

CAPITOLO 1

CAMBIAMENTI CLIMATICI ED ENERGIA

Introduzione

L'11 dicembre 2011 si è conclusa a Durban la Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, cominciata il 28 novembre 2011 e proseguita oltre la chiusura prevista dei lavori - il 9 dicembre - attraverso una lunga serie di sessioni plenarie a oltranza.

L'esito della Conferenza, che ha avuto il compito laborioso di definire in modo organico gli impegni di contenimento delle emissioni dei Paesi industrializzati e di quelli in via di sviluppo, una volta concluso il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto (2008-2012), è stato giudicato in modo controverso dai diversi osservatori. Questa difficoltà è comprensibile, se si tiene conto, da un lato, della complessità del negoziato che si svolge su sei tavoli paralleli, dall'altro della molteplicità e varietà dei temi in discussione, che spaziano dalla transizione verso fonti energetiche a basse emissioni di anidride carbonica, al contrasto della deforestazione, al finanziamento di azioni di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici per i paesi molto vulnerabili, coinvolgendo interessi geopolitici e strategici colossali.

L'intenso lavoro negoziale svolto a Durban ha prodotto alcuni risultati che non devono essere sottovalutati, in particolare per quanto riguarda le due principali decisioni prese in tema di limitazione delle emissioni, che nel loro insieme prefigurano un ambizioso sistema globale di mitigazione dei cambiamenti climatici.

1° Decisione - È stato deciso di proseguire con un secondo periodo di impegno (*commitment period*) del Protocollo di Kyoto con obiettivi legalmente vincolanti di riduzione delle emissioni solo per alcuni Paesi *Annex I*¹, che avrà inizio nel 2013 e si estenderà probabilmente fino al 2017. Non tutti i Paesi *Annex I* proseguiranno nel Kyoto-2: Canada, Giappone, Russia e Stati Uniti hanno già dato *forfait*, per diversi motivi. Rimangono Europa, Australia, Nuova Zelanda, Svizzera, Norvegia e pochi altri. Le riduzioni delle emissioni complessive, attualmente in discussione per i paesi partecipanti, oscillano tra il 15% e il 25% nel 2020 rispetto al 1990. La quantificazione degli impegni effettivi per i diversi paesi sarà attribuita successivamente, sulla base delle comunicazioni che i paesi devono effettuare entro maggio 2012.

La Conferenza delle Nazioni Unite conclusa a Durban l'11 dicembre 2011, ha avuto il compito di definire in modo organico gli impegni di contenimento delle emissioni dei Paesi industrializzati e di quelli in via di sviluppo, una volta concluso il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto (2008-2012).

Il lavoro negoziale svolto a Durban ha prodotto alcuni risultati da non sottovalutare, tra cui due decisioni in tema di limitazione delle emissioni.

¹ I Paesi dell'Annex I sono 39: Australia, Austria, Belgio, Bulgaria, Canada, Comunità Europea, Croazia, Danimarca, Estonia, Federazione Russa, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lettonia, Liechtenstein, Lituania, Lussemburgo, Monaco, Norvegia, Nuova

L'Unione Europea ha già deciso di impegnarsi a raggiungere -20% nel 2020 rispetto al 1990, ma è disposta a considerare obiettivi più ambiziosi (fino a -30%) se altri Paesi faranno sforzi analoghi. Tenendo conto che i Paesi per ora partecipanti al secondo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto rappresentano non più del 15% delle emissioni globali, questa decisione va valutata non per il suo significato numerico (poco più che simbolico), ma per quello politico: convincere i paesi in via di sviluppo ad accettare la cosiddetta "piattaforma di Durban".

L'Unione Europea ha già deciso di impegnarsi a ridurre, nel 2020 rispetto al 1990, le emissioni complessive del 20%, ma è disposta a considerare obiettivi più ambiziosi se altri Paesi faranno sforzi analoghi.

Per i Paesi industrializzati che non parteciperanno al secondo *commitment period* del Protocollo di Kyoto, non si preannuncia un totale disimpegno. Gli Stati Uniti, ad esempio, hanno confermato l'offerta avanzata a Copenaghen di riduzione volontaria delle emissioni del 17% al 2020 rispetto al 2005.

Sebbene al momento questo rappresenti più un buon proposito che un impegno vincolante, è tuttavia da notare la maggiore ambizione rispetto a quanto fatto finora.

