480

<b>Totale Settore Residenziale</b>	<b>25.359</b>	<b>16.998</b>	<b>56.830</b>
<b>Terziario</b>			
Impiego impianti di riscaldamento efficienti	80	5.470	16.600
Incentivazione all'impiego di condizionatori efficienti	11	835	2.510
Lampade efficienti e sistemi di controllo	100	1.400	4.300
Lampade efficienti e sistemi di regolazione del flusso luminoso (illuminazione pubblica)	462	425	1.290
<b>Totale Settore Terziario</b>	<b>653</b>	<b>8.130</b>	<b>24.700</b>

La Tabella 5.6 mostra interventi non previsti nel PAEE 2007, che hanno apportato un significativo contributo aggiuntivo di 10.457 GWh.

**Tabella 5.6. Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 – Dettaglio per singolo intervento non previsto dal PAEE 2007 (MSE, 2011).**

<b>Interventi</b>	<b>Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 (al netto di duplicazioni) [GWh/anno]</b>
Residenziale	
Decompressione gas naturale, FV < 20kW, cogenerazione, sistemi teleriscaldamento	190
Erogatori per doccia a basso flusso, kit idrici, rompigetto aerati per rubinetti	5.878
Dispositivi di spegnimento automatico di apparecchiature in modalità stand-by	0
<b>Totale Settore Residenziale</b>	<b>6.068</b>
Terziario	
Erogatori per doccia a basso flusso in alberghi e impianti sportivi	385
Recepimento della direttiva 2002/91/CE e attuazione del D.Lgs. 192/05	4.004
<b>Totale Settore Terziario</b>	<b>4.389</b>

Risulta di notevole interesse quantificare quali siano gli effetti delle misure previste dal PAEE 2011 sull'energia primaria, sulla variazione del mix energetico del Paese e sull'abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

A tale scopo si ricorre ad un'analisi di scenario, cioè all'uso di descrizioni internamente coerenti dell'evoluzione del sistema energetico, che permettono, pertanto, di "tenere insieme" tutte le componenti del sistema. Il rispetto dei criteri scientifici della coerenza interna – i valori assunti da tutte le variabili considerate devono essere coerenti fra loro – e della trasparenza e riproducibilità di ogni scenario, vengono garantiti dall'elaborazione degli scenari mediante modelli "formali" (MSE, 2011).

Tabella 5.7 Riduzioni dei consumi finali di energia attesi al 2016 e 2020 dal PAEE 2011 (MSE, 2011).

Settore	Riduzione di energia finale nel 2016		Riduzione di energia finale nel 2020		CO <sub>2</sub> evitata nel 2020
	GWh/anno	Mtep/anno	GWh/anno	Mtep/anno	Mton
Residenziale	60.027	5,16	77.121	6,63	18
Terziario	24.590	2,11	29.698	2,55	9,45
Industria	20.140	1,73	28.678	2,47	7,20
Trasporti	21.783	1,87	49.175	4,23	10,35
Totale	126.540	10,88	184.672	15,88	45,0

Applicando le misure previste dal PAEE 2011 (ed estese) ad uno scenario di riferimento (che rappresenta un'evoluzione del sistema energetico neutrale dal punto di vista delle politiche, essendo una proiezione delle tendenze in atto in termini di tecnologie e dinamiche socioeconomiche) si ottiene, nell'anno 2020, una riduzione in una riduzione in termini di energia primaria di oltre 18 Mtep.

La previsione 2020 delle emissioni di CO<sub>2</sub> evitate per effetto del solo "PAEE 2011 esteso" supera i 45 Milioni di tonnellate; il contributo di ciascun settore di uso finale all'abbattimento delle emissioni rispecchia le rispettive riduzioni di consumi attesi (Figura 5.15).

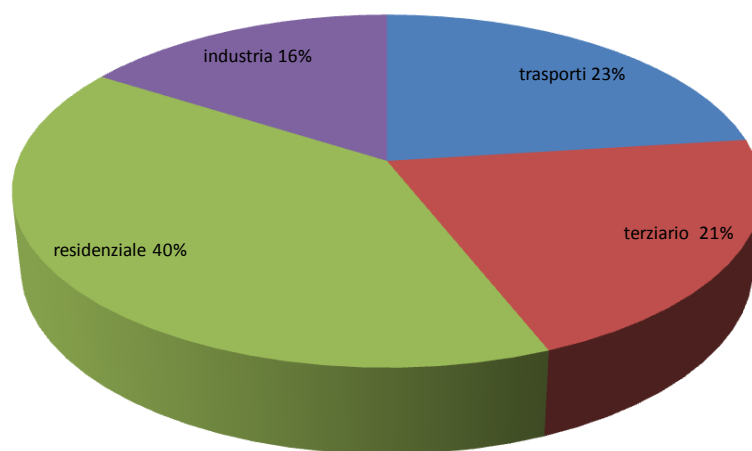


Figura 5.15. Contributo all'abbattimento di CO<sub>2</sub> per settore al 2020 a seguito dell'attuazione del PAEE 2011 (MSE, 2011).

## Bibliografia

- Carletti C., Sciarpi F. (a cura di), (2005) *Passivhaus. Evoluzione energetica e comfort ambientale negli edifici italiani*. Pitagora Editore Bologna. Bologna.
- Carletti C., Sciarpi F. (2008). *Edifici a basso consumo energetico*. Atti Convegno Nazionale - Sarreola Di Rubano - Padova AICARR (Associazione Italiana Condizionamento dell'aria Riscaldamento e Refrigerazione). Padova, 05/06/2008.
- EEA, (2011). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011*. European Environment Agency. Copenhagen, 27 Maggio 2011.
- ENEA, (2007). *Dossier: dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. 19 dicembre 2007, Roma.
- ENEA, (2009). *Rapporto Energia e Ambiente 2007-2008. L'analisi*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Roma, 2009.
- FI.N.CO. – ENEA, (2004). *Libro Bianco: Energia – Ambiente – Edificio*. Il Sole 24 Ore, Milano.
- GUCE, (2003). *Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea del 04/01/2003.
- GUCE, (2010). *Direttiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea del 18/06/2010.
- GURI, (1991) *Legge 9 gennaio 1991 n.10. Norme per l'attuazione del piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e dei suoi decreti attuativi*. S.O. n. 6 alla Gazzetta Ufficiale n. 13 del 16 gennaio 1991.
- GURI, (2005). Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 241 del 15.10.2005.
- GURI, (2006). Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311. *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 26 del 1.2.2007 - Suppl. Ordinario n.26.
- GURI, (2008) Decreto Legislativo 30 maggio 2008 n.115. *Attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia ed i servizi energetici ed abrogazione della Direttiva 96/73/CEE*. Gazzetta Ufficiale n. 154 del 3 luglio 2008.
- GURI, (2009a). Decreto Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59. *Regolamento di attuazione dell'art 4, comma 1, lettera a) e b) del DLgs 192/2005, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 132 del 10 Giugno 2009.
- GURI, (2009b) Decreto 26 giugno 2009. *Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*. Gazzetta Ufficiale n. 158 del 10 luglio 2009.
- GURI, (2011). Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28. *Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*. Supplemento Ordinario n. 81 alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 71 del 28/3/11.
- Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, et al., (2001). *Climate change 2001: mitigation. Contribution of working group III to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge: Cambridge University Press; 2001.
- IPCC, (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate

- Change, 2006.
- IPCC, (2007). *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*. Intergovernmental Panel on Climate Change 2007.
- JRC, 2009. European Reference Life Cycle Database (ELCD). *LCA data sets of key energy carriers, materials, waste and transport services of European scope*.
- JRC et al., 2009. International Reference Life Cycle Data System (ILCD). *Guidance documents for consistent and quality-assured LCA data and methods for robust LCA-based decision support in business and government. Under development*.
- Krapmeier Drossler, (2001). *Cepheus, living comfort without heating*. Springer Wien. New York.
- MATTM (2009). *Elementi guida per l'elaborazione dei Piani di azione per l'energia sostenibile*.
- MSE, (2007). *Piano d'azione italiano per l'efficienza energetica 2007*. Ministero per lo Sviluppo Economico. Roma, Luglio 2007.
- MSE, (2011). *Piano d'azione italiano per l'efficienza energetica 2011 – BOZZA*. Ministero per lo Sviluppo Economico. Roma, Luglio 2011.
- Mussal E. et al., (2010). *Net Energy Zero Buildings: an overview and analysis on worldwide building projects*. Atti International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings EUROSUN 28/09 – 01/10/ 2010. Austria.
- Napolitano A., Lollini R., (2011). *Energia "quasi zero": come quantificarla?* Rivista Casa&Clima n. 32 Settembre 2011.
- Odyssee, (2009). *Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27 Lessons from the ODYSSEE/MURE project*. ADEME Editions, Paris 2009.
- Scarpa M., Schiavon S., Zecchin R., (2008). *Le fonti di energia rinnovabile nella climatizzazione*. Atti 46° Congresso Internazionale AICARR, Milano.
- UE, (2010). *Linee Guida "Come sviluppare un Piano Di Azione per l'energia sostenibile - PAES"*. Unione Europea. Lussemburgo, 2010.
- UNI, (2008) UNI/TS 11300:1 – *Determinazione del fabbisogno di energia termica e dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*.
- UNI (2008) UNI/TS 11300:2 – *Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*.
- <http://www.campagnaseitalia.it/>
- <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- <http://www.pattodeisindaci.eu/>
- <http://www.sinanet.isprambiente.it/>



## Capitolo 6. Possibili strategie di abbattimento delle emissioni di gas serra a livello comunale

### 6.1 Introduzione

Nell'ambito del Bilancio dei gas serra realizzato per il Comune di Reggio Calabria i risultati hanno dimostrato come la percentuale di abbattimento (derivante dall'assorbimento forestale ed agricolo) delle emissioni lorde di gas serra in atmosfera, sia meno del 15%.

Ciò induce a ritenere che l'attuale sistema territoriale da un lato "emetta troppo" e dall'altro "assorba troppo poco": è, quindi, importante agire da un lato sulla riduzione delle quote di emissione, dall'altro sull'aumento delle capacità di assorbimento del sistema naturale comunale.

Al fine di poter pianificare sul territorio, nel breve o nel lungo termine, idonei interventi di riduzione delle emissioni, si è proceduto analizzandone i possibili margini di miglioramento ed individuando una serie di proposte che, nel loro insieme, possano concorrere al raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto e dell'UE. Tra le principali azioni proponibili si possono annoverare:

1. la riduzione dei consumi di carburanti tramite, ad esempio, l'impostazione di un sistema di mobilità con modalità alternative di trasporto che privilegi la modalità ciclabile e pedonale, la promozione dell'utilizzo dei mezzi pubblici, l'intermodalità ed il potenziamento delle percorrenze via mare, l'implementazione di sistemi di car sharing e/o car pooling;
2. l'adozione di azioni atte a regolamentare il sistema edilizio dal punto di vista energetico, riguardo sia alle nuove costruzioni che al parco edilizio esistente, incentivando misure finalizzate ad accrescerne le prestazioni;
3. l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili che permettano di ridurre la dipendenza dalle fonti energetiche tradizionali come i combustibili fossili, attuando politiche energetiche locali che valorizzino le specifiche caratteristiche del territorio (insolazione, morfologia del territorio, disponibilità di vento, ecc.) e l'adozione di fonti non rinnovabili;
4. il raggiungimento di percentuali più elevate di raccolta differenziata dei rifiuti attraverso misure di incentivazione ed il potenziamento del riciclaggio;
5. l'introduzione di interventi di mitigazione tramite inserimento di idonea vegetazione e rimboschimenti in ambito urbano;
6. un sistema di pianificazione territoriale sostenibile, attraverso l'inserimento di criteri ambientali ed energetici nei processi di predisposizione degli strumenti urbanistici e di settore;
7. una politica di acquisti verdi;

8. l'impostazione di processi di sensibilizzazione, formazione e partecipazione orientati, come contenuto e metodo, al principio di sostenibilità ed all'educazione alle corrette abitudini al consumo.

Stante la complessità del programma di interventi proposto ed, in particolare, la forte variabilità dei risultati ottenibili in funzione delle decisioni adottabili dalle Amministrazioni, soprattutto in campo energetico e di gestione dei rifiuti, nel lavoro, quale contributo a possibili strategie di intervento immediate che possano portare al raggiungimento anche parziale degli obiettivi dell'UE, in questo capitolo si sono prese in esame due proposte:

- la prima è una misura di semplice realizzazione ed economicamente sostenibile, consistente nell'accrescimento delle capacità di assorbimento del territorio comunale. Si è valutata quindi l'azione di mitigazione delle emissioni tramite diversi interventi di compensazione ambientale che svolgono la funzione fondamentale di riequilibrare l'ambiente, oltre che in termini quantitativi, anche dal punto di vista qualitativo.
- La seconda tipologia di proposta nasce dalla considerazione del fatto che, come visto finora, nel quadro dei consumi energetici globali, il settore civile assume un peso rilevante, tanto che, in Italia, i consumi energetici del settore risultano pari a circa il 40% dei consumi finali, collocandosi solo dopo quelli dei trasporti e prima di quelli relativi al settore industriale. Alla luce di ciò si è approfondita una metodologia che ha permesso di valutare le prestazioni energetiche e i conseguenti impatti ambientali (in termini di emissioni di gas serra) di alcune strategie di intervento che è possibile attuare su un edificio appartenente ad una tipologia edilizia che, in una precedente analisi (Marino et al., 2006), si è dimostrata contribuire in maggior misura ai consumi energetici del patrimonio edilizio esistente nel Comune di Reggio Calabria.

Lo scopo è quello di confrontare le ricadute sul Bilancio dei Gas serra effettuato per il Comune stesso e rendicontato nel Capitolo 3 di questo lavoro di Tesi - in termini di emissioni/assorbimenti di gas serra - che si avrebbero attuando differenti "pacchetti" di interventi.

## **6.2 Analisi dei possibili interventi di compensazione ambientale**

Le compensazioni ambientali rivestono il ruolo fondamentale di migliorare l'ambiente esistente, attraverso interventi capaci di ridare al territorio ciò che "viene tolto" sia in termini quantitativi che qualitativi. Nella fattispecie nel presente lavoro si è mirato ad individuare degli interventi atti a mitigare, seppur in maniera parziale, le emissioni di CO<sub>2</sub> causate dalle attività antropiche presenti nel territorio di Reggio Calabria.

Dalle analisi territoriali (Marino et al., 2011) è emerso che l'incremento delle compensazioni è strettamente legato all'aumento delle formazioni vegetali, in quanto si ritiene che queste oltre ad aumentare il livello di biodiversità, migliorare l'aspetto del

paesaggio e ridurre i rischi idraulici, siano in grado di depurare l'aria assorbendo CO<sub>2</sub>. Le azioni compensative sono pertanto strettamente connesse al recupero ecologico/ambientale del paesaggio agrario eccessivamente antropizzato ed alla riqualificazione ambientale delle aree rurali marginali e degradate sia a causa dell'abbandono, che in conseguenza di eventi calamitosi che hanno fortemente danneggiato il soprassuolo.

Le azioni compensative, valutate secondo le opportunità e le caratteristiche territoriali, potenzialmente attuabili nel territorio del Comune di Reggio Calabria, sono:

- Realizzazione di **siepi, filari e fasce tampone** nelle aree agrarie;
- **Rimboscimento e riqualificazione ambientale** delle aree marginali e degradate in ambito rurale e forestale.

### 6.2.1 Fasce tampone, siepi e filari

Lo scopo principale delle **fasce tampone** (Figura 6.1) è quello di ridurre il ruscellamento superficiale e sottosuperficiale dell'acqua di pioggia e di conseguenza le perdite di sedimenti ed elementi nutritivi limitando così la contaminazione delle acque superficiali da inquinanti chimici.

Sostanzialmente vengono collocate ai margini dei campi coltivati, vicino ai corsi d'acqua, di larghezza variabile da 4 a 30 m, inerbite con essenze erbacee in consociazione con specie arboree.

Le principali funzioni delle fasce tampone sono:

- fitodepurazione;
- miglioramento e incremento della biodiversità;
- produzione di legna;
- controllo dell'erosione;
- benefici estetico – paesaggistici;
- abbattimento CO<sub>2</sub>.

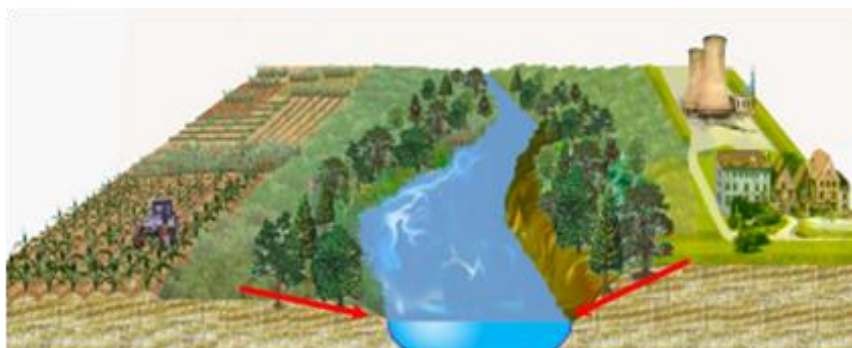


Figura 6.1. Esempi di fasce tampone.

Nell'analisi condotta la stima delle aree da destinare all'impianto delle fasce tampone è stata determinata attraverso i seguenti passaggi (Marino et al., 2011):

1. Individuazione dei principali corsi d'acqua presenti nel Comune di Reggio Calabria;
2. Utilizzo della tecnologia GIS per le seguenti fasi:
  - fotointerpretazione delle aree limitrofe ai corsi d'acqua: è stato valutato il livello di antropizzazione (livello di cementificazione, presenza di strutture edili lungo le sponde, tipologia delle coltivazioni agricole presenti, etc.) e la disponibilità di aree idonee all'impianto di specie arboree;
  - determinazione delle aree in cui impiantare le fasce tampone: sono state misurate le aree limitrofe ai fiumi ritenute idonee e si è ipotizzato una larghezza media delle fasce tampone pari a 6 m per sponda;
3. Scelta delle specie da impiegare: la specie scelta è stata l'Eucalipto.

**Tabella 6.1 Stima della superficie agricola destinabile all'impianto di fasce tampone.**

Tipologia	Toponimo	Lunghezza interessata (m)	Area destinata a fasce tampone (ha)
Fiumara	Fiumara di Gallico	7500	9,00
Fiumara	Fiumara di Catona	3500	4,20
Fiumara	Fiumara Scacciotti	2100	2,52
Fiumara	Fiumara dell'Annunziata	8500	10,20
Fiumara	Fiumara Calopinace	2000	2,40
Fiumara	Fiumara Sant'Agata	6800	8,16
Fiumara	Fiumara Valanidi	3600	4,32
<b>Totale</b>			<b>40,8</b>

Per quanto riguarda le **siepi** ed i **filari** (Figura 6.2) essi sono normalmente collocati lungo i confini dei lotti agricoli e svolgono le seguenti funzioni:

- miglioramento e incremento della biodiversità;
- produzione di legna;
- controllo dell'erosione;
- benefici estetico - paesaggistici;
- azione frangivento;
- abbattimento CO<sub>2</sub>.

La stima delle aree da destinare all'impianto delle siepi e dei filari è stata determinata attraverso i seguenti passaggi (Marino et al., 2011):

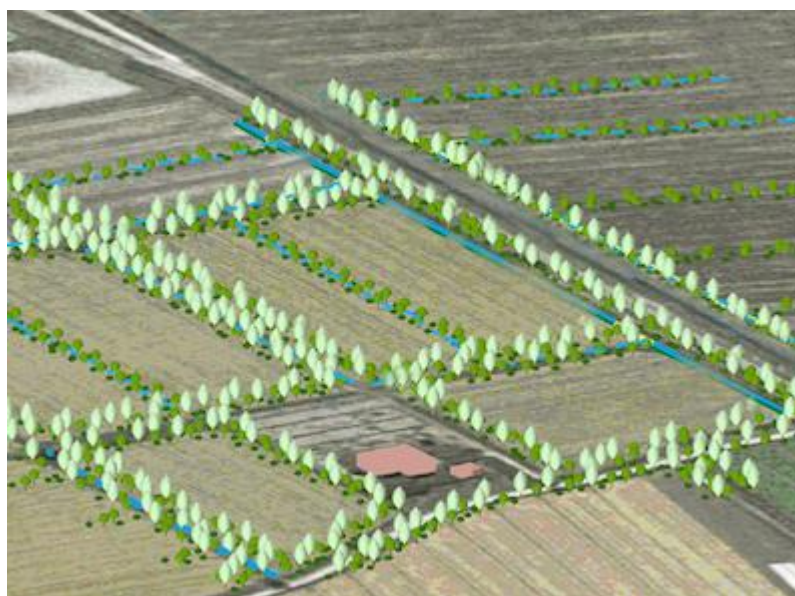
1. Analisi delle principali tipologie di superfici agricole;
2. Utilizzo della tecnologia GIS per le seguenti fasi:
  - individuazione cartografica delle classi CLC (corine land cover) corrispondenti alle categorie di uso agricolo (222, 223, 241, 242,243);
  - individuazione di 3 aree di saggio random di 10 ha per categoria d'uso del suolo agricolo (222, 223, 241, 242,243);
  - analisi preliminare del tessuto aziendale e incidenza percentuale delle aree

- destinate alle siepi ed ai filari rispetto alla superficie totale;
- determinazione dell'incidenza media per ogni categoria d'uso del suolo;
- determinazione delle superfici totali destinabili alle siepi ed alle fasce tampone: il calcolo è stato eseguito sulla superficie totale presente nel Comune di Reggio Calabria per categoria d'uso del suolo agricolo (Classi corine land cover: 222, 223, 241, 242,243);

**Tabella 6.2 Stima della superficie agricola destinabile all'impianto di fasce tampone.**

Classe CLC	Descrizione	Superficie Totale (ha)	% incidenza superficie	Area destinata a siepi e filari (ha)
222	Frutteti e frutti minori	1.017	3,5%	35,595
223	Oliveti	1.340	3,0%	40,2
241	Culture temporanee associate a colture permanenti	2.839	2,4%	68,136
242	Sistemi colturali e particellari complessi	3.491	3,0%	104,73
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	1.983	2,0%	39,66
<b>Totale</b>				<b>288,321</b>

3. Scelta delle specie da impiegare: La scelta della specie è stata effettuata prevedendo una futura funzione produttiva delle piante. Si sono ipotizzati difatti dei filari destinati alla produzione di legname (gli impianti di arboricoltura da legno hanno un accrescimento molto veloce e quindi una maggiore capacità di immagazzinamento di Carbonio nei tessuti vegetali) e alla produzione di frutti quali olivo.