2° Decisione - È stato istituito un Gruppo di lavoro sulla "piattaforma di Durban" per definire entro il 2015 "un nuovo protocollo o altro strumento legale o esito condiviso dotato di forza legale", che comprenda tutti i Paesi. Il Gruppo di lavoro dovrà occuparsi di temi fondamentali come mitigazione, adattamento, meccanismi finanziari, sviluppo di nuove tecnologie e *capacity building*. Tale gruppo avrà l'obiettivo, quindi, di innalzare il livello di "ambizione globale", anche sulla base dei risultati del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC che verrà pubblicato tra il 2013 e il 2014. L'aspetto fondamentale è che i "Paesi in via di sviluppo" (es. Cina e India) abbiano alla fine accettato l'idea di avere anche loro obiettivi "vincolanti" (a partire dal 2020). Sebbene sarà certamente difficile trovare un accordo nel 2015, e ci siano ancora molti punti da chiarire (in particolare per quanto riguarda la natura di un eventuale "strumento dotato di forza legale"), a Durban si sono poste le basi per superare la dicotomia Paesi ricchi – Paesi poveri che per anni ha tenuto in ostaggio l'intera discussione sugli impegni di riduzione, impedendo di fare passi in avanti.

Certamente il compromesso raggiunto non definisce obiettivi ambiziosi di riduzione delle emissioni legalmente vincolanti e immediatamente operativi; d'altra parte, però, un mancato accordo avrebbe con ogni probabilità provocato una crisi del multilateralismo climatico e un ulteriore ridimensionamento delle aspettative in tema di mitigazione.

Per il raggiungimento di questo risultato, è stato determinante il clima di condivisione costruito con pazienza dalla Presidenza sudafricana della Conferenza, anche attraverso un'attenzione specifica alle esigenze e alle priorità negoziali dei diversi gruppi di Paesi, in particolare di quelli meno sviluppati.

In particolare, le decisioni raggiunte sull'avvio delle operazioni del *Green Climate Fund*, destinato a finanziare, entro il 2020, gli interventi di mitigazione e adattamento nei Paesi in via di sviluppo, con una dotazione attesa di 100 miliardi di dollari USA l'anno, e sulla definizione delle regole fondamentali per il funzionamento del meccanismo REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation*) che servirà a fornire supporto tecnologico e finanziario alle azioni di mitigazione delle emissioni derivanti da deforestazione e degrado forestale e alle azioni di conservazione delle foreste nei Paesi tropicali, hanno favorito un atteggiamento molto più positivo, nei confronti del negoziato, da parte del gruppo dei piccoli Stati insulari (AOSIS - *Alliance of Small Island States*), di quello dei Paesi meno sviluppati (LDC - *Least Developed Countries*), nonché di importanti Paesi emergenti come il Brasile.

Più in generale, la capacità dell'accordo di Durban di fornire nei prossimi anni una risposta efficace alle esigenze urgenti di una riduzione delle emissioni a livello globale non si misurerà solo attraverso il coinvolgimento, con obiettivi vincolanti, di tutte le principali economie del Pianeta, ma anche attraverso l'introduzione di meccanismi che favoriscano la riconversione delle economie e dei processi produttivi in direzione dello sviluppo sostenibile.

A questo proposito, a giugno del 2012 si terrà a Rio de Janeiro, a vent'anni dal primo *Summit* della Terra, la Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile (o "Rio+20"), appuntamento di enorme importanza per fare il punto e rilanciare lo sviluppo sostenibile. Il dibattito intorno a Rio+20 si sta svolgendo all'insegna della *green economy*, ovvero, secondo la definizione della Commissione Europea, "*un'economia che genera crescita, crea posti di lavoro ed elimina la povertà investendo nel capitale naturale, oltre a preservarlo, dal quale dipende la sopravvivenza a lungo termine del nostro pianeta*"². Particolare interesse, nei documenti preparatori dell'Europa alla Conferenza delle Nazioni Unite, assume il rafforzamento della *governance* internazionale per rilanciare lo sviluppo sostenibile. Nella Comunicazione della Commissione Europea per Rio+20 vengono identificati tre fronti strategici interdipendenti per passare a un'economia verde:

- investire nella gestione sostenibile delle risorse chiave e del capitale naturale;
- istituire le giuste condizioni di mercato e un'adeguata regolamentazione;
- migliorare la *governance* e la partecipazione del settore privato.