**Figura 6.2. Esempi di siepi e filari.**

### 6.2.2 Aree boscate, rimboschimenti

Gli interventi di rimboschimento, all'interno di aree urbane e suburbane, permettono l'ottenimento di un duplice obiettivo: da una parte la realizzazione di un'azione strategica di risanamento ambientale e dall'altra la creazione di aree verdi in prossimità dei centri urbani, fruibili in breve tempo dalla popolazione per attività di svago e sport.

Molteplici sono in particolare i benefici ambientali che ne derivano: contrasto dell'erosione ad opera degli agenti atmosferici e del dissesto idrogeologico per effetto dell'azione drenante e contenitrice degli apparati radicali, effetti equilibratori del microclima attraverso l'aumento dell'umidità, il raffreddamento degli strati bassi dell'atmosfera, il contenimento dei venti, l'equilibrio nella localizzazione delle precipitazioni, creazione di nicchie ecologiche per specie faunistiche, ecc.

L'apporto alla formazione di nuove aree boscate è dato principalmente dalla trasformazione in bosco (alberi-zone verdi) delle aree arbustive, delle aree miste (aree naturali o seminaturali) e degli incolti (Marino et al., 2011).

In sintesi gli interventi di riforestazione in prossimità dei centri urbani possono svolgere le seguenti funzioni:

- conservazione dei suoli attraverso il contrasto dell'azione di dilavamento e erosione ad opera degli agenti atmosferici;
- risanamento del dissesto idrogeologico per effetto dell'azione drenante e contenitrice degli apparati radicali;
- assorbimento parziale delle emissioni di CO<sub>2</sub>;
- effetti equilibratori del microclima attraverso l'aumento dell'umidità, il raffreddamento degli strati bassi dell'atmosfera, il contenimento dei venti, l'equilibrio nella localizzazione delle precipitazioni;
- creazione di nicchie ecologiche per specie faunistiche;
- creazione di ambienti utilizzabili dalla cittadinanza per attività di svago, sport e ricreazione di tipo naturalistico senza l'obbligo di lunghi spostamenti in aree extraurbane;
- funzioni didattico educative sul rispetto dell'ambiente naturale rivolte alle giovani generazioni.

Le piantagioni su larga scala possono funzionare come "pozzi per l'assorbimento del carbonio", dando pertanto un contributo al controllo dei livelli di anidride carbonica. In realtà la mera azione di piantare alberi non ha la capacità di risolvere gli attuali problemi legati ai cambiamenti climatici, ma il processo di riforestazione su larga scala, potrebbe avere un impatto significativo sul lungo termine.

La stima delle aree da destinare ai rimboschimenti è stata effettuata attraverso l'uso della tecnologia GIS per le seguenti fasi:

1. individuazione attraverso fotointerpretazione e analisi della categorie d'uso del suolo (242,243, 333, 334) delle aree in cui sono presenti aree arbustive, aree miste (aree naturali o seminaturali) e incolti;
2. stima delle aree degradate e prive di soprassuolo idonee al rimboschimento attraverso i seguenti passaggi:
  - calcolo delle pendenze medie: i terreni con pendenze superiori al 10% sono stati scartati;
  - calcolo delle esposizioni: le esposizioni preferite sono state sud, sud-est e sud ovest;
3. individuazione di 10 aree di saggio di 10 ha per individuare i livelli di incidenza sulla superficie delle aree individuate nel precedente punto delle zone da rimboschire.
4. Scelta delle specie da impiegare: La scelta della specie è stata effettuata seguendo la vocazionalità del territorio. In particolare si è fatto riferimento alle serie di vegetazione (MATT 2002). Individuando le seguenti serie di vegetazione corrispondenti: Erico-Quercetum virgiliana e Oleo-Quercetum virgiliana. Per il calcolo degli accrescimenti si è fatto pertanto riferimento alla macchia mediterranea.

**Tabella 6.3 Stima delle superfici degradate e percorse da incendio destinabili al rimboschimento ed al recupero ambientale.**

Classe CLC	Descrizione	Superficie Totale (ha)	Area recuperabile (ha)
242	Sistemi colturali e particellari complessi	3.000,00	1.000,00
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti		
333	Aree con vegetazione rada		
334	Aree percorse da incendi		
<b>Totale</b>			1.000

Figura 6.3 sono riportati gli andamenti degli assorbimenti ottenibili con i tre interventi, nell'ipotesi che essi vengano realizzati nel 2010 e producano effetti a partire dal 2011 fino al 2020.

In definitiva il Bilancio delle emissioni dei gas serra, alla luce delle considerazioni effettuate comporterebbe, a fronte di un abbattimento al 2009 del 14,6%, uno del 17,9% al 2020 (Marino et al., 2011) come si può osservare dalla Figura 6.4.

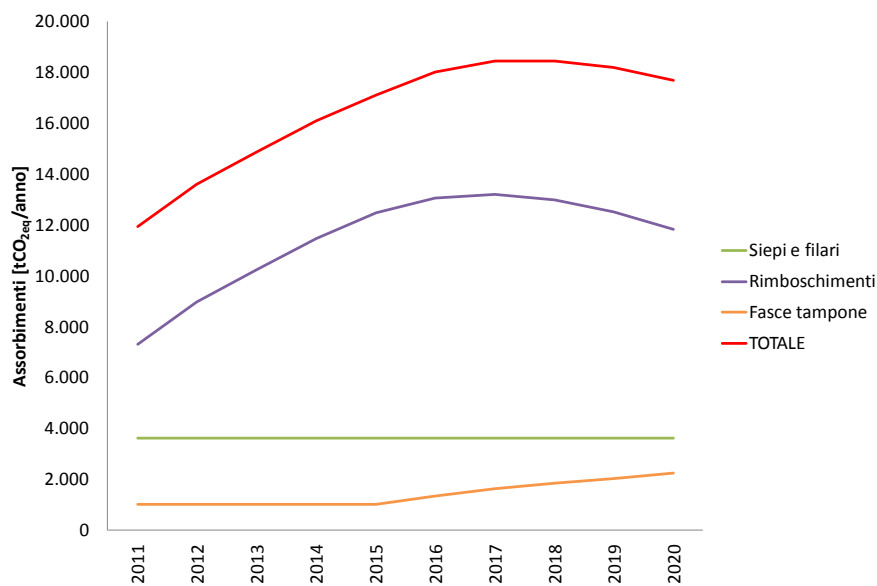


Figura 6.3. Andamento degli assorbimenti di gas serra in seguito ad interventi di compensazione (Marino et al., 2011).

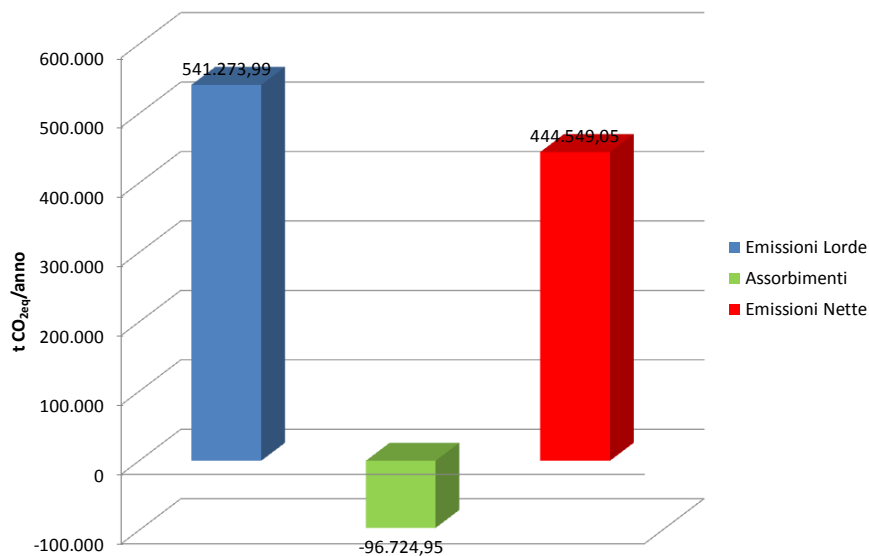


Figura 6.4. Bilancio delle emissioni dei gas serra per il Comune di Reggio Calabria previsto nel 2020, a seguito di interventi di compensazione (Marino et al., 2011).

### 6.3 L'incidenza del settore civile nel Comune di Reggio Calabria

Il settore edilizio necessita di particolare attenzione nella definizione di strategie di sviluppo sostenibile; in particolare la conoscenza del patrimonio edilizio esistente e delle relative prestazioni energetiche rappresentano un elemento fondamentale della programmazione di interventi di minimizzazione dei consumi. In questo ambito si collocava la Direttiva Europea 2002/91/CE sul "Rendimento energetico nell'edilizia" (GUCE, 2003), rivista ed aggiornata dalla 2010/31/UE, che ha introdotto negli Stati membri l'obbligo della certificazione energetica degli edifici esistenti e di nuova costruzione.



Le modalità di intervento finalizzate alla minimizzazione dei consumi energetici in campo edilizio e più in generale alla ottimizzazione delle prestazioni energetiche degli edifici sono molteplici ed interessano diversi ambiti che vanno dal progetto del sistema edificio-impianto, alla sua gestione, fino alla scelta della fonte energetica (Marino et al., 2006).

La sfida principale da fronteggiare per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità stabiliti dai vari accordi nazionali ed internazionali, riguarda proprio il controllo della domanda di energia dell'edificio vincolato dal rispetto dei minimi requisiti di comfort che ogni ambiente deve garantire agli occupanti. Tale obiettivo può essere raggiunto solo per mezzo di un'adeguata analisi delle prestazioni del sistema edificio e dei suoi componenti.

In questo capitolo si sono messe a confronto varie soluzioni, strutturali e impiantistiche, rispetto alla classe più rappresentativa di edificio del Comune di Reggio Calabria, attraverso simulazioni energetiche da cui sono scaturite importanti considerazioni.

Il confronto è stato messo a punto grazie ad un software di simulazione numerica del comportamento dell'edificio in regime variabile, ovvero l'Energy Plus v. 6.0, che risulta essere, ad oggi, uno dei più potenti ed efficaci simulatori nel campo energetico, in quanto integra la simulazione dell'ambiente con quella dell'impianto, in cui l'informazione relativa al carico che l'impianto è effettivamente in grado di bilanciare viene utilizzata per determinare le condizioni di temperatura dell'aria in ambiente, seguendo un processo iterativo.

Dal Bilancio delle emissioni dei gas serra predisposto all'interno di questo lavoro di Tesi per il Comune di Reggio Calabria è emerso che, tra tutti, il settore Energia è quello a cui corrispondono più elevati valori di emissioni, con quasi il 90% del contributo. In particolare, all'interno di esso, è particolarmente rilevante la posizione delle emissioni dei trasporti, seguita da quelle da consumo di energia elettrica.

Quest'ultima include tutti i consumi di energia elettrica all'interno dei confini comunali, in quanto la metodologia riportata nelle linee guida IPCC non prevede la suddivisione di tali emissioni nei vari settori (residenziale, terziario, commerciale, etc...).

Volendo, pertanto, conoscere l'incidenza del Settore civile all'interno dei confini comunali è stato necessario procedere all'accorpamento dei consumi che, sulla base delle linee guida IPCC, sono stati inclusi nella voce "combustione stazionaria" (riferita al consumo di combustibile negli impianti di riscaldamento) ed, inoltre, estrapolare dalla voce "consumo di energia elettrica importata", le quantità collegabili al comparto civile.

Non avendo, tuttavia, a disposizione dati locali sui consumi di energia elettrica, si è dovuto procedere studiando l'andamento dei consumi di energia elettrica ad uso domestico che l'ISTAT fornisce fino al 2007, ricavando il consumo nell'anno 2009.

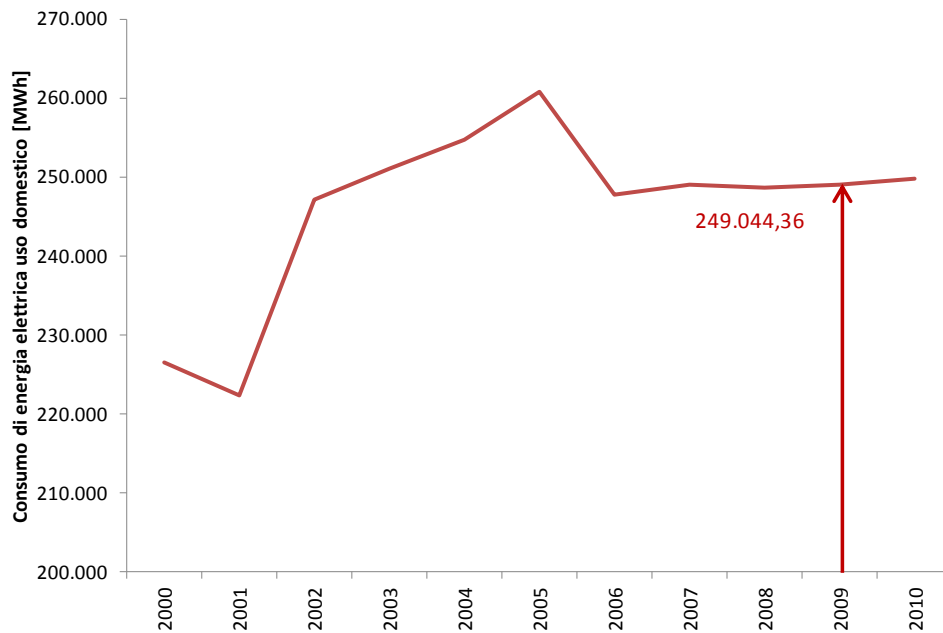


Figura 6.5. Consumi di energia elettrica uso domestico nel Comune di Reggio Calabria (elaborazioni dati ISTAT).

Dall'analisi è emerso che, rispetto ai 507.890 MWh di consumo di energia elettrica totale, il 50% (249.044,36 MWh) è da considerare derivante da uso domestico, quindi residenziale. Riportando tale risultato in termini emissioni di  $CO_{2eq}$  si ottiene quanto rappresentato in Figura 6.6 da cui si evince che l'apporto di emissioni di gas serra di questa categoria è del 26% rispetto al Settore Energia (il cui Settore già costituiva il 90% rispetto al totale).

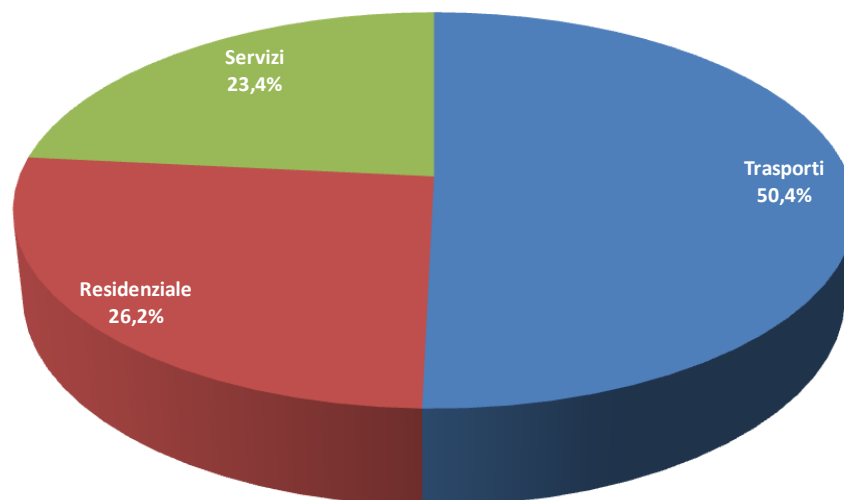


Figura 6.6. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra del Settore Energia per il Comune di Reggio Calabria, nel 2009 con estrapolato il comparto residenziale.

In definitiva, ferma restando la grossa fetta di contributo derivante dalla categoria dei trasporti, nel lavoro che segue si affronteranno i diversi scenari di riduzione che si offrono riguardo alla possibilità di intervenire nel comparto degli edifici ad uso residenziale, ancor prima che in quello terziario/commerciale, o meno ancora che in quello industriale.

## 6.4 Analisi del parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria

Il parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria è stato classificato facendo riferimento ai dati relativi al 14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni, accessibili dal sito internet dell'ISTAT secondo varie modalità di interrogazione, attraverso un datawarehouse (ISTAT, 2006).

Tra le molteplici classificazioni ricavabili dai dati disponibili, per gli scopi del presente studio è stata utilizzata quella riportata in Tabella 6.4, che suddivide gli edifici in base alla tipologia edilizia costruttiva ed al numero di piani.

La particolare composizione del parco edilizio del Comune di Reggio Calabria, che risente fortemente del disastroso evento sismico verificatosi agli inizi del XX secolo, ha fatto sì che, tra le possibili 12 classi individuate dall'ISTAT, solo alcune fra esse siano risultate effettivamente presenti. Inoltre, per vincoli sia sismici che urbanistici, non sono presenti nel territorio del Comune edifici residenziali con più di 6 piani fuori terra (Marino et al., 2006).

**Tabella 6.4. Numero di edifici del parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria, suddivisi per tipologia costruttiva e numero di piani.**

Tipologia costruttiva	Numero di edifici			
	1 piano	2 piani	3 piani	>3 piani
muratura	4.477 (1a) <sup>1</sup>	5.667 (2a) <sup>1</sup>	- (3a) <sup>1</sup>	- (4a) <sup>1</sup>
cemento armato	- (1b) <sup>1</sup>	5.726 (2b) <sup>1</sup>	5.016 (3b) <sup>1</sup>	5.508 (4b) <sup>1</sup>
altro materiale	3.672 (1c) <sup>1</sup>	917 (2c) <sup>1</sup>	- (3c) <sup>1</sup>	- (4c) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> codice della classe di edifici

A partire da tale suddivisione è possibile ricavare la superficie abitabile per ogni classe di edifici, riportata in Tabella 6.5 (Marino et al., 2006).

**Tabella 6.5. Superfici abitabili del parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria, suddivise per tipologia costruttiva e numero di piani.**

Tipologia costruttiva	Superficie abitabile (m <sup>2</sup> )			
	1 piano	2 piani	3 piani	>3 piani
muratura	368.748	933.525	-	-
cemento armato	-	943.244	1.239.428	2.268.332
altro materiale	302.444	151.057	-	-

Da un recente studio effettuato sull'analisi dei consumi energetici delle suddette categorie di edifici (Marino et al., 2006) è emerso come, tra quelle sopra, alcune categorie di edifici presentino una qualità energetica differente nel periodo invernale rispetto a quello estivo.

In particolare, per la classe costituita dagli edifici in cemento armato con più di tre

piani, si ha un notevole incremento dei consumi nel periodo estivo giustificabile dall'elevato rapporto vetrato/opaco tipico della categoria. Il caso opposto si ha per la classe formata dagli edifici in muratura ad un piano in cui l'elevato valore del fabbisogno per il riscaldamento, contrapposto ad un valore basso in raffrescamento, potrebbero essere causati dall'elevata trasmittanza delle pareti perimetrali e dal basso rapporto vetrato/opaco.

Riguardo il contributo delle diverse categorie di edifici ai consumi complessivi del parco edilizio, i risultati dello studio sono riepilogati in Figura 6.7.

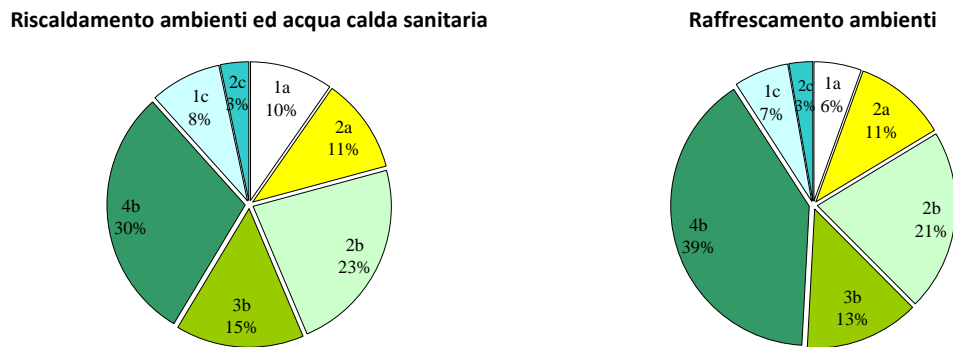


Figura 6.7. Contributo delle singole classi di edifici ai consumi (Marino et al., 2006).

La classe di edifici che complessivamente assume il maggior ruolo per quanto riguarda le emissioni di biossido di carbonio è quella formata dagli edifici in cemento armato con più di tre piani che, nonostante presenti un'efficienza energetica superiore a quella di altre classi di edifici, viene ad assumere un peso maggiore poiché in essa ricade circa il 37% della superficie abitabile dell'intero parco.

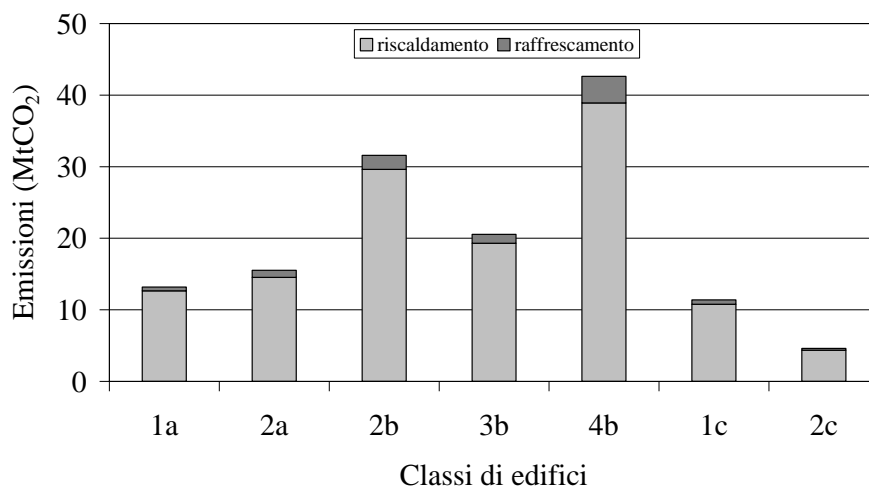


Figura 6.8. Emissioni annuali di CO<sub>2</sub> per ciascuna classe di edifici (Marino et al., 2006).

## 6.5 La metodologia di analisi

La metodologia di analisi che è stata seguita nell'ambito di questo lavoro di Tesi consiste, come già anticipato, nella valutazione degli effetti derivanti dall'applicazione graduale, o combinata, di interventi di riqualificazione energetica, rispetto allo standard costruttivo della classe di edifici rappresentativa del Comune di Reggio Calabria.

Questo ha significato, in sostanza, effettuare un'analisi energetico/ambientale di un edificio "tipico" (che costituirà il caso 00) da cui, attuando dei pacchetti di interventi potrà essere individuata la migliore configurazione di intervento volta alla minimizzazione dei consumi e delle emissioni inquinanti in atmosfera.

Per effettuare l'analisi è stato utilizzato l'edificio rappresentato in Figura 6.9.

Si tratta di un edificio articolato su sei piani, con due unità immobiliari per piano. Ciascuna unità immobiliare è dotata di un impianto autonomo con terminali del tipo a ventilconvettori alimentati da una caldaia a metano e da un chiller raffreddato ad aria.

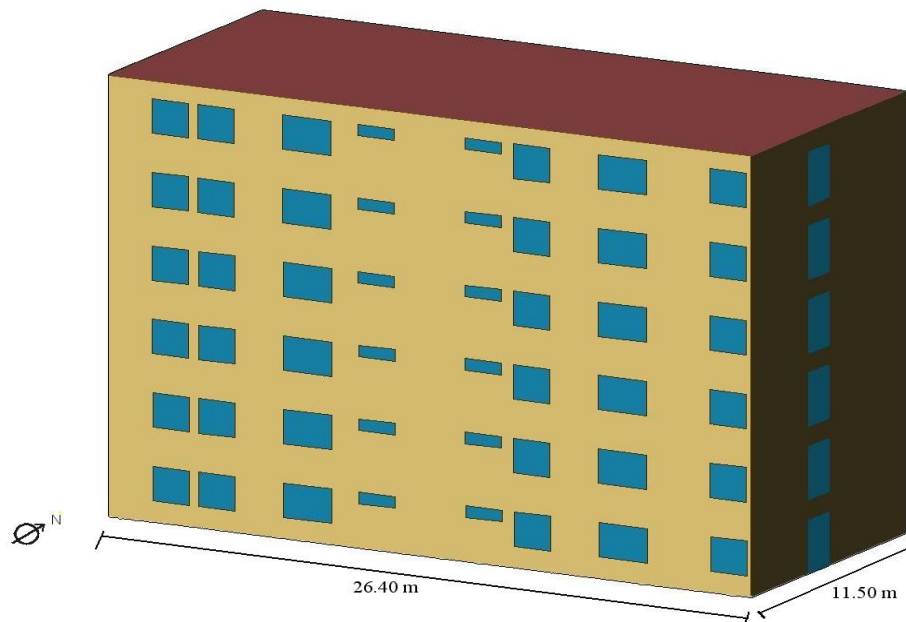


Figura 6.9. Edificio analizzato.

Il regime di funzionamento degli impianti, seguendo il profilo d'uso tipico di "edifici o porzioni di edificio che in relazione alla loro destinazione d'uso sono normalmente soggetti ad una occupazione discontinua nel corso della settimana o del mese" (GURI, 2009), è di tipo continuo attenuato e prevede un periodo di attività compreso fra le ore 7÷23 con valori di setpoint di temperatura pari a 20°C in inverno e 26°C in estate, mentre tra le ore 24÷6 i setpoint di temperatura considerati sono pari a 18°C in inverno e 28°C in estate.

L'impianto è provvisto di un sistema di termoregolazione dotato di programmatore che consente la regolazione della temperatura sui due livelli sopra richiamati nell'arco delle 24 ore.

Per quanto riguarda l'illuminazione artificiale, l'entrata in funzione dell'impianto è regolata dalle condizioni di luce naturale all'interno dei singoli ambienti. In particolare l'impianto di illuminazione artificiale viene attivato, solo nel periodo compreso fra le ore 7 e le 23, quando l'illuminamento da luce naturale scende al di sotto di 250 lux.

Inoltre, ai fini del calcolo dei consumi energetici legati all'illuminazione artificiale, si è ipotizzato che solo la metà dei 6 ambienti presenti in ogni unità immobiliare fosse occupata contemporaneamente.

L'edificio è ubicato nella situazione climatica tipicamente mediterranea di Reggio Calabria (Tabella 6.6), in cui le necessità di raffrescamento sono prevalenti rispetto a quelle di riscaldamento.

**Tabella 6.6. Parametri Geografici e Climatici della città di Reggio Calabria.**

Latitudine	Longitudine	Quota (m)	Minima temperatura annua (°C)	Massima temperatura annua (°C)	Gradi-giorno riscaldamento (°C gg)	Rapporto S/V edificio
38° 6'	15° 39'	15	4,4*	35,2*	772	0,47

\*elaborazione dati forniti dal Centro Funzionale Multirischi della Calabria c/o ArpaCal (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria) per gli anni 2002-2010 (<http://www.cfc Calabria.it/>).

Per quanto riguarda la configurazione di partenza, che costituirà il caso base, codificato con 00, sono stati considerati due casi:

- il primo, identificato come **ED01**, in cui la muratura esterna è composta da due mattoni in laterizio forato, rispettivamente di 8 e 12 cm, con uno strato di intercapedine d'aria (1 cm) interposto (Tabella 6.7), mentre gli infissi sono caratterizzati da vetri doppi con vetrocamera ad aria di 16 mm (Tabella 6.9): questa configurazione è più frequente in una parte di parco edilizio comunale, quello di più recente costruzione, a partire circa dagli anni '80;
- il secondo, che verrà codificato come **ED02**, in cui la muratura esterna è composta da un blocco di mattoni per pareti esterne dello spessore di 20 cm, senza alcun isolamento (Tabella 6.8) e infissi con vetri singoli, più frequente nelle costruzioni di vecchia data (Tabella 6.10).

Di seguito sono riportate le caratteristiche termofisiche e strutturali delle due tipologie di edificio, nella configurazione di partenza.

**Tabella 6.7. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle pareti esterne dell'edificio ED01 (caso 00).**

Tipologia	Parete esterna			
Descrizione	muratura esterna ED01 caso 00			
<b>Trasmittanza totale calcolata</b>	<b>1,130</b>			<b>W/m<sup>2</sup>K</b>
Trasmittanza adottata	1,130			W/m <sup>2</sup> K
Massa superficiale	148,05			kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	0,687			W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	6,49			h
Smorzamento	0,608			---
Capacità termica interna	54,955			kJ/m <sup>2</sup> K
		Cond.	Res.	Spes.
	Materiale	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[cm]
<b>Strati</b>	Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
	Intonaco di gesso (1300 kg/m <sup>3</sup> )	28,500	0,035	2,0
	Mattone forato di laterizio (250*80*250) spessore 80	5,000	0,200	8,0
	Aria intercapedine flusso orizzontale 10 mm	6,706	0,149	1,0
	Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	3,220	0,311	12,0
	Cemento e sabbia	50,000	0,020	2,0
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
	Totale:		0,885	25,0

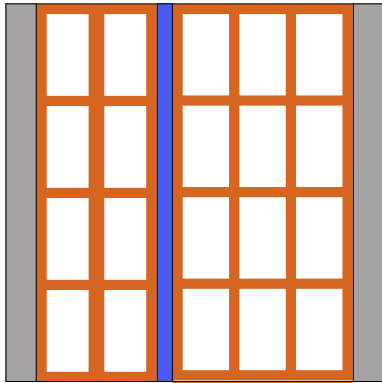
  


Tabella 6.8. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle pareti esterne dell'edificio ED02 (caso 00).

Tipologia Descrizione	Parete esterna muratura esterna ED02 caso 00			
	Trasmittanza totale calcolata	1,681	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza adottata	1,681	W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale	240,00	kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza periodica	0,919	W/m <sup>2</sup> K		
Sfasamento	6,54	h		
Smorzamento	0,547	---		
Capacità termica interna	61,343	kJ/m <sup>2</sup> K		
	Materiale	Cond. [W/m <sup>2</sup> K]	Res. [m <sup>2</sup> K/W]	Spes. [cm]
Strati	Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
	Intonaco di gesso (1300 kg/m <sup>3</sup> )	28,500	0,035	2,0
	Mattoni per pareti esterne (1200 kg/m <sup>3</sup> )	2,700	0,370	20,0
	Cemento e sabbia	50,000	0,020	2,0
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
	Totale:		0,595	24,0



**Tabella 6.9. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle vetrate dell'edificio ED01 (caso 00).**

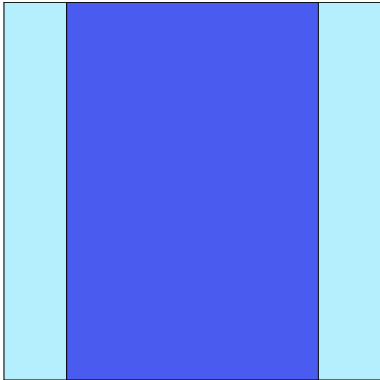
Tipologia Descrizione	Vetrata esterna Vetro doppio normale 4-16-4			
	Trasmittanza totale calcolata	2,732	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza adottata	2,732	W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale	20,02	kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza periodica	2,729	W/m <sup>2</sup> K		
Sfasamento	0,25	h		
Smorzamento	0,999	---		
Capacità termica interna	5,649	kJ/m <sup>2</sup> K		
	Materiale	Cond. [W/m <sup>2</sup> K]	Res. [m <sup>2</sup> K/W]	Spes. [cm]
Strati	Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
	Vetro da finestre	250,000	0,004	0,4
	Aria tra vetrate non trattate (16 mm)	5,313	0,188	1,6
	Vetro da finestre	250,000	0,004	0,4
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
	Totale:		0,366	2,4
				

Tabella 6.10. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle vetrate dell'edificio ED02 (caso 00).

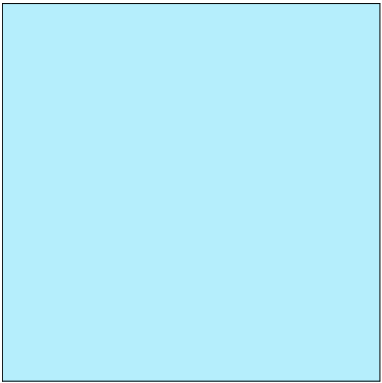
Tipologia Descrizione	Vetrata esterna Vetrata verticale			
	Trasmittanza totale calcolata	5,747	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza adottata	5,747	W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale	10,00	kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza periodica	5,746	W/m <sup>2</sup> K		
Sfasamento	0,07	h		
Smorzamento	1,000	---		
Capacità termica interna	1,810	kJ/m <sup>2</sup> K		
	Materiale	Cond. [W/m <sup>2</sup> K]	Res. [m <sup>2</sup> K/W]	Spes. [cm]
Strati	Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
	Vetro da finestre	250,000	0,004	0,4
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
	Totale:		0,174	0,4
				

Tabella 6.11. Caratteristiche strutturali e termofisiche dei solai interpiano dell'edificio considerato, sia ED01 che ED02 (caso 00).

Tipologia	Solaio interno			
Descrizione	solaio interpiano			
<b>Trasmittanza totale calcolata</b>	<b>1,560</b>			<b>W/m<sup>2</sup>K</b>
Trasmittanza adottata	1,560			W/m <sup>2</sup> K
Massa superficiale	241,92			kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	0,662			W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	7,94			h
Smorzamento	0,424			---
Capacità termica interna	89,851			kJ/m <sup>2</sup> K
		Cond.	Res.	Spes.
	Materiale	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[cm]
	Resistenza superficiale esterna	10,00	0,100	
	Piastrelle in ceramica	130,000	0,008	1,0
<b>Strati</b>	Malta di cemento	35,000	0,029	4,0
	Blocco da solaio di laterizio (470*240*250) spessore 260 (219 kg/m <sup>2</sup> )	2,564	0,390	26,0
	Intonaco di calce e gesso	70,000	0,014	1,0
	Resistenza superficiale interna	10,00	0,100	
	<b>Totale:</b>		<b>0,641</b>	<b>32,0</b>

Tabella 6.12. Caratteristiche strutturali e termofisiche del pavimento su terreno dell'edificio considerato, sia ED01 che ED02 (caso 00).

Tipologia	Pavimento esterno			
Descrizione	Pavimento piano terreno su vespaio			
	<b>Trasmittanza totale calcolata</b>	<b>0,536</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	
	Trasmittanza adottata	0,536	W/m <sup>2</sup> K	
	Massa superficiale	1809,55	kg/m <sup>2</sup>	
	Trasmittanza periodica	0,001	W/m <sup>2</sup> K	
	Sfasamento	4,85	h	
	Smorzamento	0,002	---	
	Capacità termica interna	62,055	kJ/m <sup>2</sup> K	
	Materiale	Cond. [W/m <sup>2</sup> K]	Res. [m <sup>2</sup> K/W]	Spes. [cm]
	Resistenza superficiale interna	5,88	0,170	
	Piastrelle in ceramica	130,000	0,008	1,0
	Calcestruzzo (1800 kg/m <sup>3</sup> )	7,667	0,130	15,0
<b>Strati</b>	Polistirene espanso estruso, con pelle (35 kg/m <sup>3</sup> )	1,100	0,909	3,0
	Bitume puro	17,000	0,059	1,0
	Calcestruzzo (1800 kg/m <sup>3</sup> )	11,500	0,087	10,0
	Ciottoli e pietre frantumate (umidità 2%)	4,667	0,214	15,0
	Totale:		1,577	45,0

Tabella 6.13. Caratteristiche strutturali e termofisiche del solaio di copertura dell'edificio considerato, sia ED01 che ED02 (caso 00).

Tipologia Descrizione	Pavimento esterno solaio di copertura			
	<b>Trasmittanza totale calcolata</b>	<b>0,965</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	
Trasmittanza adottata	0,965	W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale	302,29	kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza periodica	0,312	W/m <sup>2</sup> K		
Sfasamento	9,57	h		
Smorzamento	0,324	---		
Capacità termica interna	50,343	kJ/m <sup>2</sup> K		
<b>Strati</b>	<b>Materiale</b>	<b>Cond. [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>Res. [m<sup>2</sup>K/W]</b>	<b>Spes. [cm]</b>
	Resistenza superficiale interna	5,88	0,170	
	Piastrelle in ceramica	130,000	0,008	1,0
	Calcestruzzo a struttura chiusa di argille espanse (1200 kg/m <sup>3</sup> )	7,800	0,128	5,0
	Poliuretano espanso in situ	3,500	0,286	1,0
	Blocco da solaio di laterizio (470*240*250) spessore 260 (219 kg/m <sup>2</sup> )	2,564	0,390	26,0
	Intonaco di calce e gesso	70,000	0,014	1,0
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
	<b>Totale:</b>		<b>1,036</b>	<b>34,0</b>

### 6.5.1 Il software utilizzato

Il software utilizzato per la valutazione dei fabbisogni energetici nel caso di regime transitorio è un codice di simulazione, noto in ambito scientifico, e denominato Energy Plus®.

EnergyPlus è un simulatore nato come evoluzione dei due programmi statunitensi DOE-2 e BLAST, prodotti rispettivamente dal Ministero dell'Energia (Department of Energy, DOE) e dal Ministero della Difesa (Department of Defence, DOD). Oltre vent'anni di aggiornamenti di questi due programmi avevano portato infatti a centinaia di subroutines difficili da gestire nelle implementazioni di nuovi algoritmi. Si è pertanto deciso, nel 1996, di costruire ex novo un programma di simulazione, dall'organizzazione modulare, riscrivendo interamente il codice nel linguaggio Fortran 90, ma attingendo alle routine di DOE-2 e BLAST.

Il team che ha realizzato il programma è composto, oltre che dal DOE, dal CERL (US Army Construction Engineering Research Laboratories), dall'Università dell'Illinois, dal Lawrence Berkeley National Laboratory, dall'Università statale dell'Oklahoma e dalla GARD Analytics. Ne è nato un programma che combina gli algoritmi più dettagliati di DOE-2 e BLAST, ma che si configura come un nuovo software (Crawley, 2001), essendo basato sulla simulazione integrata dell'ambiente e dell'impianto di climatizzazione, a differenza dei programmi precedenti in cui l'informazione sui carichi termici determinati in ambiente veniva in cascata inviata ai componenti impiantistici (building load → distribution system → plant).

In un simulatore che integra la simulazione dell'ambiente con quella dell'impianto invece, l'informazione relativa al carico che l'impianto è effettivamente in grado di bilanciare viene utilizzata per determinare le condizioni di temperatura dell'aria in ambiente, seguendo con ciò un processo iterativo (Figura 6.10).

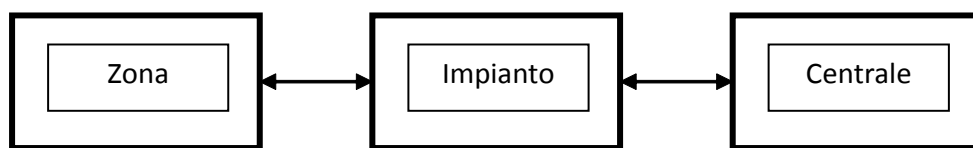


Figura 6.10. Schema di simulazione integrata.

Inoltre in EnergyPlus è possibile definire il timestep per l'analisi dell'interazione tra le zone termiche e l'ambiente esterno così come quello per l'analisi dell'interazione tra l'aria ambiente e l'impianto di climatizzazione. I due timestep possono essere differenti, rispondendo perciò alle esigenze di una modellazione maggiormente realistica dei sistemi di gestione e controllo dell'impianto.

Il simulatore principale del programma è composto da due moduli fondamentali, l'*heat and mass balance simulation engine* che risolve il bilancio dell'ambiente attraverso la simulazione simultanea degli scambi termici radianti e convettivi, e il *building system simulation engine* per la simulazione dei componenti impiantistici. Questi due moduli principali interagiscono poi con tutti i secondari (ad esempio, per quanto riguarda l'*heat*

and mass balance, quelli che determinano la posizione del sole, i coefficienti di schermatura, le proprietà dei componenti trasparenti, il flusso trasmesso per conduzione attraverso le pareti, il bilancio termico sulla superficie della parete, ecc.).

Strutturalmente il codice di calcolo può essere rappresentato dallo schema a blocchi riportato in Figura 6.10 nel quale i dati descrittivi della struttura dell'edificio confluiscono nella parte centrale del software rappresentata dai due moduli fondamentali (heat and mass balance simulation engine e building system simulation engine) che interagiscono a loro volta con codici di calcolo esterni (Window 5, COMIS, Spark, ecc.) in grado di valutare singolarmente i singoli parametri energetici.

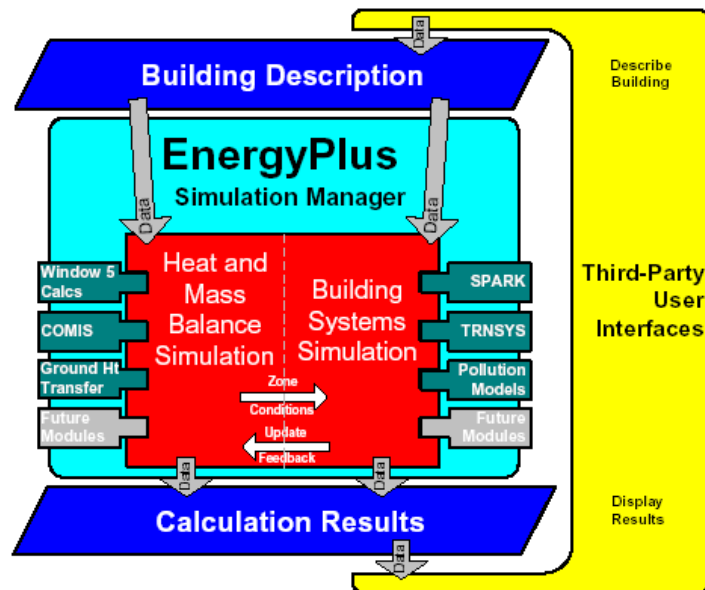


Figura 6.11. Schema della struttura di Energy Plus

I due moduli principali, infine, sono gestiti dall'elemento fondamentale di Energy Plus (*Simulation Manager*), il quale controlla l'intero processo di simulazione mettendo in interrelazione i vari moduli e gestendo le azioni dei singoli parametri in modo da istruire una corretta interazione tra gli input e gli output del processo di simulazione.