² CE, 2011, *Rio+20: verso un'economia verde e una migliore governance*, COM(2011)363

Recentemente UNEP³ ha pubblicato un rapporto che *“mira a sfatare molti miti e idee sbagliate circa il processo di «rendere verde» l'economia globale, e fornisce tempestivi e pratici orientamenti per i decisori politici su quali riforme sono necessarie per sbloccare il potenziale produttivo e occupazionale di un'economia verde”*. L'UNEP definisce la *green economy* come un'economia che *“migliori il benessere umano e l'equità sociale, riducendo significativamente i rischi ambientali e le scarsità ecologiche”*, ovvero un'economia a bassa intensità di carbonio, efficiente e socialmente inclusiva. Il lavoro dell'UNEP dimostra che l'investimento, del 2% annuo del PIL mondiale nei settori chiave dell'economia da oggi al 2050, può avviare la transizione verso un'economia efficiente e a bassa intensità di carbonio. L'UNEP conclude che la *green economy* non è incompatibile con la crescita economica ma determinerebbe, dopo un periodo di sei anni, una crescita del PIL più elevata rispetto a quella attuale. La fase di transizione potrà causare delle perdite di posti di lavoro che saranno superate successivamente dalla creazione di nuova occupazione nei nuovi settori. Nella fase di transizione occorreranno pertanto investimenti per riorientare le competenze del mondo del lavoro. UNEP sottolinea l'importanza di riformare il sistema di incentivi dannosi per l'ambiente al fine di liberare risorse economiche da indirizzare alla fase di transizione e per stimolare i settori della *green economy*. Ad esempio, l'eliminazione dei sussidi alle fonti fossili è una misura già proposta dalla IEA⁴, che afferma: *“Eliminare i sussidi ai combustibili fossili aumenterebbe il livello di sicurezza energetica, ridurrebbe le emissioni di gas a effetto serra e l'inquinamento dell'aria, e comporterebbe benefici economici”*. I sussidi alle fonti fossili contribuiscono a mantenere artificialmente bassi i prezzi dell'energia che, a loro volta, incoraggiano consumi superflui, offuscano i segnali di mercato e minano la competitività delle energie rinnovabili e delle tecnologie energetiche più efficienti. Sempre secondo l'IEA⁵ *“l'eliminazione dei sussidi al consumo di combustibili fossili rappresenterebbe una pietra miliare nella lotta al cambiamento climatico: la loro completa rimozione nel 2020 ridurrebbe le emissioni di CO₂ del 5,8%, ossia 2 Gt”*.

In merito agli incentivi forniti ai settori produttivi in Europa, il recente rapporto del Parlamento Europeo⁶ analizza le diverse spese comunitarie in relazione alla loro sostenibilità ambientale. Nel rapporto, il Parlamento Europeo prende atto che diversi settori dell'economia beneficiano di sostegni dai governi nazionali e che tali incentivi, sebbene concepiti in linea di principio per raggiungere obiettivi ambientalmente compatibili, si rivelano controproducenti per l'ambiente.

³ UNEP, 2011, *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*

⁴ IEA, 2010, *World Energy Outlook 2010*

⁵ IEA, 2010, *World Energy Outlook 2010*

⁶ European Parliament, 2011, *EU subsidies for polluting and unsustainable practices*

Secondo lo studio, la politica agricola dell'UE (PAC) spesso favorisce latifondi e agricoltura intensiva. I Fondi Strutturali e di Coesione (344 miliardi di euro nel periodo 2007-2013) sono per la gran parte indirizzati alla soluzione di problemi ambientali, quali la gestione dei rifiuti domestici e industriali o il recupero di siti industriali e suoli contaminati (circa il 69% del volume finanziario), piuttosto che alla prevenzione e al controllo dell'inquinamento. Nel settore dei trasporti, il 12% (41 miliardi di euro) dei Fondi Strutturali e di Coesione sono destinati alle infrastrutture per il trasporto stradale. Nel settore energia, le spese annuali del periodo 2007-2013 ammontano a 2,9 miliardi di euro, di cui il 54% gestito attraverso i Fondi Strutturali e di Coesione. Alla ricerca sulla fusione nucleare sono dedicati il 13,9% dei fondi, cui si aggiunge l'11,6% dei fondi destinati all'energia nucleare a vario titolo. Il 28,3% e il 21,4% dei fondi del settore sono destinati, rispettivamente, alle energie rinnovabili e all'efficienza energetica. Le spese nel settore energia sono maggiormente orientate alla sostenibilità, tuttavia il Parlamento Europeo raccomanda cautela nell'interpretazione dei risultati della valutazione poiché diverse voci sono state escluse per l'incertezza in merito alla sostenibilità (come l'energia nucleare e la cattura e stoccaggio della CO₂).

Come sottolinea il recente rapporto della OECD⁷, che propone una serie di indicatori per monitorare lo sviluppo della *green growth*, un ritorno al *business as usual* dopo il superamento della attuale crisi economica “*sarebbe davvero poco saggio e, in definitiva insostenibile, coinvolgendo rischi che potrebbero comportare costi umani e vincoli alla crescita economica e allo sviluppo. Questo condurrebbe a maggiore scarsità d'acqua, collo di bottiglia delle risorse, inquinamento dell'aria e dell'acqua, cambiamento climatico e perdita di biodiversità irreversibili*”.

Trend climatici di base

Livello globale

Il riscaldamento del sistema climatico globale è oggi indiscutibile, come emerge dalle osservazioni dell'incremento della temperatura media globale atmosferica e oceanica, dallo scioglimento dei ghiacci polari (in particolare dell'Artico), dalla riduzione dei ghiacciai delle medie latitudini (compresa anche la copertura nevosa) e dall'innalzamento del livello medio degli oceani. L'aumento della temperatura media a livello globale e in Europa, osservato negli ultimi decenni, è inusuale sia in termini di ampiezza sia di tasso di variazione.

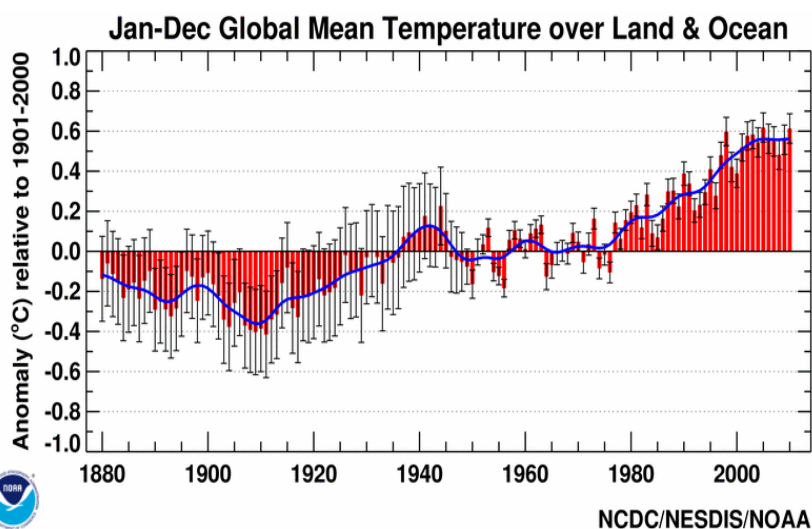
L'aumento della temperatura a livello globale e in Europa, osservato negli ultimi decenni, è inusuale.

⁷ OECD, 2011, *Towards Green Growth: Monitoring Progress - OECD Indicators*

In base al Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), l'aumento complessivo della temperatura media globale (sistema terra-oceano⁸) al 2005 è stato di 0,7 °C rispetto al livello pre-industriale. Nell'ultimo secolo (1905-2005) la temperatura media del Pianeta è aumentata di 0,74 °C, mentre nei decenni precedenti al 1950 è aumentata a un tasso medio inferiore allo 0,06 °C per decennio, negli ultimi 50 anni, invece, il tasso è stato di 0,13 °C per decennio e più recentemente (ultimi decenni) ha raggiunto il tasso di circa 0,25 °C per decennio.

Le analisi aggiornate da parte della NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), indicano che il 2010, con un'anomalia di +0,62 °C rispetto alla media del XX secolo, è stato l'anno più caldo, insieme al 2005, dell'intera serie della temperatura media globale terra-oceano (Figura 1.1).

Le stime relative al 2010 indicano un'anomalia della temperatura media globale di 0,62 °C rispetto alla media del XX secolo, che, tenuto conto dei margini di incertezza, pone il 2010 al primo posto tra gli anni più caldi di tutta la serie, insieme al 2005.



I quattordici valori annuali con temperatura più alta a partire dal 1850, sono stati registrati dal 1997 al 2010.