L'*heat balance engine* deriva da IBLAST (versione di ricerca del BLAST) e differisce dal metodo dei *room weighting factors* del DOE-2 perché considera il bilancio termico sull'aria ambiente (e perciò viene definito anche metodo esatto).

Le principali assunzioni su cui si basa il metodo sono:

- temperatura dell'aria ambiente uniforme (perfetta miscelazione);
- temperatura uniforme di ciascuna superficie;
- irraggiamento uniforme ad alta e a bassa lunghezza d'onda;
- superfici uniformemente diffondenti;
- trasmissione del calore per conduzione monodimensionale.

L'*air heat balance* può essere sintetizzato, trascurando il flusso termico disperso per infiltrazione e per ventilazione tra zone adiacenti, nell'equazione:

$$C_z \frac{dt_z}{d\tau} = \sum_{i=1}^N \dot{Q}_{i,c} + \sum_{i=1}^{N_{sup}} h_i \cdot A_i \cdot (t_{s,i} - t_z) + \dot{m}_v \cdot c_p \cdot (t_\infty - t_z) + \dot{Q}_N$$

dove  $n$  è il numero delle sorgenti interne convettive  $\dot{Q}_{i,c}$ ,  $h_i \cdot A_i \cdot (t_{s,i} - t_z)$  è il flusso termico disperso dalle superfici della zona termica a temperatura  $t_s$ ,  $\dot{m}_v \cdot c_p \cdot (t_\infty - t_z)$  è il flusso termico per ventilazione e  $\dot{Q}_N$  il carico dell'impianto. La capacità termica  $C_z$  prende in considerazione la capacità termica dell'aria della zona e delle masse termiche in equilibrio con l'aria ambiente.

I flussi termici scambiati attraverso i componenti di involucro sono determinati utilizzando la tecnica dei fattori di risposta, basata sul concetto di *funzione di trasferimento*, algoritmo in grado di legare la sollecitazione indotta su un determinato sistema fisico (nel caso specifico la parete) con la risposta del sistema. I coefficienti numerici della funzione di trasferimento, di tipo lineare, sono detti appunto fattori di risposta e vengono calcolati mediante l'impiego della trasformata di Laplace in campo immaginario (Z-transfer).

Il valore istantaneo del flusso termico scambiato per conduzione su ciascuna delle superfici interna ed esterna di una parete è linearmente correlato ai valori di temperatura sulle due facce all'istante considerato e agli istanti precedenti ed ai valori del flusso termico sulla superficie esterna agli istanti precedenti.

I coefficienti dell'equazione sono costanti e perciò devono essere calcolati un'unica volta; il loro numero cresce al crescere dello spessore e della massa del componente e varia a seconda del timestep considerato.

Utilizzando la tecnica descritta viene tuttavia persa qualsiasi informazione relativa alle temperature all'interno del componente edilizio.

Rispetto all'*air heat balance* implementato in BLAST, EnergyPlus può simulare anche il trasporto di massa e sistemi di riscaldamento e raffreddamento radianti. Da DOE-2 è stato ereditato invece il modulo relativo alla determinazione delle condizioni di illuminazione naturale all'interno dell'ambiente e al controllo dell'illuminazione artificiale basato su valori di illuminamento.

Il *building system simulation engine* può simulare i più diffusi componenti impiantistici.

La prima versione del software è stata pubblicata nel 2001. I file di input ed output sono file di testo ASCII; per la creazione del file di input è disponibile un'interfaccia grafica; i file di output vengono convertiti dal software stesso in file *comma separated value* leggibili in un comune foglio di calcolo.

### 6.5.2 La ricostruzione dell'anno tipo per il Comune di Reggio Calabria

Nell'attività di progettazione, come anche di simulazione energetica degli edifici, si rende indispensabile conoscere esattamente le condizioni climatiche nelle quali l'opera si contestualizza.



A tal riguardo, grazie alle risorse di calcolo messe a disposizione dagli elaboratori, è possibile oggi effettuare simulazioni dei progetti in questione prima della loro realizzazione. Ma per far ciò è indispensabile disporre di un esteso ed affidabile database di dati climatologici, da utilizzare come input dei modelli di calcolo, in modo da ottenere in output il comportamento del sistema sotto tali condizioni esterne.

Si capisce quindi come diventi importante per un progettista avere a disposizione dei set di dati microclimatici completi, che ricoprono un arco di tempo quanto più lungo possibile, al fine di ricostruire il cosiddetto **anno tipo**.

I dati devono riferirsi, possibilmente, alla medesima località in cui avverrà la realizzazione del progetto, in quanto spesso le condizioni microclimatiche, anche in aree molto vicine, possono essere alquanto differenti, soprattutto quando ci si riferisce a zone con orografia non uniforme.

I dati devono inoltre ricoprire un arco di tempo abbastanza lungo poiché il clima presenta spesso delle fluttuazioni rilevanti, di anno in anno, mentre ciò che interessa maggiormente al progettista sono invece le condizioni climatiche di lungo periodo.

Infine i dati devono anche essere sufficientemente sintetici, in quanto l'elaborazione elettronica di una massa di dati troppo rilevante richiederebbe dei tempi e quindi dei costi progettuali molto elevati.

I parametri climatologici di maggior interesse per un progettista di edifici sono la temperatura, la radiazione solare, l'umidità e la direzione e velocità del vento. Sfortunatamente, solo in tempi recenti si è compresa l'importanza della radiazione solare a tale scopo. Le principali stazioni meteorologiche generalmente sono in possesso di grandi archivi di dati storici per quanto riguarda la temperatura, mentre in genere sono abbastanza carenti per ciò che attiene alla radiazione solare.

Di recente si è corso ai ripari, dotando le stazioni dei sensori per la misura della radiazione solare: pur tuttavia non sono disponibili, come sarebbe necessario, misure di tale parametro su un arco di tempo adeguatamente esteso. I pochi dati sulla radiazione di cui si dispone riguardano, nella maggioranza dei casi, la radiazione solare globale, mentre sarebbe molto più utile misurare separatamente le componenti diretta e diffusa della radiazione solare (Sorrentino, 2004).

La denominazione TRY (Test Reference Year) è comunemente usata per definire le sequenze di dati meteorologici da usare come input nelle simulazioni delle prestazioni di sistemi ad energia solare, per il calcolo dei consumi energetici negli uffici e per il condizionamento dell'aria all'interno degli ambienti.

Un TRY è costituito da valori orari, per un periodo di un anno, di un numero di parametri climatici che risultano essere importanti a seconda delle finalità proposte. A causa della vasta quantità di dati, 8760 dati orari di determinati parametri meteorologici, i TRY sono esclusivamente impiegati in connessione con metodi di calcolo computerizzati.

Le metodologie utilizzate per la definizione degli anni tipici sono differenti.

Tra tutti i vari metodi proposti in letteratura (Mandurino, 2009) è stato scelto il metodo TMY (Typical Meteorological Year) sviluppato dal Sandia National Laboratories (Hall et al., 1978) che è, attualmente, il metodo di gran lunga più applicato. L'algoritmo per la parte relativa alla selezione mediante la statistica di Filkestein-Schafer è quello sviluppato dal Prof. Petrakis nell'ambito del progetto PASCOOL (Petrakis et al., 1996).

Per questo lavoro di Tesi è stato ricostruito l'anno tipo del Comune di Reggio Calabria, in quanto il software EnergyPlus non lo conteneva: i dati sono stati forniti, per il periodo 2002-2011, dal Centro Funzionale Multirischi della Calabria, organo dell'ArpaCal (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria).

### *6.5.3 Gli interventi di riqualificazione proposti*

Di seguito vengono riportati gli interventi che sono stati considerati per la simulazione energetica dell'edificio in esame. In questa fase di studio, e per gli obiettivi che si vogliono perseguire in questo lavoro di Tesi, gli interventi proposti hanno riguardato principalmente l'involucro edilizio, la cui risposta alle sollecitazioni climatiche esterne ha, infatti, una notevole influenza sulla minimizzazione dei fabbisogni energetici e sulle prestazioni di comfort degli ambienti interni, lasciando da parte l'analisi sull'impianto termico.

Del resto, in una realtà quale quella di Reggio Calabria, i consumi maggiori (ben oltre il 50%) sono legati al raffrescamento per i quali sono sicuramente molto incisivi interventi mirati a ridurre gli apporti gratuiti, con la scelta, ad esempio, di superfici vetrate che garantiscano migliori prestazioni ottiche ed energetiche attraverso un utilizzo ottimale della radiazione solare (es: vetri elettrocromici).

L'adeguato coordinamento tra differenti sistemi di regolazione e controllo solare, infatti, rappresenta, soprattutto per le situazioni climatiche mediterranee tipiche delle fasce costiere del meridione Italiano, caratterizzate da elevati livelli di irraggiamento, un valido strumento al fine di garantire negli ambienti confinati opportune condizioni di comfort e soddisfare, al contempo, requisiti di risparmio energetico.

Le combinazioni di interventi possono essere così riassunte, mentre a seguire verranno presentate e descritte più nello specifico le caratteristiche di ognuno di esse.

- **CASO 00:** edificio base, ovvero configurazione di partenza, per le tipologie di edificio ED01 ed ED02, indicative delle classi più rappresentative del parco edilizio comunale;
- **CASO 01:** rappresenta il caso 00 con il raddoppio della ventilazione estiva;
- **CASO 02:** sostituzione degli infissi, con sistemi vetrate a basso consumo energetico;
- **CASO 03:** rappresenta il caso 02 con il raddoppio della ventilazione estiva;
- **CASO 04:** isolamento della facciata, con inserimento di cappotto termico;
- **CASO 05:** isolamento della copertura con demolizione fino alla soletta ed inserimento di uno strato di isolante di spessore pari a 10 cm;
- **CASO 06:** sostituzione degli infissi più inserimento di vetri elettrocromici solo a

Sud, ad Est ed a Ovest ed attivi dal 16 Maggio al 15 Ottobre ed, infine, sostituzione delle lampadine con lampade a basso consumo energetico (l'introduzione di vetri elettrocromici, infatti, richiede un aumento della richiesta di illuminazione degli ambienti interni, per via dell'effetto di oscuramento da loro creato);

- **CASO 07:** rappresenta la combinazione degli interventi dei casi 04, 05 e 06;
- **CASO 08:** consiste nell'applicazione dell'intervento di cui al caso 07 più il raddoppio della ventilazione estiva.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche termofisiche e strutturali, o semplicemente quelle descrittive, degli interventi proposti nei vari casi su elencati.

### **CASO 01: RADDOPPIO DELLA VENTILAZIONE ESTIVA**

L'aumento della ventilazione naturale nei mesi più caldi è notoriamente uno degli accorgimenti fra i più efficaci per ridurre i consumi energetici legati al raffrescamento degli ambienti interni in aree climatiche dove questi ultimi assorbono una considerevole percentuale della domanda complessiva di energia.

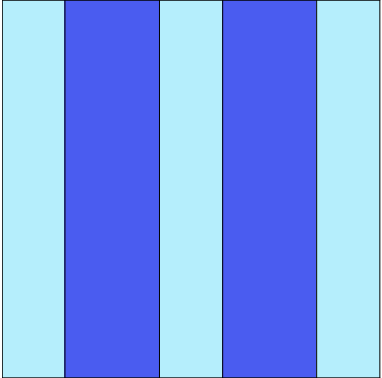
I sistemi di ventilazione naturale possono essere di diversa natura ed ovviamente prevedono, fra le altre cose, la realizzazione di aperture opportunamente dimensionate per consentire la corretta circolazione dell'aria (es. sbocchi d'aria in alto ed ingressi d'aria in basso). Anche le superfici vetrate potrebbero essere dotate di opportuni dispositivi per consentire l'apertura di tutte o porzioni di aree in periodi di tempo fissati per il raggiungimento degli obiettivi desiderati

Nel caso specifico analizzato si è ipotizzato di realizzare un raddoppio della ventilazione naturale limitatamente al periodo di tempo compreso fra il 16 Maggio ed il 15 Ottobre, quando i carichi dovuti alla climatizzazione estiva divengono più rilevanti, immaginando di inattivare il sistema previsto allo scopo nei periodi invernali (per es. tramite chiusura degli ingressi e sbocchi dell'aria).

**CASO 02: SOSTITUZIONE INFISSI (sia per ED01 che per ED02)**

Tabella 6.14. Intervento di sostituzione infissi.

Tipologia Descrizione	Vetrata esterna			
	Vetro triplo normale (emis 0,2 - xeno 90%) 4-6-4-6-4			
	Trasmittanza totale calcolata	0,949	W/m <sup>2</sup> K	
	Trasmittanza adottata	0,949	W/m <sup>2</sup> K	
	Massa superficiale	30,07	kg/m <sup>2</sup>	
	Trasmittanza periodica	0,936	W/m <sup>2</sup> K	
	Sfasamento	0,86	h	
	Smorzamento	0,986	---	
	Capacità termica interna	10,186	kJ/m <sup>2</sup> K	
Strati	Materiale	Cond.	Res.	Spes.
		[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[cm]
	Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
	Vetro da finestre	250,000	0,004	0,4
	Xeno tra vetrate triple con emis. 0,2 (6 mm)	2,294	0,436	0,6
	Vetro da finestre	250,000	0,004	0,4
	Xeno tra vetrate triple con emis. 0,2 (6 mm)	2,294	0,436	0,6
	Vetro da finestre	250,000	0,004	0,4
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:			1,054	2,4


**CASO 03: CASO 01+ CASO 02**

Questa tipologia di intervento ha lo scopo di bilanciare l'eventuale aumento dei carichi estivi dovuta soprattutto ad una riduzione delle infiltrazioni d'aria determinata dalla presenza di infissi di migliore qualità (CASO 02) con gli effetti positivi determinati da una più efficace ventilazione naturale (CASO 01).

**CASO 04: ISOLAMENTO FACCIATA**

Tabella 6.15. Intervento di isolamento della facciata (ED01).

Tipologia	Parete esterna			
Descrizione	muro perimetrale esterno con cappotto			
Trasmittanza totale calcolata	0,461		W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza adottata	0,461		W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale	149,57		kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza periodica	0,113		W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	8,80		h	
Smorzamento	0,244		---	
Capacità termica interna	46,843		kJ/m <sup>2</sup> K	
	Cond.	Res.	Spes.	
	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[cm]	
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130		
Intonaco di calce e gesso	70,000	0,014	1,0	
Mattone forato di laterizio (250*80*250) spessore 80	5,000	0,200	8,0	
Aria intercapedine flusso orizzontale 20 mm	5,456	0,183	2,0	
Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	3,220	0,311	12,0	
Polistirene espanso, in lastre stampate per termocompressione (30 kg/m <sup>3</sup> )	0,780	1,282	5,0	
Cemento e sabbia	100,000	0,010	1,0	
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040		
Totale:		2,170	29,0	

Tabella 6.16. Intervento di isolamento della facciata (ED02).

Tipologia	Parete esterna			
Descrizione	Muro perimetrale esterno con cappotto			
Trasmittanza totale calcolata	0,533		W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza adottata	0,533		W/m <sup>2</sup> K	
Massa superficiale	241,50		kg/m <sup>2</sup>	
Trasmittanza periodica	0,102		W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	9,17		h	
Smorzamento	0,192		---	
Capacità termica interna	54,949		kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Strati</b>	<b>Materiale</b>	<b>Cond. [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>Res. [m<sup>2</sup>K/W]</b>	<b>Spes. [cm]</b>
	Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
	Intonaco di gesso (1300 kg/m <sup>3</sup> )	28,500	0,035	2,0
	Mattoni per pareti esterne (1200 kg/m <sup>3</sup> )	2,700	0,370	20,0
	Cemento e sabbia	50,000	0,020	2,0
	Polistirene espanso, in lastre stampate per termocompressione (30 kg/m <sup>3</sup> )	0,780	1,282	5,0
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:			1,877	29,0

### **CASO 05: ISOLAMENTO DELLA COPERTURA**

Tabella 6.17. Intervento di isolamento della copertura.

Tipologia Descrizione	Pavimento esterno solaio di copertura			
	Trasmittanza totale calcolata	<b>0,333</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	
Trasmittanza adottata	0,333	W/m <sup>2</sup> K		
Massa superficiale	327,79	kg/m <sup>2</sup>		
Trasmittanza periodica	0,056	W/m <sup>2</sup> K		
Sfasamento	13,08	h		
Smorzamento	0,170	---		
Capacità termica interna	50,143	kJ/m <sup>2</sup> K		
	Materiale	Cond. [W/m <sup>2</sup> K]	Res. [m <sup>2</sup> K/W]	Spes. [cm]
Strati	Resistenza superficiale interna	5,88	0,170	
	Piastrelle in ceramica	130,000	0,008	1,0
	Calcestruzzo a struttura chiusa di argille espanse (1200 kg/m <sup>3</sup> )	7,800	0,128	5,0
	Polistirolo espanso in granuli	0,540	1,852	10,0
	Bitume	8,500	0,118	2,0
	Poliuretano espanso in situ	3,500	0,286	1,0
	Blocco da solaio di laterizio (470*240*250) spessore 260 (219 kg/m <sup>2</sup> )	2,564	0,390	26,0
	Intonaco di calce e gesso	70,000	0,014	1,0
	Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
		Totale:		3,006

### **CASO 06: SOSTITUZIONE INFISSI + VETRI ELETTROCROMICI SOLO A SUD, EST ED OVEST ED ATTIVI DAL 16/5 AL 15/10 + SOSTITUZIONE DELLE LAMPADE CON APPARECCHI AVENTI UN'EFFICIENZA AUMENTATA DEL +50%**

Tale tipologia di intervento prevede che, rispetto al caso 02, sul vetro esterno del sistema a tre strati, sia aggiunto uno strato elettrocromico (finestre EC) le cui proprietà ottiche possono essere modulate con continuità, per effetto dell'applicazione di un potenziale elettrico, fra uno stato corrispondente ad una situazione di pressoché totale trasparenza ad uno stato corrispondente ad una situazione di parziale o totale opacità.

Ciò consente un efficace controllo della radiazione solare entrante all'interno degli ambienti e di conseguenza agisce riducendo la domanda di energia legata alla climatizzazione estiva ed ottimizzando l'illuminazione naturale dei locali interessati (Lampert, 1998).

Le conseguenze positive che entrambi questi fenomeni hanno sulle condizioni di comfort degli ambienti interni e soprattutto sui risparmi energetici complessivi degli edifici dipendono dalle condizioni climatiche esterne del sito di ubicazione, dalle dimensioni delle superfici vetrate (Marino et al., 2008) e dall'esposizione delle stesse (Marino et al., 2009).

I vetri elettrocromici vengono ottenuti deponendo su un substrato di materiale conduttore trasparente un sottile film di un composto elettrocromico, così definito perché capace di manifestare un cambiamento persistente e reversibile delle proprie caratteristiche di trasparenza per effetto dell'applicazione di una differenza di potenziale elettrico o di un impulso equivalente.

I materiali elettrocromici generalmente utilizzati sono ossidi di metalli inorganici di transizione come il triossido di tungsteno,  $WO_3$ , che manifestano un comportamento uniforme e stabile su migliaia di cicli di utilizzo (Guglielmetti, Bisegna, 2008).

Da un punto di vista tecnologico, i dispositivi elettrocromici oggi più diffusi sono costituiti da una struttura multistrato depositata su un supporto di vetro o di plastica, progettata e realizzata in modo da immagazzinare ioni e farli muovere in direzioni opposte, inserendoli o estraendoli dallo strato di materiale attivo elettrocromico, per mezzo dell'applicazione di una tensione elettrica.

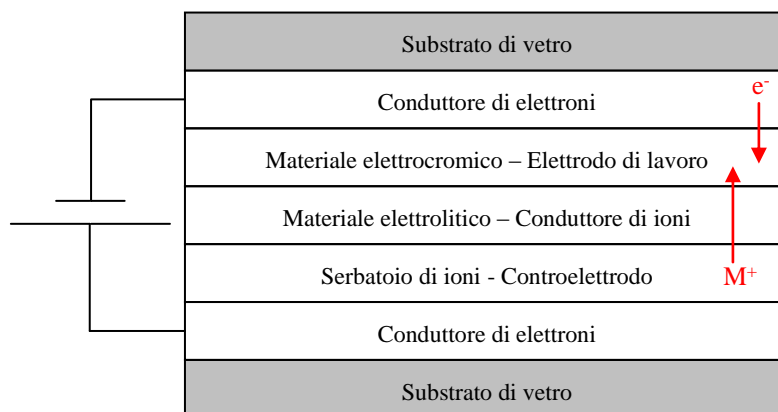


Figura 6.12. Struttura di un dispositivo elettrocromico.

Lo schema più diffuso prevede una struttura a 5 strati ed è rappresentata schematicamente in Figura 6.12. In particolare:

- il primo strato è un *conduttore di elettroni* trasparente, depositato su un supporto di vetro o di plastica, la cui principale funzione è quella di assicurare un campo elettrico uniformemente distribuito su tutta la superficie del dispositivo;
- il secondo strato, generalmente indicato come *elettrodo di lavoro*, è costituito



dal materiale elettrocromico (generalmente  $WO_3$ , ma anche  $TiO_2$ ,  $NiO$ ,  $MO_3$ ,  $V_2O_5$ ), in grado di modificare la colorazione in funzione dell'acquisto di ioni o di elettroni;

- il terzo strato è un *conduttore di ioni* o un materiale elettrolitico, la cui funzione consiste nel fornire/ricevere ioni da inserire/estrarre nel materiale elettrocromico; esso è in grado di condurre ioni ma non elettroni;
- il quarto è il materiale di *contro elettrodo*, in grado di condurre elettroni e ioni insieme e con la funzione di cedere od immagazzinare per il conduttore ionico/elettrolita gli ioni necessari al funzionamento del dispositivo; esso può anche essere costituito da un materiale elettrocromico e, in tal caso, deve comportarsi in modo complementare a quello del secondo strato, ossia se la colorazione del materiale elettrocromico principale è ottenuta attraverso una reazione anodica, la colorazione del contro elettrodo deve essere ottenuta attraverso una reazione catodica, e viceversa; con questo meccanismo di funzionamento i due strati si colorano e si scolorano insieme, assicurando una efficacia di modulazione maggiore rispetto al singolo strato elettrocromico;
- il quinto strato è il secondo *conduttore di elettroni*, simile al primo ed ad esso collegato mediante il generatore di tensione.

Il funzionamento del dispositivo descritto è attivato quando una differenza di potenziale è applicata agli elettrodi. In particolare, se il polo negativo è disposto in corrispondenza dell'elettrodo di lavoro (catodo) ed il polo positivo in corrispondenza del contro elettrodo (anodo), i cationi metallici contenuti nello serbatoio (quarto strato) sono spinti, dal campo elettrico applicato, attraverso lo strato di materiale conduttore, per raggiungere lo strato di materiale elettro-cromico dove si combinano con gli elettroni provenienti dal circuito esterno. Il materiale attivo subisce quindi una reazione di riduzione generando l'effetto elettrocromico (colorazione catodica).

Nel caso specifico l'attivazione delle capacità elettrocromiche del vetro è stata limitata al solo periodo in cui è presente la climatizzazione estiva e l'aumento delle proprietà schermanti del vetro è realizzato in modo da garantire sempre un illuminamento da luce naturale minimo pari a 300 lux all'interno degli ambienti.

Tuttavia per bilanciare, comunque, un probabile aumento della domanda di energia dovuta all'illuminazione degli ambienti, dovuto alla presenza di strutture con maggiori capacità schermanti nei riguardi della radiazione solare, l'intervento è stato integrato con l'ipotesi di sostituire tutte le sorgenti di luce artificiale all'interno degli ambienti con tipologie aventi superiore efficienza energetica (circa il 50% in più).

#### **CASO 07: CASO 04 + CASO 05 + CASO 06**

L'intervento analizzato è una combinazione di casi già descritti in precedenza.

#### **CASO 08: CASO 07 + CASO 01**

L'intervento analizzato è una combinazione di casi già descritti in precedenza.

## 6.6 I risultati

I risultati delle simulazioni per le due tipologie edilizie (ED01 e ED02) e per tutte le configurazioni considerate (casi da 00 a 08) sono stati espressi sia in termini di fabbisogni annuali di energia (KWh/(m<sup>2</sup> anno)) per il riscaldamento ( $Q_h$ ), il raffrescamento ( $Q_c$ ) e l'illuminazione artificiale ( $Q_L$ ), sia in termini di emissioni annuali (in tCO<sub>2eq</sub>) per vettore energetico (energia elettrica e gas metano).

Per quanto riguarda il fabbisogno di energia per il riscaldamento,  $Q_h$ , si nota come nella tipologia edilizia ED01, esso sia tale da consentire risultati ottimali attraverso la mera sostituzione degli infissi (caso 02 e 03), senza ricorrere ad interventi più gravosi anche dal punto di vista economico. (Figura 6.13). In ogni caso un buon 30% di riduzione di consumi si avrebbe anche solo con l'intervento del caso 04, ovvero con l'inserimento di un cappotto termico esterno alla facciata.

Per quanto concerne, invece, la tipologia edilizia ED02, secondo la configurazione 00 la classe di consumo energetico di partenza per il riscaldamento è la D (Figura 6.14). Anche in questo caso le ipotesi di intervento 02, 03, 07 e 08 sono tra le più efficienti, anche se questa volta le differenze in termini di riduzioni dei consumi tra gli interventi 02/03 e quelli 07/08 sono maggiori, quindi un investimento in tal senso potrebbe trovare maggiore giustificazione.

In ogni caso, i fabbisogni di energia per il riscaldamento, com'era del resto intuitivo, sono maggiori per la tipologia edilizia ED02, in cui l'involucro esterno e gli infissi hanno i maggiori valori di trasmittanza.

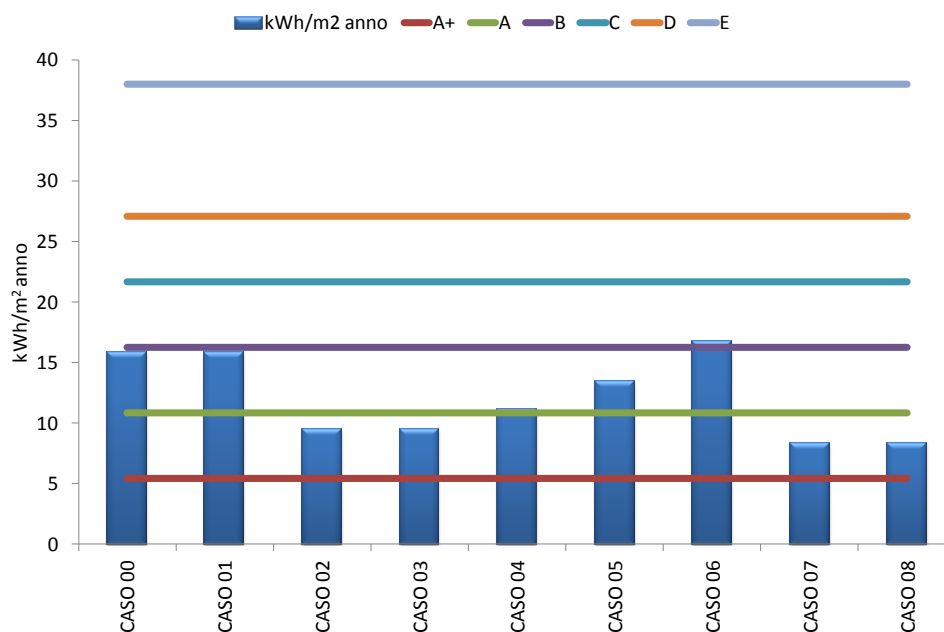


Figura 6.13. Fabbisogno di energia termica,  $Q_h$ , per l'edificio ED01 rispetto ai limiti di classe di consumo energetico previsti dalla normativa vigente, nei vari interventi ipotizzati.



Figura 6.14. Fabbisogno di energia termica,  $Q_h$ , per l'edificio ED02 rispetto ai limiti di classe di consumo energetico previsti dalla normativa vigente, nei vari interventi ipotizzati.

Analizzando, invece, il fabbisogno di energia per il raffrescamento dell'edificio, si nota come l'andamento sia, per le tipologie ED01 ed ED02, quasi simile: la mera sostituzione degli infissi comporta un aumento dell'energia necessaria a raffrescare gli ambienti (caso 02), soprattutto a causa della riduzione delle infiltrazioni d'aria che questo intervento fa registrare. Solo l'aumento della ventilazione naturale (caso 03) riesce a bilanciare questo effetto, riducendo i consumi dovuti alla climatizzazione estiva.

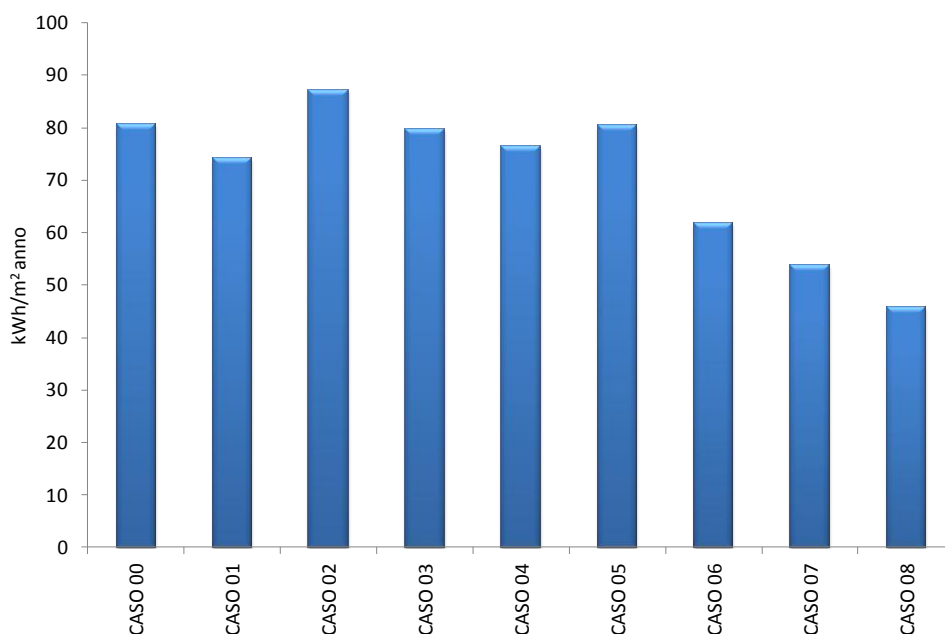


Figura 6.15. Fabbisogno di energia per il raffrescamento,  $Q_c$ , per l'edificio ED01, nei vari interventi ipotizzati.

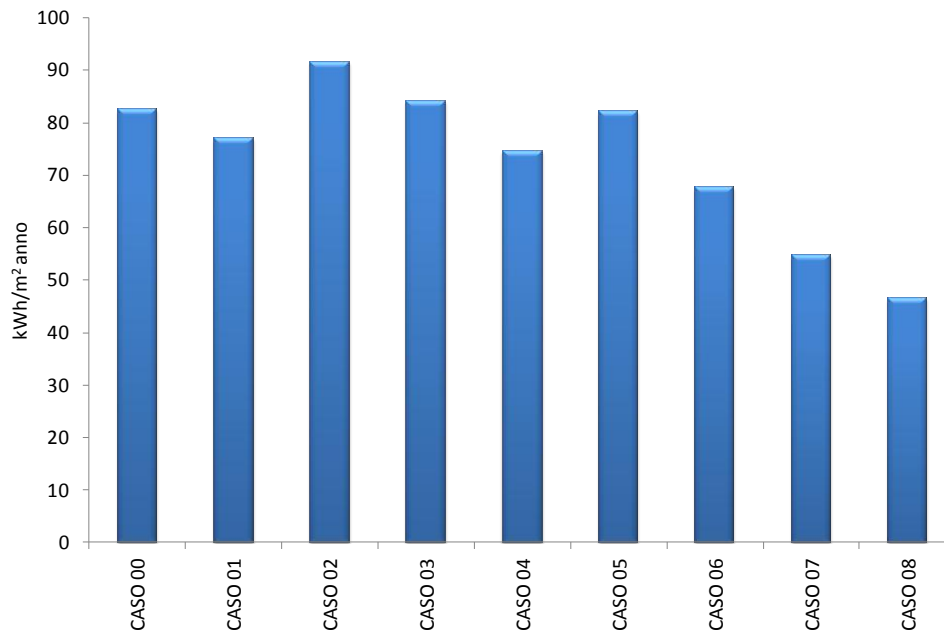


Figura 6.16. Fabbisogno di energia per il raffrescamento,  $Q_c$ , per l'edificio ED02, nei vari interventi ipotizzati.

In ogni caso gli interventi migliori, ai fini del contenimento dei consumi  $Q_c$ , sono quelli contemplati dal caso 06 in avanti, in cui i sistemi vetrati ed illuminanti ad alta efficienza contribuiscono a ridurre gli apporti gratuiti.

Infine sono stati analizzati anche i fabbisogni di energia per l'illuminazione.

Anche in questo caso, per le due tipologie edilizie, gli andamenti sono simili, con un aumento del fabbisogno di energia richiesta per i casi 02 e 03, dovuti alla riduzione delle proprietà di trasparenza delle superfici vetrate. Riguardo il caso 06, la combinazione degli interventi di sostituzione delle lampadine ed impiego di vetri elettrocromici, consente una riduzione dei consumi, rispetto alla configurazione di partenza 00, di almeno il 30%, come si può osservare dalla Figura 6.17 e Figura 6.18.

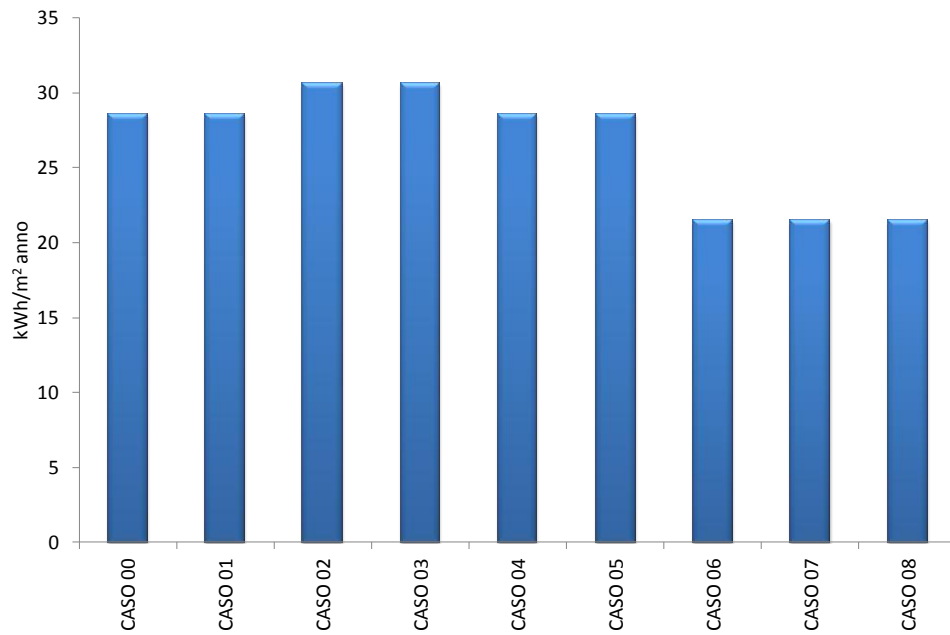


Figura 6.17. Fabbisogno di energia per l'illuminazione,  $Q_L$ , per l'edificio ED01, nei vari interventi ipotizzati.

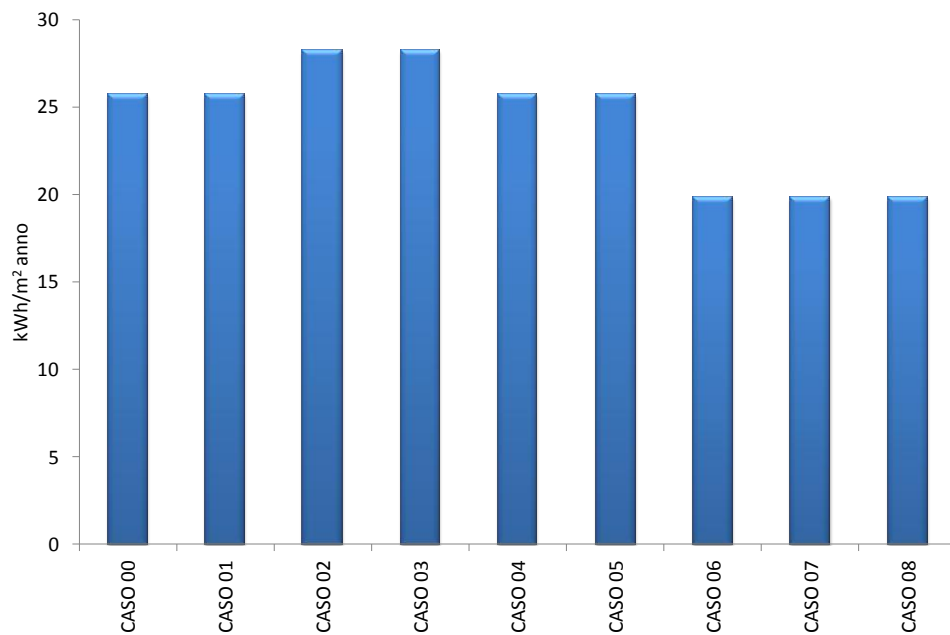


Figura 6.18. Fabbisogno di energia per l'illuminazione,  $Q_L$ , per l'edificio ED02, nei vari interventi ipotizzati.

Di seguito si riporta il report dei fabbisogni totali ( $Q_h + Q_c + Q_L$ ), per tipologia edilizia.

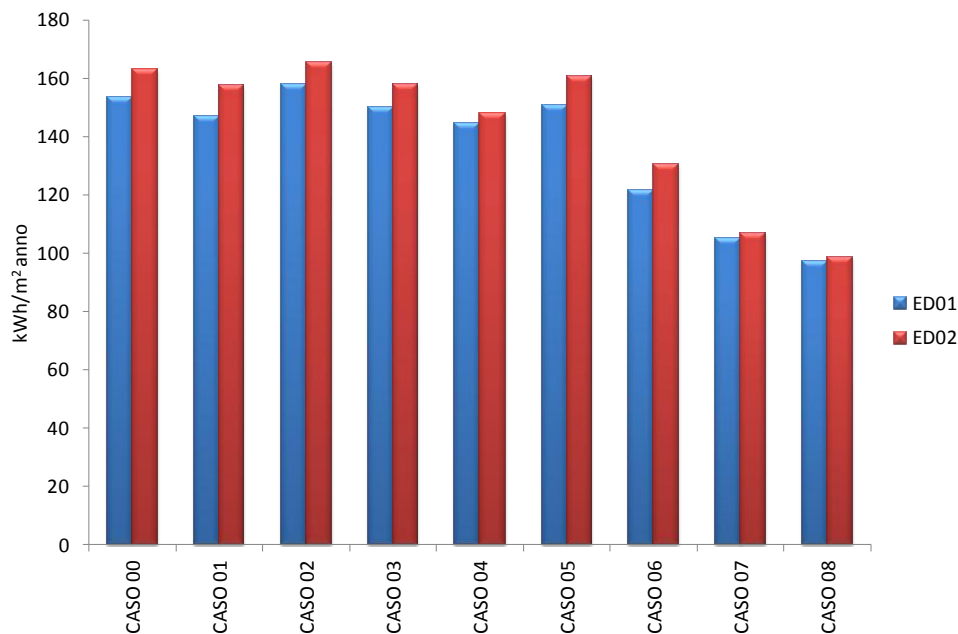


Figura 6.19. Fabbisogno di energia totali ( $Q_h+Q_c+Q_L$ ) per tipologia edilizia.

Riguardo la ripartizione percentuale dei fabbisogni, la Figura 6.20 e la Figura 6.21 mostrano come il fabbisogno di energia per il raffreddamento si conferma essere l'aliquota più importante su cui agire per contenere i consumi, superando, in quasi tutti i casi, il 50% del contributo rispetto al totale.

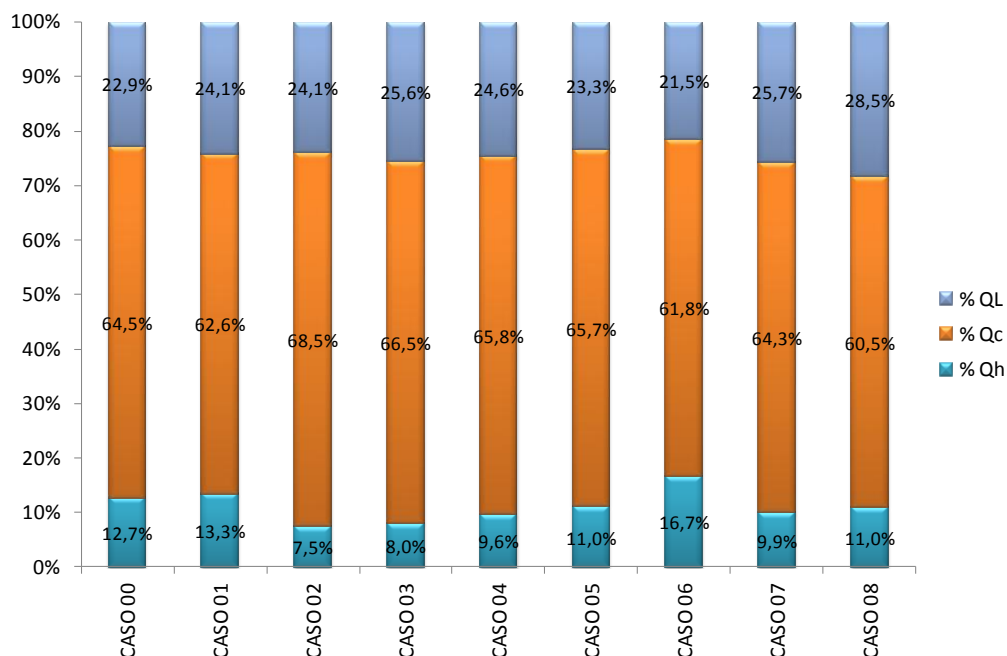


Figura 6.20. Ripartizione percentuale dei fabbisogni di energia per la tipologia edilizia ED01, nei vari casi ipotizzati.

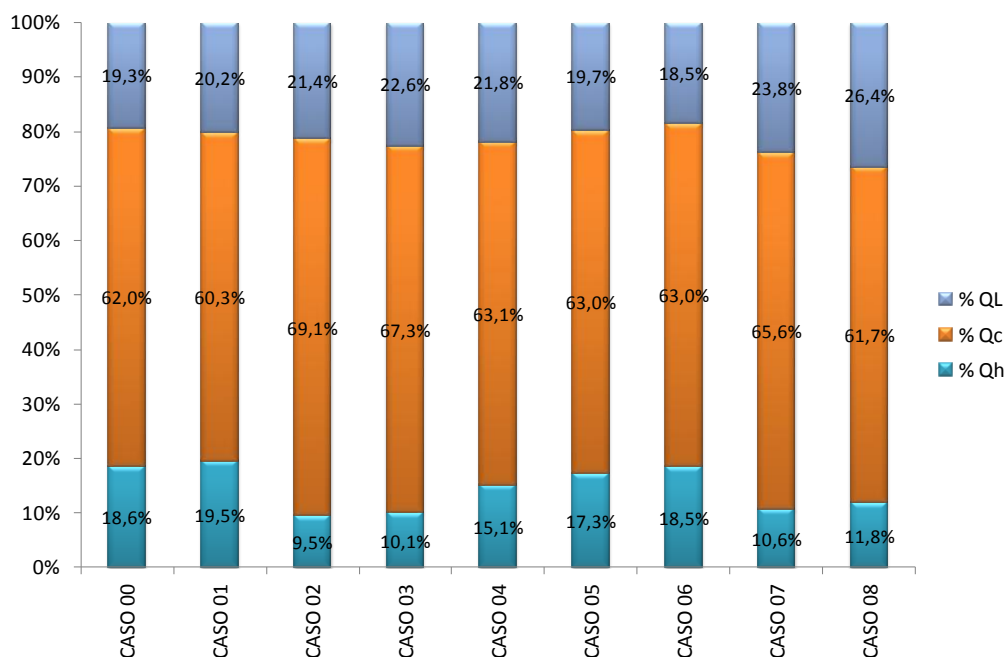


Figura 6.21. Ripartizione percentuale dei fabbisogni di energia per la tipologia edilizia ED02, nei vari casi ipotizzati.