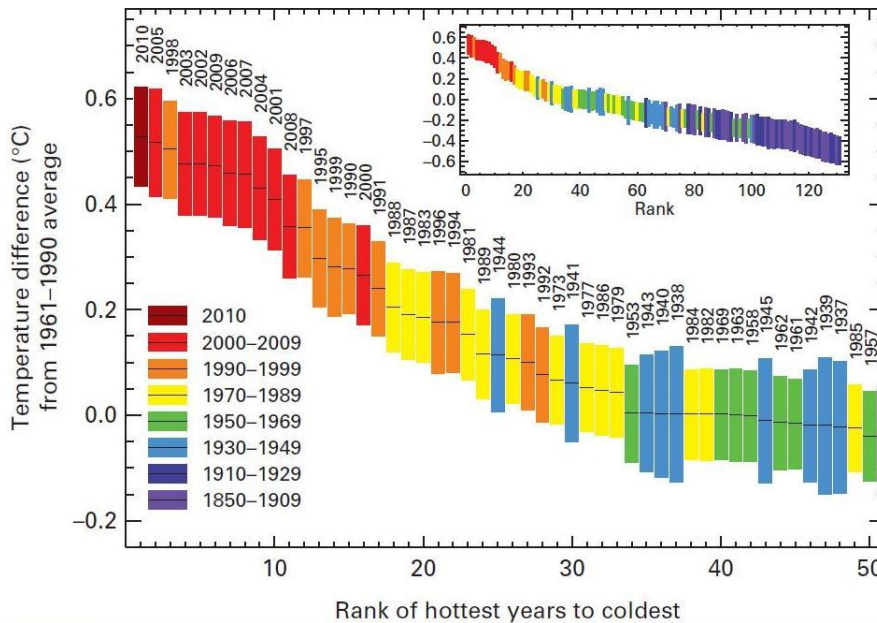
Figura 1.1: Serie delle anomalie⁹ annuali di temperatura media globale (sistema terra-oceano)¹⁰

Il decennio 2001-2010 (0,56 °C sopra la media del XX secolo) è stato 0,36 °C più caldo del decennio 1991-2000 (0,24 °C sopra la media 1961-1990). I dati preliminari elaborati dalla NOAA relativi al 2011 indicano che, con un'anomalia media globale terra-oceano di 0,51°C rispetto alla media del XX secolo, esso si colloca all'11° posto dell'intera serie. Con il 2011, sale a 35 il numero di anni consecutivi con anomalia termica globale positiva. Il *ranking* della temperatura media globale superficiale per i 50 anni più caldi è illustrato nella Figura 1.2, pubblicata dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale, in cui il 2010 occupa il primo posto, sebbene le differenze con i precedenti anni più caldi (2005, 1998) non siano statisticamente significative; è comunque confermata, in generale, la posizione ai primi posti del *ranking* degli anni più recenti, dal 1990 al 2010.

⁸ In questo documento, la dicitura "terra-oceano" indica che la temperatura è calcolata tenendo conto sia della temperatura dell'aria sulla terraferma sia quella superficiale del mare, mentre la dicitura "solo terra" indica che si tratta solo della temperatura dell'aria sulla terraferma

⁹ Anomalie calcolate rispetto al periodo di riferimento 1961-1990

¹⁰ Fonte: NCDC/NESDIS/NOAA



Nel ranking della temperatura media globale superficiale per i 50 anni più caldi, il 2010 occupa il primo posto.

Legenda:

L'insero mostra il ranking delle temperature medie globali superficiali a partire dal 1850. Le dimensioni delle barre indicano l'intervallo di confidenza del 95%.

Figura 1.2: Ranking delle temperature medie globali superficiali per i 50 anni più caldi¹¹

Per quanto riguarda il *trend* delle precipitazioni dal 1900 al 2005, è stato osservato un aumento significativo nell'area orientale del Nord e del Sud America, nel Nord Europa e nell'Asia settentrionale e centrale, mentre una riduzione è stata rilevata nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa meridionale e in alcune parti dell'Asia meridionale.

Cambiamenti nelle variabili climatiche si traducono, altresì, in un aumento della frequenza, dell'intensità e della durata di eventi estremi quali alluvioni, siccità e **onde di calore**. La frequenza degli eventi di precipitazione intensa è aumentata nella maggior parte delle terre emerse, coerentemente con il riscaldamento e l'aumento del vapore acqueo atmosferico. La tematica degli eventi estremi è stata oggetto di interesse specifico da parte dell'IPCC, che nella prima sessione congiunta dei Gruppi di lavoro I e II dell'IPCC ha recentemente approvato (novembre 2011), a Kampala (Uganda) il *Summary for Policymakers* del Rapporto Speciale "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation"¹² (SREX).

Cambiamenti nelle variabili climatiche si traducono, altresì, in un aumento della frequenza, dell'intensità e della durata di eventi estremi quali alluvioni, siccità e onde di calore.