Anche la richiesta di energia per l'illuminazione è significativa, segno che geometrie maggiormente definite, privilegiando apporti di luce gratuiti maggiori, potrebbero arrecare notevoli risparmi in termini di consumi e, quindi, come si vedrà, di emissioni.

Per quanto riguarda, invece, le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente derivanti dal consumo di energia elettrica (per l'illuminazione, l'alimentazione delle pompe, dei fan coils, del sistema di condizionamento) e dal consumo di gas metano (per il riscaldamento), si può osservare l'elevata incidenza della prima aliquota, sia nella tipologia ED01 (Figura 6.22), che in quella ED02 (Figura 6.23).

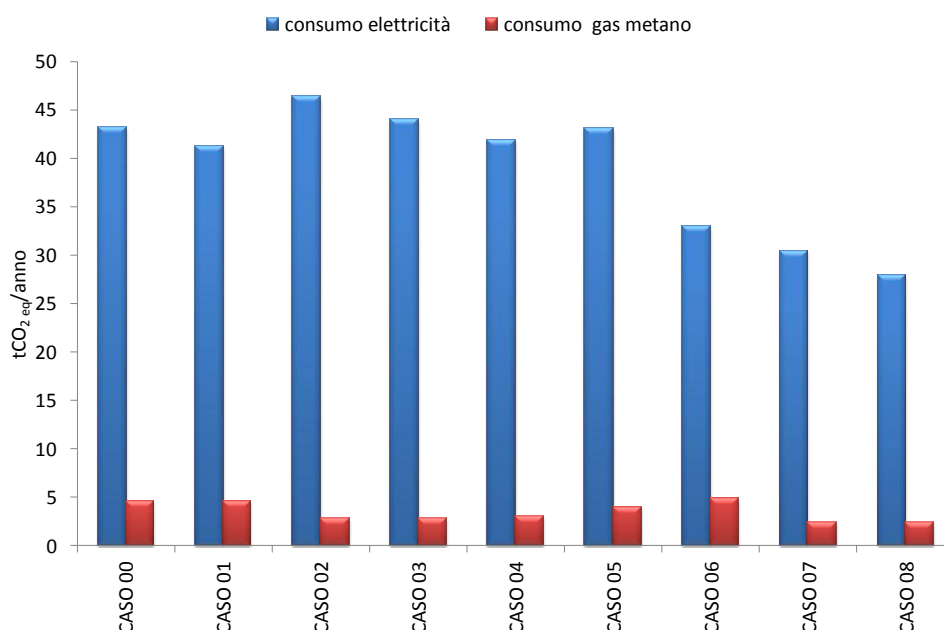


Figura 6.22. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, per la tipologia ED01, nei casi ipotizzati.

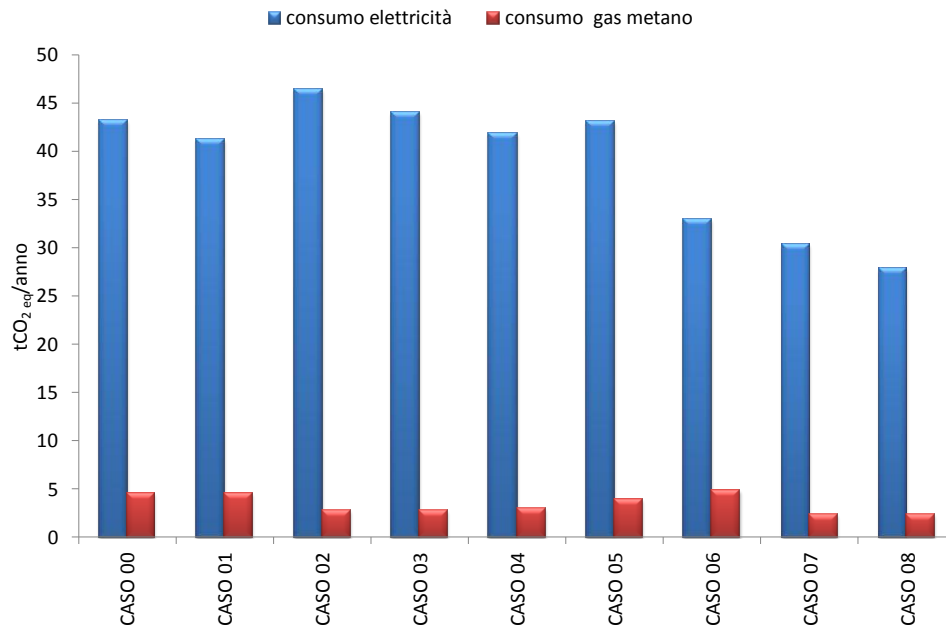


Figura 6.23. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, per la tipologia ED02, nei casi ipotizzati.

Le emissioni di gas serra dovute all'utilizzo del gas metano sono di gran lunga più alte per la tipologia edilizia ED02, come si può evincere dalla Figura 6.24, mentre quelle dovute al consumo di energia elettrica sono solo in alcuni interventi lievemente differenti (Figura 6.25).

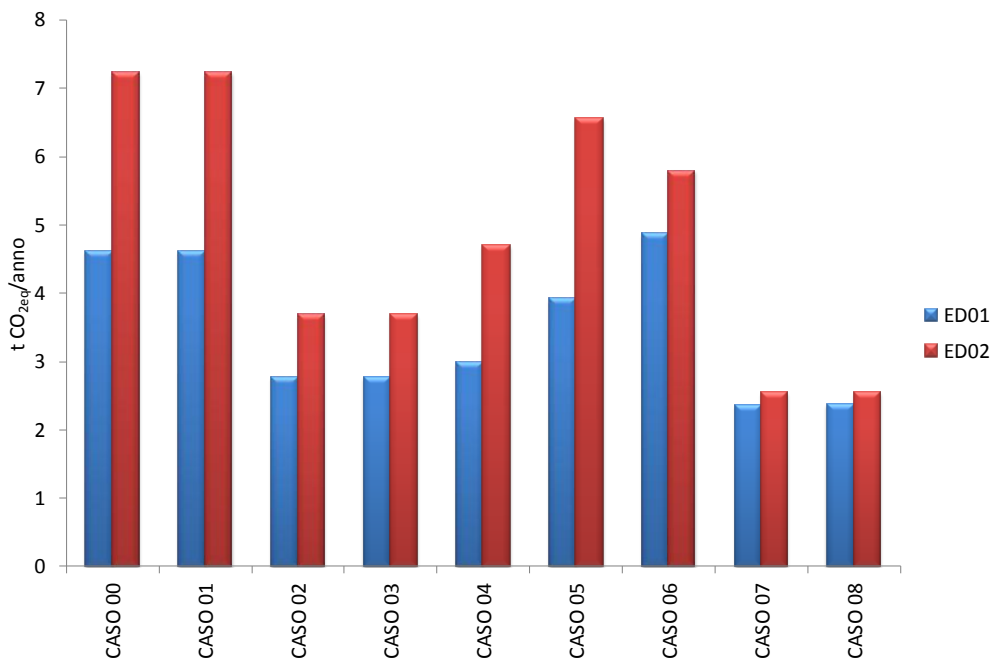


Figura 6.24. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, derivanti dall'uso di gas metano per le tipologie ED01 ed ED02, nei casi ipotizzati.



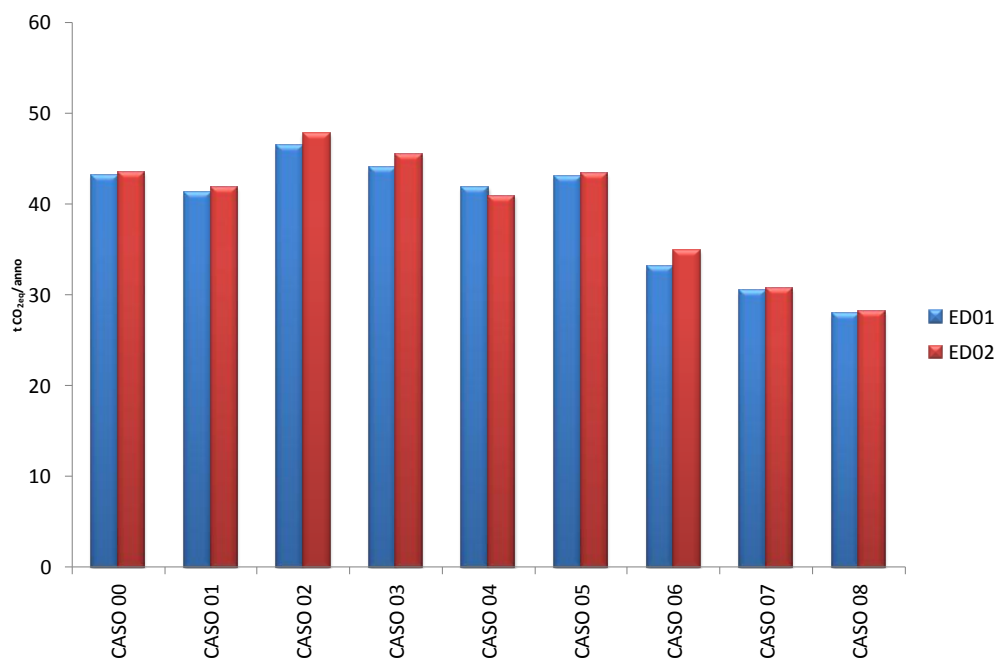


Figura 6.25. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, derivanti dal consumo di energia elettrica per le tipologie ED01 ed ED02, nei casi ipotizzati.

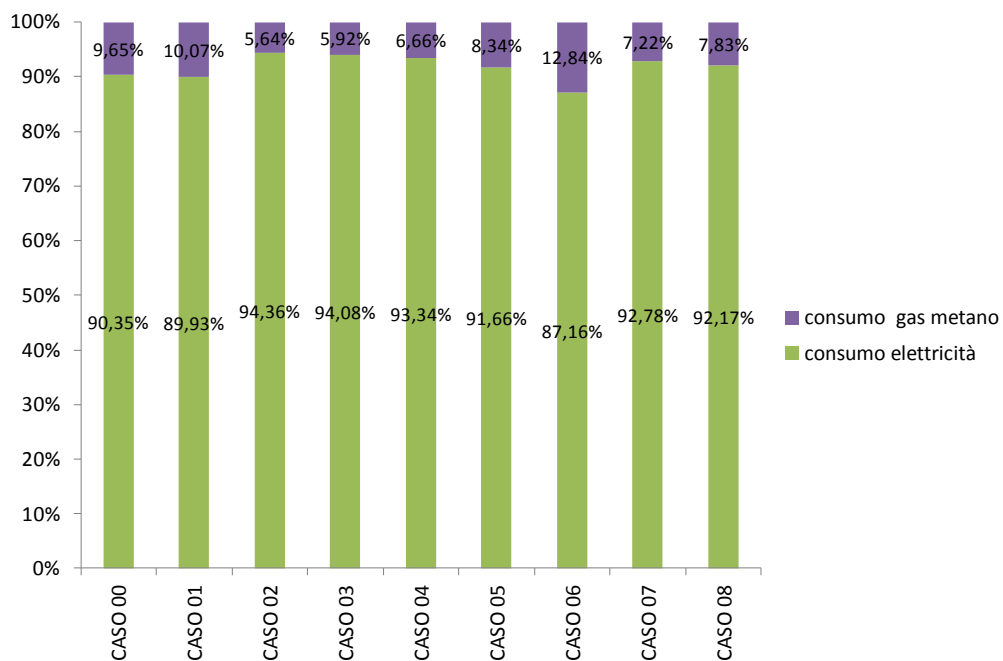
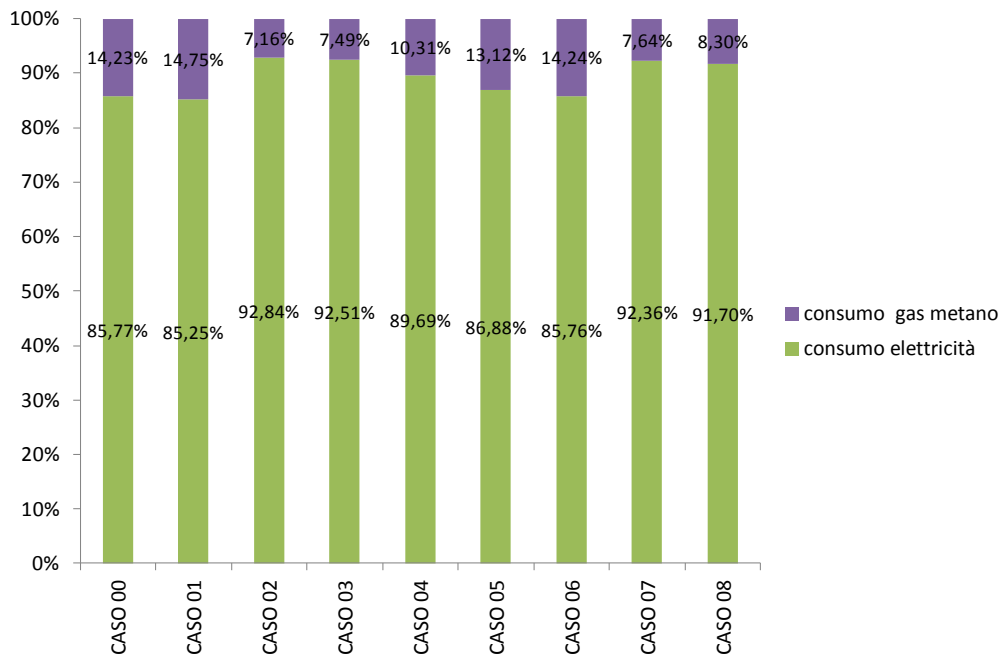


Figura 6.26. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra, per vettore energetico, per la tipologia ED01, nei casi ipotizzati.



**Figura 6.27. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra, per vettore energetico, per la tipologia ED02, nei casi ipotizzati.**

In definitiva il consumo di energia elettrica rappresenta, nelle realtà territoriali mediterranee, una priorità su cui intervenire in materia di risparmio energetico e riduzione delle emissioni di gas serra. In entrambe le tipologie edilizie analizzate, infatti, le emissioni derivanti dall'utilizzo di tale fonte superano l'80% del contributo totale nel settore residenziale.

In Figura 6.26 e Figura 6.27 si possono notare le sottili differenze che intercorrono nella ripartizione percentuale delle emissioni tra le due tipologie edilizie: tuttavia gli effetti derivanti dall'applicazione degli interventi ipotizzati sono molto simili, per cui si può pensare che, una volta individuata la strada da seguire, i risultati, a larga scala, in termini di riduzione delle emissioni, sarebbero più o meno uniformi.

## Bibliografia

- ASHRAE, 1976. National Climatic Center, Asheville, North Carolina. *Test Reference Year (TRY) Tape Reference Manual*, September 1976.
- GUCE, (2003). *Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea del 04/01/2003.
- Guglielmetti, F., Bisegna F., (2008). *Sistemi finestra per il comfort ambientale*. Condizionamento dell'aria, 2008. 8: p. 30-35.
- GURI, (2005). Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 241 del 15/10/2005.
- GURI, (2009). Decreto del Presidente della Repubblica n. 59 del 02/04/2009. *Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 132 del 10/06/2009.
- Hall I.J., Prairie R.R., Anderson H.E., and Boes E.C., (1978) *Generation of a typical meteorological year for 26 SOLMET stations*. Technical Report SAND 78-1601, Sandia Laboratories, Albuquerque, New Mexico, USA, 1978.
- ISTAT, (2006). *14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni*. <http://dawinci.istat.it/MD/>, 2006.
- Lampert, C.M., (1998). *Smart switchable glazing for solar energy and daylight control*. Solar Energy Materials & Solar Cells. 52: p. 207-221.
- Mandurino C., (2009). Tesi di Dottorato di Ricerca Ciclo XXI. *I dati meteorologici per applicazioni energetiche e ambientali*. Alma Mater Studiorum – Università di Bologna. Anno 2009.
- Marino C., Nucara A., Pietrafesa M., Pudano A., Tripodi D., (2006). *Una metodologia di intervento finalizzata al risparmio energetico nei contesti edilizi urbani basata sull'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili*. Atti 61° Congresso Nazionale ATI. Perugia 12-15 Settembre 2006.
- Marino C., Nucara A., Piccolo A., Pietrafesa M., Pudano A., (2008). *Analisi dell'influenza delle superfici vetrate a trasmittanza solare variabile sui consumi energetici e le prestazioni indoor di un edificio residenziale*. Convegno AICARR "Riduzione dei fabbisogni, recupero di efficienza e fonti rinnovabili per il risparmio energetico nel settore residenziale. Padova 5 Giugno 2008, Bari 3 ottobre 2008, Catania 7 Novembre 2008. p. 207-221.
- Marino C., Nucara A., Pietrafesa M., Pudano A., Tripodi M., (2009). *Energetic and economic assessment of technical solutions aimed at improving both energy and comfort performances of buildings in Mediterranean climates*. Healthy Buildings 2009, 13-17 September 2009, Syracuse, Ny, USA.
- Marino C., Nucara A., Pietrafesa M., Pudano A., Tripodi M., Rizzo M., (2011). *Greenhouse gas emission reduction in an Italian medium size town according to the European Directives*. SDEWES 25-29 Settembre 2011 (Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems) Dubrovnik (CROAZIA).
- MATT, (2002). *Serie della vegetazione d'Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare. Roma, 2002.
- Petrakis M., Lykoudis P., and Kassomenos P., (1996). *A software tool for the creation of a Typical Meteorological Year*. Environmental Software, 11:221–227, 1996.
- Sorrentino G., (2004). Tesi di Laurea "L'anno tipo di radiazione solare per la città di Palermo". Università degli studi di palermo. Facoltà di Ingegneria. A.A. 2003/2004.

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

<http://www.cfcalabria.it/>

<http://dati.istat.it/>

## Conclusioni

La Ricerca svolta ha riguardato la redazione di un Bilancio dei gas di serra per il Comune di Reggio Calabria, in un contesto normativo europeo e nazionale che richiama sempre più gli Enti locali alle proprie responsabilità.

La definizione di un ruolo sempre più rilevante degli Enti a partire dai livelli più bassi (quali un Comune) all'interno dello scenario emissivo generale e del contributo che essi possono dare alla riduzione delle emissioni, è sempre più stringente, in quanto i tempi per potere raggiungere gli impegni presi in sedi internazionali, a partire dal Protocollo di Kyoto in poi, sono sempre più incalzanti.

Alla luce di ciò uno strumento come un Bilancio delle emissioni è fondamentale come punto di partenza per lo stato di conoscenza del proprio territorio, per potere individuare i settori prioritari di intervento, e quindi pianificare azioni efficienti ed efficaci.

Questa Tesi si è posta un duplice obiettivo: analizzare lo stato di fatto delle emissioni di gas serra di un Comune, nello specifico quello di Reggio Calabria, e proporre una serie di interventi finalizzati alla riduzione delle stesse.

In particolare, tale lavoro, potrebbe essere utilizzato come metodologia per quelle Pubbliche Amministrazioni che, sovente, vogliono adeguarsi alle attuali prescrizioni a livello comunitario e nazionale, non identificando tuttavia un percorso univocamente definito.

Difatti questa metodologia propone l'utilizzo di procedure ufficialmente riconosciute (Linee Guida IPCC) e strumenti di calcolo commercialmente disponibili (Energy Plus).

In particolare nello studio condotto per questo lavoro di Tesi, tra i gas serra regolamentati dal Protocollo di Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC e SF<sub>6</sub>) sono state analizzate solo le emissioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O) per la mancanza di forti settori industriali nel campo dell'elettronica, principali cause di emissione dei gas fluorurati (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>).

La metodologia seguita è stata quella riportata nelle Linee Guida IPCC "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas inventories" messe a punto in ambito UNFCCC dal Comitato Intergovernativo, che attualmente rappresentano la metodologia più accreditata a livello internazionale per la redazione degli inventari di gas serra fra i Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto.

Il bilancio delle emissioni dei gas serra in questione ha consentito, quindi, di definire un quadro conoscitivo generale dello stato delle emissioni in termini di CO<sub>2eq</sub> del Comune di Reggio Calabria, che tuttavia non è risultato pienamente incoraggiante: meno del 15% delle emissioni lorde, al 2009, riusciva infatti ad essere abbattuto/rimosso dal sistema naturale.

In particolare il settore Energia è risultato quello cui corrispondono i più elevati valori

delle emissioni, con quasi il 90% del contributo; all'interno di esso, particolarmente rilevante è risultata la posizione delle emissioni del settore Trasporti, seguita da quelle da consumo di energia elettrica. Quest'ultima include tutti i consumi di energia elettrica all'interno dei confini comunali, in quanto le linee guida IPCC non prevedono la suddivisione di tali emissioni nei vari settori di provenienza (residenziale, terziario, commerciale, etc...).