Secondo il Rapporto, le emissioni di gas serra sono la probabile causa di alcune tendenze che si stanno osservando in merito agli eventi estremi. Il rapporto ritiene probabile, infatti, che l'aumento di gas

¹¹ Fonte: World Meteorological Organization (2011), *WMO statement on the status of global climate in 2010*. Report WMO, n. 1074, Geneva 2011

¹² IPCC, 2011: *Summary for Policymakers*. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C. B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S., Tignor, M. and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

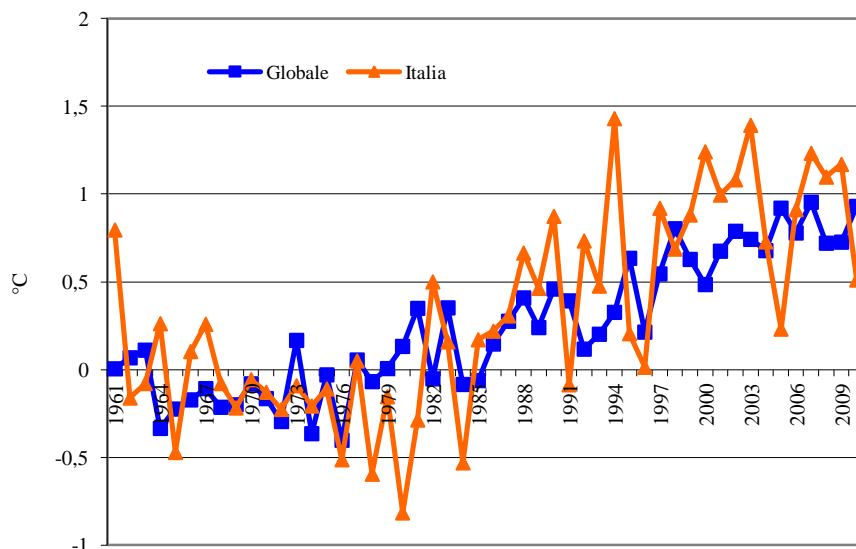
climalteranti in atmosfera abbia portato all'incremento degli estremi di temperatura e afferma, con una confidenza media, che l'uomo ha contribuito altresì a un'intensificazione globale delle precipitazioni estreme. Tali risultati sono di grande rilievo, ma non sorprendono poiché sono coerenti con ciò che la scienza prevede in un mondo più caldo. Il documento descrive, inoltre, i costi – in termini di vite perse e danni economici – già sostenuti, oltre a quelli che probabilmente si avranno con l'intensificarsi dei fenomeni estremi e le implicazioni sociali di un mondo più caldo. In merito agli eventi meteo-climatici estremi, è stato osservato un aumento in alcune parti del mondo, in particolare per quanto riguarda gli estremi di temperatura giornaliera e le ondate di calore. Nel corso del XXI secolo, secondo quanto previsto dal SREX, si prevede una tendenza a un ulteriore aumento, con maggiori rischi per i mezzi di sussistenza, la salute umana e le infrastrutture. È quasi certo (99-100%) un aumento nella frequenza degli estremi giornalieri di temperatura e una diminuzione negli estremi freddi a scala globale; è altamente probabile (90-100%) che le ondate di calore aumenteranno nella lunghezza, frequenza e intensità su molte aree. È probabile (66-100%), inoltre, che la frequenza degli estremi di precipitazioni aumenterà su molte aree. Ulteriori evidenze indicano – con media confidenza - che la siccità si intensificherà, nel corso del secolo a venire, in alcune aree specifiche (Europa meridionale, regione del Mediterraneo, Europa centrale, Centro-Nord degli Stati Uniti, Messico, Nord-Est del Brasile). I cambiamenti previsti nelle precipitazioni e nella temperatura implicheranno un cambiamento nei fenomeni alluvionali, sebbene la limitata evidenza e la complessità delle cause riducono il livello di confidenza a scala globale.

Italia

Temperature

Per valutare le tendenze recenti del clima in Italia si possono utilizzare i dati e gli indicatori climatici elaborati attraverso il sistema SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale), realizzato dall'ISPRA e attualmente alimentato e aggiornato ogni anno con le serie temporali di osservazioni della rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, del CRA-CMA, di dieci ARPA e dei servizi agrometeorologici regionali delle Marche e della Sicilia¹³. La stima della variazione media della temperatura in Italia si basa sulle serie temporali più lunghe e complete. Inoltre, le serie vengono sottoposte a *test* di omogeneità ed eventualmente corrette, al fine di filtrare eventuali segnali non climatici, come lo spostamento della stazione di misura o il cambiamento della strumentazione. Nella Figura 1.3 viene mostrato l'andamento della temperatura media in Italia a confronto con la media globale sulla terraferma, dal 1961 al 2010.

¹³ Desiato F., Lena F. e Toretì A., 2007, *SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 48, n. 3 351-358



Il 2010 è stato per l'Italia il 19° anno consecutivo con anomalia termica positiva, ma l'anomalia della temperatura media è stata inferiore a quella globale sulla terraferma.

Figura 1.3: Serie temporali delle anomalie di temperatura media globale e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990¹⁴

L'aumento della temperatura media registrato in Italia negli ultimi trent'anni è stato quasi sempre superiore a quello medio globale sulla terraferma. Nel 2010, tuttavia, l'anomalia della temperatura in Italia (+0,51 °C) è stata inferiore a quella globale sulla terraferma (+0,93 °C). Il 2010 è stato per l'Italia il diciannovesimo anno consecutivo con anomalia termica positiva e il suo valore è il diciottesimo della serie a partire dal 1961¹⁵. Un'analisi delle tendenze su base stagionale dettagliata per l'Italia settentrionale, centrale e meridionale indica che l'aumento della temperatura media è significativo ovunque in autunno dal 1970 e in estate dal 1980, mentre nell'intero periodo 1961-2006 è significativo al Nord in inverno e al Centro-Sud in primavera¹⁶.

Eventi estremi di temperatura

La tendenza al riscaldamento si evince anche dall'analisi di alcuni indicatori relativi ai valori estremi di temperatura. Negli ultimi 14 anni, i "giorni estivi"¹⁷ (Figura 1.4) e le "notti tropicali"¹⁸ (Figura 1.5) sono stati sempre maggiori delle rispettive medie climatologiche. Nel 2010, in particolare, il numero di notti tropicali si colloca al settimo posto dell'intera serie dal 1961. Infine, vengono prese in considerazione le "onde di calore", che rappresentano gli eventi della durata di almeno 3 giorni, in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 95° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere nel trentennio climatologico 1961-1990. La

La tendenza al riscaldamento si evince anche dall'analisi di alcuni indicatori relativi ai valori estremi di temperatura. Negli ultimi 14 anni, i "giorni estivi" e le "notti tropicali" sono

¹⁴ Fonte: ISPRA e NCDC/NOAA

¹⁵ ISPRA, *Gli indicatori del clima in Italia nel 2010*, Rapporto Serie Stato dell'Ambiente n. 9/2011, Anno VI

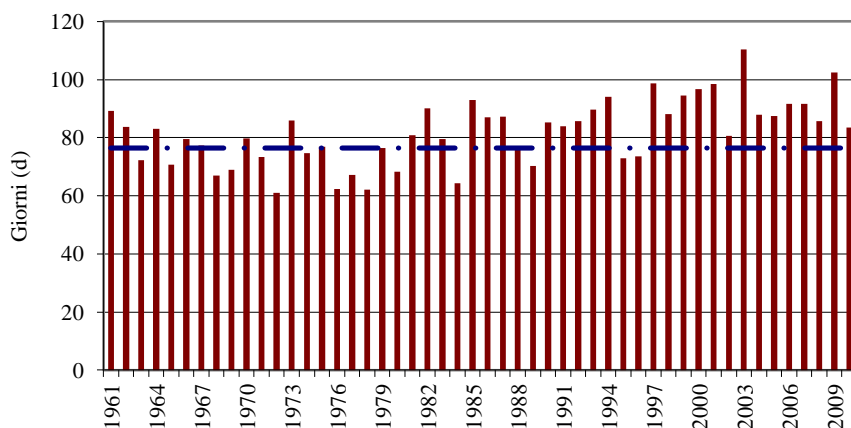
¹⁶ Toreti A., Desiato F., Fioravanti G. and Perconti W., 2009, *Seasonal temperatures over Italy and their relationship with low-frequency atmospheric circulation patterns*, *Climatic Change*, doi 10.1007/s10584-009-9640-0

¹⁷ Numero di giorni con temperatura massima dell'aria maggiore di 25 °C

¹⁸ Numero di giorni con temperatura minima dell'aria maggiore di 20 °C

Figura 1.6 illustra l'andamento medio in Italia dell'indice "intensità delle onde di calore", che rappresenta il valore medio (in °C) delle eccedenze di temperatura rispetto alla soglia, cumulate nel corso degli eventi. È evidente una tendenza all'aumento nel corso degli ultimi 30 anni e l'eccezionalità dell'intensità delle onde di calore nell'estate del 2003.

stati sempre maggiori delle rispettive medie climatologiche.



Negli ultimi 14 anni, i "giorni estivi", ossia giorni con temperatura massima dell'aria maggiore di 25 °C, sono stati sempre maggiori della media climatologica.