In seguito a tale evidenza, il lavoro di ricerca ha portato, in una seconda fase, alla definizione di possibili strategie di abbattimento utili a conseguire, entro il 2020, il raggiungimento parziale degli obiettivi dell'UE. Queste si sono esplicitate nell'adozione di due misure:

1. aumento delle capacità di assorbimento del territorio comunale tramite metodi di compensazione naturale;
2. analisi del settore energivoro per eccellenza, ovvero quello residenziale, i cui dati di emissione provengono, relativamente alle linee guida IPCC, dalla categoria combustione stazionaria e dalla disaggregazione dei consumi di energia elettrica locali, rientranti nel settore Energia.

Riguardo al punto 1) sono state in particolare esaminate le ricadute sul Bilancio conseguenti alla realizzazione, all'interno dei confini comunali ed in aree predefinite, di:

- siepi, filari e fasce tampone;
- aree di rimboschimento e riqualificazione ambientale.

Attraverso la combinazione degli interventi di cui sopra il prospetto del Bilancio dei gas serra per il Comune di Reggio Calabria mostra che, al 2020, si potrebbe avere un abbattimento fino a quasi il 18% delle emissioni antropiche, rispetto a quello del 2009.

Per quanto riguarda l'intervento di cui al punto 2) si è proceduto, sulla base di uno studio precedentemente effettuato, analizzando le varie classi edilizie costituenti il parco residenziale comunale, individuandone la classe più rappresentativa ed effettuando un'analisi energetica sulla stessa, simulando, in regime Energy Plus, vari "pacchetti energetici", al fine di valutarne il contributo in termini di emissioni di gas serra.

In particolare la classe maggiormente rappresentativa è risultata essere quella di edifici in cemento armato con più di tre piani, per i quali si sono considerate due tipologie edilizie: quelle di più recente costruzione (nelle quali il muro perimetrale ha un sistema, se pur minimo, di isolamento e così gli infissi) e quelle più "antiche", prive di qualunque forma di isolamento.

Trascurando, per il momento, il sistema impianto, soprattutto in considerazione del fatto che i consumi maggiori (anche più del 50%), in ambiente mediterraneo, sono quelli da raffrescamento, si sono ottenuti interessanti risultati, per i quali una grossa fetta di emissioni, tra l'80 ed il 90%, è legata al consumo di energia elettrica.

Pertanto è proprio questa la strada da perseguire per ottenere immediati risultati in termini di riduzione delle emissioni: pianificare nel breve termine interventi tesi a ridurre i

consumi di energia elettrica, incentivando l'impiego di fonti energetiche rinnovabili.

È evidente, d'altro canto, che iniziative mirate in questa direzione comportano anche la predisposizione o la modifica di opportuni strumenti di pianificazione urbanistica (vedi regolamento edilizio) che prevedano esplicitamente il ricorso e l'incentivazione di fonti energetiche rinnovabili in misura adeguata alle esigenze del territorio.

In definitiva l'analisi effettuata può benissimo essere estesa, per tutte le classi di edifici, a livello dell'intero Comune, consentendo una migliore e più completa valutazione delle riduzioni degli impatti conseguenti all'adozione diffusa sul territorio degli interventi messi a punto, fermo restando che l'unica strada da perseguire è quella di **interventi integrati di riduzione** che, nell'insieme, possano concorrere al raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto e dell'UE.





## Ringraziamenti

Raggiungere un traguardo, di qualunque tipo esso sia, non è un'impresa che si può compiere da soli... ci sono sempre dei compagni di viaggio, senza i quali alcuni risultati non sarebbero stati raggiunti, o non pienamente.

Dire GRAZIE a queste persone è ben poca cosa rispetto a tutto quanto loro hanno prestato per la realizzazione di un lavoro, ma è sicuramente un atto dovuto e, soprattutto, sentito.

Come prima persona ringrazio con affetto, stima, e senso estremo di riconoscenza, la fautrice del mio percorso di Dottorato, ovvero la cara **Prof.ssa Matilde Pietrafesa**, che non mi ha mai fatto pesare i miei difetti, i miei errori, i miei rallentamenti, anzi mi ha sempre incoraggiata, sorridendomi, e facendomi apparire le cose anche più semplici di quelle che potevano sembrare. In effetti aveva ragione... con costanza, fiducia e fede, tutto si può raggiungere.

A seguire ringrazio contemporaneamente **Antonio Nucara**, **Cetti Marino** ed **Alfredo Pudano**, miei compagni di varie avventure, che con la loro simpatia mi hanno accolta, aiutata e consigliata. Di loro ammiro l'intelligenza che li accomuna, tutti, ed è soprattutto per questa acutezza mentale che possiedono che auguro loro tutto il Bene di questo mondo (ed anche di più!).

Un ringraziamento particolare a **Cetti**, per avermi supportata (o sopportata?), soprattutto nell'ultima fase della stesura della mia Tesi, quando ormai la stanchezza, fisica e mentale, si stavano impadronendo di me.

Grazie poi a **Giancarlo Sorrentino**, per il quale è stato possibile, in delle afose giornate estive, ricostruire l'anno tipo del Comune di Reggio Calabria. Grazie alla sua preparazione ed alla sua solidarietà, davvero rara, spesso, in questi ambienti!

Grazie alla mia famiglia: i miei genitori, mia sorella ed angelo custode **Anna**, e le mie splendide, meravigliose cugine, con coniugi compresi, mia zia Maria ma, soprattutto, grazie a **Michelangelo**, che ho conosciuto all'inizio del mio percorso di Dottorato, e che ha contribuito, con la sua intelligenza, profondità di pensiero, precisione, umiltà, insomma, con tutta la sua persona, a creare in me la consapevolezza di quello che stavo facendo, a destarmi dal torpore, quando vi stavo cadendo, a credere in me, e nelle potenzialità che, a volte, dimentico di avere.

Grazie anche a **Vincenzo**, **Elvira ed Ilaria**, la mia "nuova famiglia", dai cui occhi leggo sempre una tenera stima ed un affetto sincero, che mi spingono ad andare avanti con tenacia ed onestà.

Grazie anche ad una persona rara, qual è il **Prof. Gianfranco Rizzo**, ennesima per la regalatami da questo Dottorato: la sua estrema intelligenza, ma soprattutto l'umiltà che lo caratterizza, costituiscono per me un faro da seguire ed un esempio da ammirare.

Penso e spero di non avere dimenticato nessuno.

Sono certa che, un domani, aprire la mia Tesi di Dottorato, e leggere queste righe desterà in me ancora più emozione del pensiero di avere elaborato questo lavoro.

Reggio Calabria, 09/02/2012

*Margherita*



# Indice

INTRODUZIONE.....	I
CAPITOLO 1. I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE EMISSIONI DI GAS SERRA .....	1
1.1 Introduzione.....	1
1.2 L'effetto serra.....	3
1.3 Accordi internazionali per la riduzione dei gas ad effetto serra .....	8
1.3.1 Lo scenario emissivo internazionale .....	16
1.4 Gli Impegni della Comunità Europea .....	18
1.4.1 Gli obiettivi del Protocollo di Kyoto in UE.....	18
1.4.2 Il Pacchetto Clima-Energia 20-20-20.....	22
1.4.3 Una nuova roadmap per l'UE al 2050 .....	24
1.5 Gli impegni dell'Italia.....	27
1.5.1 Il quadro normativo .....	27
1.5.2 L'Inventario nazionale dei gas serra.....	31
1.5.3 Lo scenario emissivo nazionale .....	32
1.5.4 Lo scenario emissivo regionale .....	36
Bibliografia .....	41
CAPITOLO 2. L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI DEI GAS SERRA E LE LINEE GUIDA IPCC .....	43
2.1 Introduzione.....	43
2.2 Le linee guida IPCC .....	44
2.2.1 Introduzione.....	44
2.2.2 I settori IPCC e la metodologia di stima .....	44
2.2.3 La classificazione delle sorgenti di emissione .....	48
2.2.4 Gli approcci e i criteri per la realizzazione dell'inventario .....	50
2.2.5 Disaggregazione spaziale e temporale.....	51
2.3 Il settore energia nelle linee guida IPCC .....	52
2.3.1 Categorie e sottocategorie del Settore Energia.....	54
2.4 Il settore IPPU nelle linee guida IPCC.....	58
2.5 Il settore AFOLU nelle linee guida IPCC.....	61
2.5.1 La stima delle emissioni e degli assorbimenti nel Settore AFOLU .....	64
2.5.2 Le categorie d'uso del suolo.....	67
2.5.3 I metodi generali di stima .....	69

---

2.5.4 Biomassa.....	71
2.5.5 Necromassa.....	73
2.5.6 Materia organica nel suolo.....	74
2.6 Il settore rifiuti nelle linee guida IPCC.....	75
2.6.1 Smaltimento dei rifiuti in discarica.....	76
2.6.2 Trattamento biologico dei rifiuti.....	78
2.6.3 Incenerimento e combustione all'aperto dei rifiuti.....	80
2.6.4 Trattamento delle acque reflue e di scarico.....	80
Bibliografia.....	83
<b>CAPITOLO 3. IL BILANCIO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA NEL COMUNE DI REGGIO CALABRIA ...</b>	<b>85</b>
3.1 Introduzione.....	85
3.2 Criteri per l'elaborazione del bilancio.....	86
3.3 I settori analizzati.....	88
3.4 Il Settore Energia.....	89
3.4.1 Combustione dei combustibili fossili: trasporti e combustione stazionaria.....	89
3.4.2 Combustione dei combustibili fossili: produzione e consumo di energia elettrica.....	93
3.5 Il Settore dei Processi Industriali.....	100
3.6 Il Settore Rifiuti.....	101
3.6.1 Trattamento biologico di rifiuti.....	102
3.6.2 Depurazione delle acque reflue.....	103
3.7 Il Settore Agricoltura, Foreste ed Uso del Suolo.....	108
3.7.1 Allevamenti: fermentazione enterica e gestione del letame.....	109
3.7.2 Categorie d'uso del suolo: il metodo della variazione dello stock di carbonio (Gain-Loss Method).....	115
3.7.3 Fonti aggregate ed emissioni non CO <sub>2</sub> al suolo: gestione dei suoli.....	124
3.8 Risultati aggregati.....	135
3.9 Key Categories ed analisi dell'incertezza.....	137
3.10 Bilancio finale delle emissioni dei gas serra.....	150
Bibliografia.....	153
<b>CAPITOLO 4. IL CONTRIBUTO DEI VARI SETTORI. CONFRONTO CON LA SITUAZIONE EUROPEA E NAZIONALE.....</b>	<b>155</b>
4.1 Introduzione.....	155
4.2 CONFRONTO CON LA SITUAZIONE EUROPEA.....	158
4.3 Confronto con la situazione italiana.....	168
4.3.1 Il contributo maggiore alle emissioni: il Settore Energia.....	175

---

---

Bibliografia .....	184
<b>CAPITOLO 5. IL RUOLO DELLE AMMINISTRAZIONI LOCALI NEL CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI DEL SETTORE ENERGIA: UNA NUOVA EDILIZIA SOSTENIBILE.....</b>	<b>187</b>
5.1 Introduzione.....	187
5.2 Il Patto dei Sindaci nell'Unione Europea.....	187
5.2.1 Il piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES) .....	188
5.2.2 L'inventario di base delle emissioni (IBE).....	192
5.2.3 I fattori di emissione nell'IBE.....	193
5.2.4 Relazione e documentazione .....	196
5.2.5 Stato dell'arte in Italia .....	197
5.3 I consumi di energia nel Settore civile in Europa.....	197
5.4 I consumi di energia nel Settore civile in Italia .....	202
5.5 Quadro normativo europeo in materia di risparmio energetico in edilizia .....	205
5.6 Quadro normativo nazionale in materia di risparmio energetico in edilizia .....	209
5.7 Le politiche locali a sostegno di una nuova edilizia sostenibile .....	211
5.8 Verso l'edificio a energia quasi zero (Net ZEB) .....	216
5.8.1 I risparmi energetici e le riduzioni delle emissioni a seguito dell'attuazione di interventi di politiche energetiche nel Settore civile.....	219
Bibliografia .....	223
<b>CAPITOLO 6. POSSIBILI STRATEGIE DI ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA A LIVELLO COMUNALE .....</b>	<b>225</b>
6.1 Introduzione.....	225
6.2 Analisi dei possibili interventi di compensazione ambientale .....	226
6.2.1 Fasce tampone, siepi e filari.....	227
6.2.2 Aree boscate, rimboschimenti .....	230
6.3 L'incidenza del settore civile nel Comune di Reggio Calabria .....	232
6.4 Analisi del parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria .....	235
6.5 La metodologia di analisi.....	237
6.5.1 Il software utilizzato .....	246
6.5.2 La ricostruzione dell'anno tipo per il Comune di Reggio Calabria .....	248
6.5.3 Gli interventi di riqualificazione proposti.....	250
6.6 I risultati .....	258
Bibliografia .....	267
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>269</b>
<b>RINGRAZIAMENTI.....</b>	<b>273</b>

---

## Indice delle Figure

Figura 1.1 a) Emissioni globali di gas serra antropogenici dal 1970 al 2004; b) ripartizione delle emissioni dei vari gas serra rispetto al totale nel 2004, in termini di CO <sub>2</sub> eq; c) ripartizione dei diversi settori rispetto nel 2004 rispetto al totale, in termini di CO <sub>2</sub> eq (la quota Forestry include la deforestazione) (IPCC, 2007). .....	2
Figura 1.2 Distribuzione regionale delle emissioni pro capite di GHG per il 2004 (tutti i gas del Protocollo di Kyoto, inclusi quelli dall'uso del suolo) per la popolazione di diversi raggruppamenti di nazioni. Le percentuali nelle barre indicano la quota regionale delle emissioni globali di GHG (IPCC, 2007). .....	3
Figura 1.3 Composizione dell'aria secca in assenza di inquinamento.....	3
Figura 1.4 Meccanismo che presiede alla formazione dell'effetto serra.....	4
Figura 1.5 Medie annue del livello medio del mare (mm) (IPCC, 2007). .....	5
Figura 1.6 Variazione della temperatura media in Europa dal 1980-1999 al 2080-2099, stimata sulla base dello scenario di emissione A1B (IPCC, 2007). .....	5
Figura 1.7 Numero di eventi alluvionali in Europa dal 1998 al 2008 (ISPRA, 2009). .....	6
Figura 1.8 Effetti riscaldanti dei principali gas di serra. ....	7
Figura 1.9. Ripartizione degli oneri di riduzione delle emissioni tra i 27 Stati membri dell'UE (in giallo gli UE-15, ovvero gli Stati che erano parte dell'UE nel 1990). .....	12
Figura 1.10. Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto nel 2009. ....	15
Figura 1.11. Andamento della popolazione nelle principali Regioni (WEO, 2010). ....	16
Figura 1.12. Domanda energetica primaria mondiale per scenari (WEO, 2010). ....	17
Figura 1.13. Emissioni globali di gas serra (in GtCO <sub>2</sub> eq/anno), per scenari (WEO, 2010). ....	18
Figura 1.14. Emissioni globali di gas serra (in GtCO <sub>2</sub> eq/anno), in assenza di altre politiche sul clima, in funzione dei sei scenari ipotizzati (IPCC, 2007). .....	18
Figura 1.15. EU-15: andamento dei GHG 1990-2008 rispetto all'obiettivo del Protocollo di Kyoto (2008-2012) escluso LULUCF (misure di assorbimento del carbonio) (EEA, 2010). .....	21
Figura 1.16. EU-27: andamento dei GHG 1990-2008 escluso LULUCF (misure di assorbimento del carbonio) (EEA, 2010). .....	21
Figura 1.17. I tre obiettivi dell'UE al 2020 (Commissione Europea). .....	22
Figura 1.18. Riduzione delle emissioni europee di GHG dell'80% al 2050 (1990 = 100%) (Commissione Europea, 2011). .....	25
Figura 1.19. Emissioni nazionali di gas serra fino al 2008 e distanza dal Protocollo di Kyoto (ENEA, 2010). .....	33
Figura 1.20. Emissioni nazionali di gas serra dal 1990 al 2009, escluso il LULUCF (ISPRA, 2011). ...	33
Figura 1.21. Emissioni e rimozioni di nazionali di gas serra dal 1990 al 2009 in CO <sub>2</sub> eq (ISPRA, 2011). .....	35
Figura 1.22. Emissioni nazionali di CO <sub>2</sub> per settore dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011). ....	35
Figura 1.23. Emissioni nazionali di CH <sub>4</sub> per settore dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011). .....	35
Figura 1.24. Emissioni nazionali di N <sub>2</sub> O per settore dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011). .....	36

---

Figura 1.25. Emissioni nazionali di gas fluorurati dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).....	36
Figura 1.26. Variazione assoluta delle emissioni di CO <sub>2</sub> nel 2006 rispetto al 1990 (ENEA, 2010). ..	39
Figura 1.27. Variazione percentuale relativa delle emissioni di CO <sub>2</sub> nel 2006 rispetto al 1990 (ENEA, 2010). .....	39
Figura 1.28. Andamento delle emissioni regionali di CO <sub>2</sub> negli anni 1990-2006 (ENEA, 2010).....	40
Figura 2.1. I settori previsti dalle Linee Guida IPCC e le relative categorie. ....	45
Figura 2.2. Rappresentazione schematica dei Tiers.....	47
Figura 2.3. Diagramma di flusso per la redazione di un inventario (ANPA, 2001).....	49
Figura 2.4. Schematizzazione degli approcci top-down e bottom-up. ....	50
Figura 2.5. Categorie e sottocategorie del Settore Energia. ....	55
Figura 2.6. Disaggregazione della sottocategoria Trasporti per il Settore Energia.....	56
Figura 2.7. Categorie e sottocategorie del Settore AFOLU. ....	62
Figura 2.8. Le principali fonti di emissione/assorbimento di gas serra nei “suoli gestiti” (IPCC, 2006). .....	64
Figura 2.9. Rappresentazione dei cinque serbatoi di carbonio (INEA). ....	67
Figura 3.1. Flussi di emissione e di assorbimento della CO <sub>2</sub> , alla base di un Bilancio delle emissioni. ....	86
Figura 3.2. Localizzazione geografica del Comune di Reggio Calabria, e dati geo-climatici. ....	87
Figura 3.3. I settori e le categorie analizzati nel “Bilancio delle emissioni di gas serra del Comune di Reggio Calabria” (RC). ....	89
Figura 3.4. La categoria e le sottocategorie del Settore Energia analizzate per il Comune di Reggio Calabria. ....	91
Figura 3.5 Emissioni di metano per il Settore Energia. ....	98
Figura 3.6 Emissioni di protossido d’azoto per il Settore Energia. ....	98
Figura 3.7 Emissioni di anidride carbonica per il Settore Energia.....	99
Figura 3.8 Emissioni di CO <sub>2eq</sub> per il Settore Energia. ....	99
Figura 3.9 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO <sub>2eq</sub> per le sotto-categorie del Settore Energia. ....	100
Figura 3.10 Il territorio dell’ATO 5 di Reggio Calabria.....	104
Figura 3.11 Emissioni di metano per le categorie del Settore Rifiuti.....	106
Figura 3.12 Emissioni di protossido d’azoto per le categorie del Settore Rifiuti.....	107
Figura 3.13 Emissioni di CO <sub>2eq</sub> per le categorie del Settore Rifiuti.....	107
Figura 3.14 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO <sub>2eq</sub> per le categorie del Settore Rifiuti. ....	107
Figura 3.15. Le categoria e le sottocategorie del Settore AFOLU analizzate per il Comune di Reggio Calabria. ....	109
Figura 3.16 Emissioni di metano per il Settore AFOLU. ....	133
Figura 3.17 Emissioni di protossido d’azoto per il Settore AFOLU.....	133
Figura 3.18 Emissioni di anidride carbonica per il Settore AFOLU.....	134
Figura 3.19 Emissioni di CO <sub>2eq</sub> per il Settore AFOLU. ....	134
Figura 3.20 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO <sub>2eq</sub> per le sotto-categorie del Settore	

---

AFOLU, comprensive del contributo del “carbon loss” .....	135
Figura 3.21 Suddivisione percentuale delle emissioni di CO <sub>2eq</sub> per le sotto-categorie del Settore AFOLU, senza il contributo del “carbon loss”. .....	135
Figura 3.22 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di metano.....	136
Figura 3.23 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di anidride carbonica. ..	136
Figura 3.24 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di protossido d’azoto. ..	136
Figura 3.25 Suddivisione percentuale per macro settori delle emissioni di CO <sub>2</sub> equivalente. ....	137
Figura 3.26. Riepilogo complessivo delle emissioni di CO <sub>2eq</sub> per sottocategoria emissiva. ....	137
Figura 3.27. Bilancio delle emissioni dei gas serra per il Comune di Reggio Calabria, 2009.....	151
Tabella 3.28. Confronto delle emissioni pro-capite e per unità di superficie tra il Comune di Reggio Calabria e l’Italia, nel 2009.....	152
Figura 3.29. Confronto delle emissioni pro-capite tra il Comune di Reggio Calabria e l’Italia nel 2009.....	152
Figura 3.30. Confronto delle emissioni per unità di superficie tra il Comune di Reggio Calabria e l’Italia nel 2009.....	152
Figura 4.1. Esempio di dashboard per l’Italia.....	157
Figura 4.2. Numero di abitanti dei Paesi dell’Unione Europea al 2009 (varie statistiche nazionali). .....	159
Figura 4.3. Ripartizione percentuale degli abitanti dei Paesi dell’Unione Europea al 2009 (elaborazioni da statistiche nazionali).....	159
Figura 4.4.Emissioni di gas serra in GgCO <sub>2eq</sub> per i Paesi dell’UE nel 2009 (UNFCCC). .....	160
Figura 4.5.Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra per i Paesi dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). .....	160
Figura 4.6.Emissioni lorde pro-capite di gas serra in tCO <sub>2eq</sub> /(ab anno) nel 2009 (elaborazioni su statistiche nazionali e dati UNFCCC). .....	161
Figura 4.7.Emissioni lorde per unità di superficie di gas serra in tCO <sub>2eq</sub> /Km <sup>2</sup> nel 2009 (elaborazioni su statistiche nazionali e dati UNFCCC).....	162
Figura 4.8. Contributo percentuale delle emissioni di gas serra per tutti i Paesi dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). .....	163
Figura 4.9. Contributo percentuale delle emissioni di gas serra per Settore e per Paese dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). .....	164
Figura 4.10.Emissioni/rimozioni di gas serra in GgCO <sub>2eq</sub> per il Settore LULUCF, nei Paesi dell’UE nel 2009 (UNFCCC).....	165
Figura 4.11.Emissioni/rimozioni di gas serra per unità di superficie in tCO <sub>2eq</sub> /km <sup>2</sup> per il Settore LULUCF, nei Paesi dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC e statistiche nazionali).....	165
Figura 4.12.Emissioni nette di gas serra in GgCO <sub>2eq</sub> nei Paesi dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). .....	166
Figura 4.13. Bilancio finale dei gas serra in GgCO <sub>2eq</sub> nei Paesi dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). .....	167
Figura 4.14. Abbattimento finale dei gas serra in percentuale nei Paesi dell’UE nel 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). .....	168
Figura 4.15.Schema di burden sharing locale secondo l’attuale normativa europea (Setti, 2011). .....	169

---



Figura 4.16. Numero di abitanti degli Enti considerati, negli anni di riferimento dell'inventario.	171
Figura 4.17. Densità abitativa degli Enti considerati, negli anni di riferimento dell'inventario. ...	171
Figura 4.18. Emissioni lorde pro-capite di gas serra in $tCO_{2eq}/(ab\ anno)$ negli anni di riferimento considerati dai vari Enti.....	172
Figura 4.19. Emissioni lorde per unità di superficie di gas serra in $tCO_{2eq}/Km^2$ negli anni di riferimento considerati dai vari Enti. ....	172
Figura 4.20. Contributo percentuale delle emissioni di gas serra per Settore e per Ente.....	173
Figura 4.21. Emissioni/rimozioni di gas serra in $tCO_{2eq}$ per il Settore LULUCF. ....	174
Figura 4.22. Emissioni/rimozioni di gas serra per unità di superficie in $tCO_{2eq}/km^2$ per il Settore LULUCF.....	174
Figura 4.23. Bilancio finale dei gas serra per i vari Enti (vari anni). ....	175
Figura 4.24. Emissioni totali di anidride carbonica in kt nelle regioni italiane nel 2006 (ENEA, 2010). ....	176
Figura 4.25. Emissioni di anidride carbonica in kt nelle regioni italiane, per Settore, nel 2006 (ENEA, 2010). ....	176
Figura 4.26. Ripartizione percentuale delle emissioni del Settore Energia, in Italia nel 2006 (ENEA, 2010). ....	177
Figura 4.27. Emissioni di anidride carbonica pro-capite nelle regioni italiane, nel 2006 (elaborazioni dati ENEA, 2010). ....	177
Figura 4.28. Emissioni di anidride carbonica per unità di superficie nelle regioni italiane, nel 2006 (elaborazioni dati ENEA, 2010). ....	178
Figura 4.29. Numero di abitanti dei Comuni considerati, negli anni di riferimento dell'inventario. ....	180
Figura 4.30. Densità abitative dei Comuni considerati, negli anni di riferimento dell'inventario.	180
Figura 4.31. Emissioni pro-capite di gas serra provenienti dal Settore Energia, in $tCO_{2eq}/(ab\ anno)$ negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni. ....	181
Figura 4.32. Emissioni per unità di superficie di gas serra provenienti dal Settore Energia, in $tCO_{2eq}/(km^2\ anno)$ negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni. ....	181
Figura 4.33. Emissioni totali di gas serra provenienti dal Settore Energia, in $tCO_{2eq}/anno$ negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni.....	182
Figura 4.34. Ripartizione percentuale delle categorie di emissione di gas serra provenienti dal Settore Energia, negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni. ....	183
Figura 4.35. Ripartizione delle categorie di emissione di gas serra provenienti dal Settore Energia, negli anni di riferimento considerati dai vari Comuni. ....	183
Figura 5.1. Consumi finali di energia in tutti i Paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1990-2009 (elaborazioni dati Eurostat). ....	198
Figura 5.2. Andamento dei consumi finali di energia per categoria, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1990-2009 (elaborazioni dati Eurostat).....	198
Figura 5.3. Consumi finali di energia per il comparto civile, nei Paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1990-2009 (elaborazioni dati Eurostat).....	199
Figura 5.4. Ripartizione percentuale dei consumi finali di energia nelle varie categorie, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel 2009 (elaborazioni dati Eurostat). ....	199
Figura 5.5. Ripartizione delle emissioni di $CO_{2eq}$ per settore, nei Paesi dell'Europa (EU-27) nel 2009 (elaborazioni da EEA, 2011). ....	200

---

Figura 5.6. Ripartizione delle emissioni di CO <sub>2eq</sub> per il Settore Energia, nei Paesi dell'Europa (EU-27) nel 2009 (elaborazioni da EEA, 2011).....	200
Figura 5.7. Consumi di energia elettrica in UE (EU-27) nel periodo 1998-2009 per categoria (elaborazioni dati Eurostat).....	201
Figura 5.8. Andamento dei consumi di energia elettrica per categoria, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel periodo 1998-2009 (elaborazioni dati Eurostat). .....	201
Figura 5.9. Ripartizione dei consumi di energia elettrica per categoria, nei paesi dell'Unione Europea (EU-27) nel 2009 (elaborazioni dati Eurostat). .....	202
Figura 5.10. Italia: disponibilità di energia per fonte. Anno 2008 (%) (ENEA, 2009). .....	202
Figura 5.11. Consumi finali di energia per settore in Italia. Anno 2008 (%) (ENEA, 2009).....	203
Figura 5.12. Ripartizione dei consumi totali di energia nel comparto civile (ENEA, 2007). .....	204
Figura 5.13. Consumi finali di energia nel residenziale (ENEA, 2007). .....	205
Figura 5.14. Fabbisogni energetici specifici di diverse categorie di edifici a confronto (Carletti, Scurpi, 2008).....	216
Figura 5.15. Contributo all'abbattimento di CO <sub>2</sub> per settore al 2020 a seguito dell'attuazione del PAEE 2011 (MSE, 2011). .....	222
Figura 6.1. Esempi di fasce tampone.....	227
Figura 6.2. Esempi di siepi e filari. ....	229
Figura 6.3. Andamento degli assorbimenti di gas serra in seguito ad interventi di compensazione (Marino et al., 2011).....	232
Figura 6.4. Bilancio delle emissioni dei gas serra per il Comune di Reggio Calabria previsto nel 2020, a seguito di interventi di compensazione (Marino et al., 2011). .....	232
Figura 6.5. Consumi di energia elettrica uso domestico nel Comune di Reggio Calabria (elaborazioni dati ISTAT). .....	234
Figura 6.6. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra del Settore Energia per il Comune di Reggio Calabria, nel 2009 con estrapolato il comparto residenziale. ....	234
Figura 6.7. Contributo delle singole classi di edifici ai consumi (Marino et al., 2006).....	236
Figura 6.8. Emissioni annuali di CO <sub>2</sub> per ciascuna classe di edifici (Marino et al., 2006).....	236
Figura 6.9. Edificio analizzato. ....	237
Figura 6.10. Schema di simulazione integrata.....	246
Figura 6.11. Schema della struttura di Energy Plus.....	247
Figura 6.12. Struttura di un dispositivo elettrocromico. ....	256
Figura 6.13. Fabbisogno di energia termica, Q <sub>h</sub> , per l'edificio ED01 rispetto ai limiti di classe di consumo energetico previsti dalla normativa vigente, nei vari interventi ipotizzati.....	258
Figura 6.14. Fabbisogno di energia termica, Q <sub>h</sub> , per l'edificio ED02 rispetto ai limiti di classe di consumo energetico previsti dalla normativa vigente, nei vari interventi ipotizzati.....	259
Figura 6.15. Fabbisogno di energia per il raffrescamento, Q <sub>c</sub> , per l'edificio ED01, nei vari interventi ipotizzati. ....	259
Figura 6.16. Fabbisogno di energia per il raffrescamento, Q <sub>c</sub> , per l'edificio ED02, nei vari interventi ipotizzati. ....	260
Figura 6.17. Fabbisogno di energia per l'illuminazione, Q <sub>L</sub> , per l'edificio ED01, nei vari interventi ipotizzati. ....	261
Figura 6.18. Fabbisogno di energia per l'illuminazione, Q <sub>L</sub> , per l'edificio ED02, nei vari interventi	

---

ipotizzati.....	261
Figura 6.19. Fabbisogno di energia totali ( $Q_h+Q_c+Q_L$ ) per tipologia edilizia. ....	262
Figura 6.20. Ripartizione percentuale dei fabbisogni di energia per la tipologia edilizia ED01, nei vari casi ipotizzati.....	262
Figura 6.21. Ripartizione percentuale dei fabbisogni di energia per la tipologia edilizia ED02, nei vari casi ipotizzati.....	263
Figura 6.22. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO <sub>2</sub> equivalente, per la tipologia ED01, nei casi ipotizzati.....	263
Figura 6.23. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO <sub>2</sub> equivalente, per la tipologia ED02, nei casi ipotizzati.....	264
Figura 6.24. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO <sub>2</sub> equivalente, derivanti dall'uso di gas metano per le tipologie ED01 ed ED02, nei casi ipotizzati. ....	264
Figura 6.25. Emissioni di gas serra, in tonnellate di CO <sub>2</sub> equivalente, derivanti dal consumo di energia elettrica per le tipologie ED01 ed ED02, nei casi ipotizzati.....	265
Figura 6.26. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra, per vettore energetico, per la tipologia ED01, nei casi ipotizzati. ....	265
Figura 6.27. Ripartizione percentuale delle emissioni di gas serra, per vettore energetico, per la tipologia ED02, nei casi ipotizzati. ....	266

---

## Indice delle Tabele

Tabella 1.1. Valori del Global Warming Potential (GWP) stabiliti dal Fourth Assessment Report (IPCC, 2007).....	8
Tabella 1.2. Il percorso internazionale dello sviluppo sostenibile. ....	9
Tabella 1.3. Emissioni di gas serra ( $CO_{2eq}$ ) e obiettivi di riduzione previsti dal Protocollo di Kyoto, per Stato membro (EEA, 2010). ....	19
Tabella 1.4. Riduzioni per settore secondo la Roadmap 2050 (Commissione Europea, 2011). ....	26
Tabella 1.5. Misure di riduzione previste dal PAN (CIPE, 2002). ....	29
Tabella 1.6. Emissioni di gas serra nazionali per settore (ISPRA, 2011). ....	34
Tabella 1.7. Emissioni di $CO_2$ regionali per gli anni 1990 e 2006, e variazione assoluta e relativa (ENEA, 2010).....	38
Tabella 2.1. Categorie e sottocategorie del Settore IPPU e loro possibili emissioni (IPCC, 2006). ..	59
Tabella 2.2. Definizione dei serbatoi di carbonio utilizzati nell'AFOLU per ogni categoria d'uso del suolo.....	66
Tabella 3.1. Corrispondenza tra le categorie della norma ISO 14064 e della metodologia IPCC.....	87
Tabella 3.2. Unità di misura impiegate nello studio.....	88
Tabella 3.3 Schema di calcolo e di valutazione per il settore Energia. ....	90
Tabella 3.4 Consumi comunali di combustibili, 2009 (Ufficio delle Dogane di RC, Gas Natural)....	91
Tabella 3.5 Poteri calorifici e fattori di emissione per i combustibili fossili considerati (IPCC, 2006). ....	92
Tabella 3.6 Emissioni di gas serra per combustione dei combustibili fossili (anno 2009). ....	93
Tabella 3.7. Produzione di energia elettrica in Italia (TERNA, 2009).....	94
Tabella 3.8 Fattori di emissione per la stima delle emissioni da produzione energia elettrica nazionale (IPCC, 2006).....	95
Tabella 3.9 Emissioni dovute alla produzione di energia elettrica in Italia, 2009.....	95
Tabella 3.10 Fattori di emissione per i vari gas serra e per la $CO_{2eq}$ , per la produzione di energia elettrica in Italia. ....	95
Tabella 3.11 Consumi di energia elettrica nel Comune di Reggio Calabria, disaggregazione sulla superficie territoriale. ....	96
Tabella 3.12 Consumi di energia elettrica nel Comune di Reggio Calabria, disaggregazione sul numero di abitanti.....	96
Tabella 3.13 Emissioni dovute al consumo di energia elettrica nel Comune di Reggio Calabria, 2009.....	97
Tabella 3.14 Emissioni relative al settore energia per il Comune di Reggio Calabria, 2009. ....	97
Tabella 3.15 Impianti industriali con emissioni di gas serra nel processo produttivo. ....	100
Tabella 3.16 Identificazione dei principali insediamenti produttivi nel Comune di Reggio Calabria. ....	101
Tabella 3.17 Schema di calcolo e di valutazione per il settore Rifiuti. ....	101
Tabella 3.18 Emissioni da stabilizzazione aerobica dei rifiuti nel sito di Sambatello (Reggio	

---

Calabria).....	103
Tabella 3.19 Localizzazione e descrizione degli impianti di depurazione siti nel Comune di Reggio Calabria. ....	104
Tabella 3.20 Emissioni di metano da trattamento di acque reflue nel Comune di Reggio Calabria. ....	106
Tabella 3.21 Emissioni di protossido d'azoto da trattamento di acque reflue nel Comune di Reggio Calabria. ....	106
Tabella 3.22 Emissioni relative al settore rifiuti, per il Comune di Reggio Calabria, 2009. ....	106
Tabella 3.23 Attività incluse nel settore AFOLU.....	108
Tabella 3.24 Tipologie, numeri e fonte del dato per gli allevamenti nel Comune di Reggio Calabria, anno 2009. ....	110
Tabella 3.25 Emissioni annue di metano dovute alla fermentazione enterica degli animali allevati. ....	110
Tabella 3.26 Emissioni annue di metano dovute alla gestione del letame degli animali allevati..	111
Tabella 3.27 Numero di capi all'anno suddivisi per tipologia di allevamento realizzato, dati interpretati (ISTAT, 2005). ....	112
Tabella 3.28 Azoto escreto annualmente dagli animali allevati in stabulazione.....	113
Tabella 3.29 Azoto escreto annualmente dagli animali allevati a pascolo. ....	113
Tabella 3.30 Emissioni dirette annue di N <sub>2</sub> O per gestione del letame degli animali allevati in stabulazione.....	114
Tabella 3.31 Emissioni indirette annue di N <sub>2</sub> O per gestione del letame degli animali allevati in stabulazione.....	115
Tabella 3.32 Assorbimento di CO <sub>2</sub> da parte delle colture arboree del Comune di Reggio Calabria. ....	118
Tabella 3.33 Assorbimento di CO <sub>2</sub> da parte dei boschi del Comune di Reggio Calabria. ....	119
Tabella 3.34 Calcolo delle emissioni provocate dalla perdita di biomassa forestale a seguito delle utilizzazioni forestali. ....	120
Tabella 3.35 Dati utilizzati per la stima del carbonio perso durante gli incendi boschivi.....	121
Tabella 3.36 Calcolo delle emissioni provocate dalla perdita di biomassa forestale a seguito degli incendi di aree boscate verificatesi nel 2009.....	122
Tabella 3.37 Variazioni Corine Land Cover 1990-2000 e 2000-2006 per il Comune di Reggio Calabria. ....	123
Tabella 3.38 Bilancio del carbonio forestale ed agricolo e delle conseguenti emissioni/assorbimenti di CO <sub>2</sub> , per il Comune di Reggio Calabria. ....	124
Tabella 3.39 Incidenza della SAU nel Comune di Reggio Calabria (ISTAT,2000).....	126
Tabella 3.40 Quantità di azoto distribuita nei suoli da applicazione di fertilizzanti sintetici.....	126
Tabella 3.41 Quantità di azoto distribuita nei suoli da applicazione di letame (F <sub>AM</sub> ), ammendanti e fertilizzanti organici (F <sub>OOA</sub> ).....	127
Tabella 3.42 Produzioni agricole con residui colturali considerati. ....	128
Tabella 3.43 Azoto applicato con i residui colturali. ....	128
Tabella 3.44 Emissioni dirette di N <sub>2</sub> O da azoto applicato al suolo da animali al pascolo.....	129
Tabella 3.45 Emissioni dirette annue di N <sub>2</sub> O per gestione dei suoli agricoli. ....	129

---

Tabella 3.46 Fattori di emissione del protossido d'azoto per volatilizzazione e lisciviazione dei fertilizzanti (IPCC, 2006).....	131
Tabella 3.47 Emissioni indirette annue di N <sub>2</sub> O per gestione dei suoli agricoli.....	131
Tabella 3.48 Emissioni di CO <sub>2</sub> da applicazione di urea al suolo.....	132
Tabella 3.49 Emissioni relative al settore agricoltura, per il Comune di Reggio Calabria, 2009....	132
Tabella 3.50 Emissioni relative al settore AFOLU per il Comune di Reggio Calabria, 2009. ....	132
Tabella 3.51 Risultati dell'analisi delle <i>key categories</i> secondo l'Approccio 1, escludendo il settore LULUCF. ....	138
Tabella 3.52 Risultati dell'analisi delle <i>key categories</i> secondo l'Approccio 1, includendo il settore LULUCF. ....	140
Tabella 3.53 Livelli di incertezza considerati per l'analisi dell'incertezza. ....	142
Tabella 3.54 Incertezza combinata associata a tutte le categorie di emissione. ....	143
Tabella 3.55 Risultati dell'analisi delle <i>key categories</i> secondo l'Approccio 2, escludendo il settore LULUCF. ....	145
Tabella 3.56 Risultati dell'analisi delle <i>key categories</i> secondo l'Approccio 2, includendo il settore LULUCF. ....	147
Tabella 3.57 Emissioni complessive suddivise per sotto-categoria di emissione. ....	150
Tabella 3.58 Bilancio finale delle emissioni di gas serra nel Comune di Reggio Calabria, anno 2009. ....	151
Tabella 3.59 Inventario delle emissioni nazionali al 2009 (ISPRA, 2011) .....	151
Tabella 4.1. Emissioni lorde pro-capite di gas serra al 2009 (elaborazioni su dati UNFCCC). ....	162
Tabella 4.2. Enti nazionali che hanno redatto un inventario di gas serra, completo di tutti i Settori previsti dall'IPCC.....	170
Tabella 4.3. Comuni che hanno redatto un inventario dei gas serra del Settore Energia, all'interno delle Fonti riportate. ....	179
Tabella 5.1. Confronto tra i fattori di emissione standard e LCA (UE, 2010). ....	195
Tabella 5.2. Fattori di emissione standard di CO <sub>2</sub> (da IPCC, 2006) e fattori di emissione LCA equivalenti di CO <sub>2</sub> (da ELCD) per i più comuni tipi di combustibile (UE, 2010).....	196
Tabella 5.3. Azioni per realizzare edifici a bilancio nullo (Mussal et al, 2010). ....	219
Tabella 5.4. Risparmio energetico annuale complessivo conseguito al 2010 e atteso al 2010 e 2016 - Sintesi settoriale (MSE, 2011). ....	220
Tabella 5.5. PAEE 2007: risparmio energetico annuale conseguito al 2010, atteso al 2010 e 2016 per i settori residenziale e terziario (MSE, 2011). ....	220
Tabella 5.6. Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 – Dettaglio per singolo intervento non previsto dal PAEE 2007 (MSE, 2011). ....	221
Tabella 5.7 Riduzioni dei consumi finali di energia attesi al 2016 e 2020 dal PAEE 2011 (MSE, 2011). ....	222
Tabella 6.1 Stima della superficie agricola destinabile all'impianto di fasce tampone.....	228
Tabella 6.2 Stima della superficie agricola destinabile all'impianto di fasce tampone.....	229
Tabella 6.3 Stima delle superfici degradate e percorse da incendio destinabili al rimboschimento ed al recupero ambientale. ....	231
Tabella 6.4. Numero di edifici del parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria, suddivisi per tipologia costruttiva e numero di piani.....	235

---

Tabella 6.5. Superfici abitabili del parco edilizio residenziale del Comune di Reggio Calabria, suddivise per tipologia costruttiva e numero di piani. ....	235
Tabella 6.6. Parametri Geografici e Climatici della città di Reggio Calabria. ....	238
Tabella 6.7. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle pareti esterne dell'edificio ED01 (caso 00). ....	239
Tabella 6.8. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle pareti esterne dell'edificio ED02 (caso 00). ....	240
Tabella 6.9. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle vetrate dell'edificio ED01 (caso 00). ....	241
Tabella 6.10. Caratteristiche strutturali e termofisiche delle vetrate dell'edificio ED02 (caso 00). ....	242
Tabella 6.11. Caratteristiche strutturali e termofisiche dei solai interpiano dell'edificio considerato, sia ED01 che ED02 (caso 00). ....	243
Tabella 6.12. Caratteristiche strutturali e termofisiche del pavimento su terreno dell'edificio considerato, sia ED01 che ED02 (caso 00). ....	244
Tabella 6.13. Caratteristiche strutturali e termofisiche del solaio di copertura dell'edificio considerato, sia ED01 che ED02 (caso 00). ....	245
Tabella 6.14. Intervento di sostituzione infissi. ....	252
Tabella 6.15. Intervento di isolamento della facciata (ED01). ....	253
Tabella 6.16. Intervento di isolamento della facciata (ED02). ....	254
Tabella 6.17. Intervento di isolamento della copertura. ....	255

---