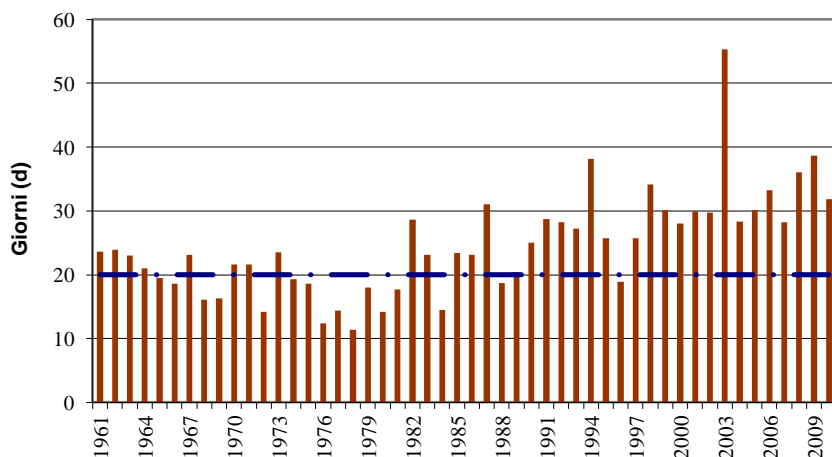
Legenda:

La linea tratteggiata rappresenta il valore medio normale calcolato nel periodo di riferimento 1961-1990

Nota:

Serie temporali omogeneizzate di 50 stazioni

Figura 1.4: Serie annuale del numero medio di giorni estivi (temperatura massima > 25°C) (1961-2010)¹⁹



Negli ultimi 14 anni, le "notti tropicali", ossia le notti con temperatura minima dell'aria maggiore di 20 °C, sono state sempre maggiori della media climatologica.

Legenda: La linea tratteggiata indica il valore medio normale calcolato nel periodo di riferimento 1961-1990

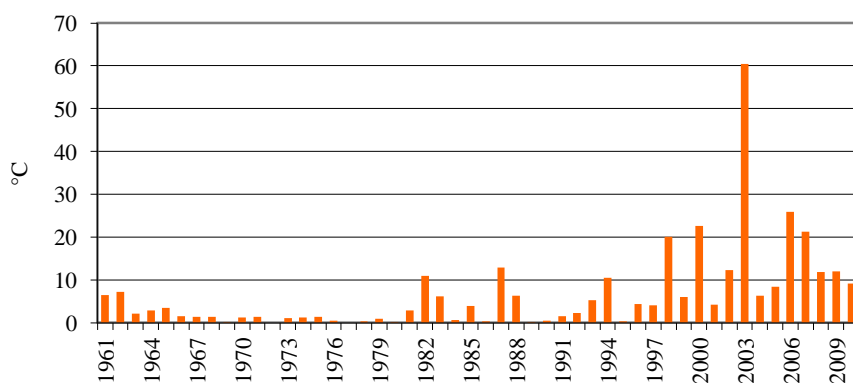
Nota:

Serie temporali omogeneizzate di 50 stazioni

Figura 1.5: Serie annuale del numero medio di notti tropicali (temperatura minima > 20°C) (1961-2010)²⁰

¹⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle stazioni della rete sinottica e della rete regionale

²⁰ Fonte: *Ibidem*



L'indice "intensità delle onde di calore" rappresenta il valore medio delle eccedenze della temperatura massima giornaliera rispetto a un valore soglia.

Nota:
Serie temporali omogeneizzate di 50 stazioni

Figura 1.6: Intensità media delle onde di calore dal 1961 al 2010²¹

Precipitazioni

Per quanto riguarda le tendenze delle precipitazioni nel lungo periodo, gli studi del CNR²² indicano che "i trend sono generalmente negativi, anche se solo di lieve entità e spesso poco significativi dal punto di vista statistico.

L'entità della riduzione delle precipitazioni risulta dell'ordine del 5% per secolo; essa sembra dovuta principalmente alla primavera, stagione nella quale la riduzione delle precipitazioni risulta vicina al 10% per secolo"²³.

Le serie di precipitazione dal 1951 ad oggi, elaborate attraverso il sistema SCIA, pur rappresentando una copertura spaziale e temporale piuttosto disomogenea, permettono di calcolare, con il metodo dei poligoni di Thiessen (o di Voronoi)²⁴, le serie di precipitazioni cumulate annuali riferite a una determinata area geografica.

La Figura 1.7 mostra le serie di anomalie annuali rispetto al valore normale, calcolato nel periodo climatologico 1961-1990, della precipitazione cumulata media su tutto il territorio italiano.

Negli ultimi trent'anni le precipitazioni sono state prevalentemente inferiori alla media climatologica 1961-1990.

Dal 1981, infatti, esse sono state più abbondanti della media solo per sette anni, dei quali tre sono gli anni più recenti (2008, 2009 e 2010).

Nel 2010 le precipitazioni in Italia sono state superiori alla media climatologica 1961-1990 del 23% circa.

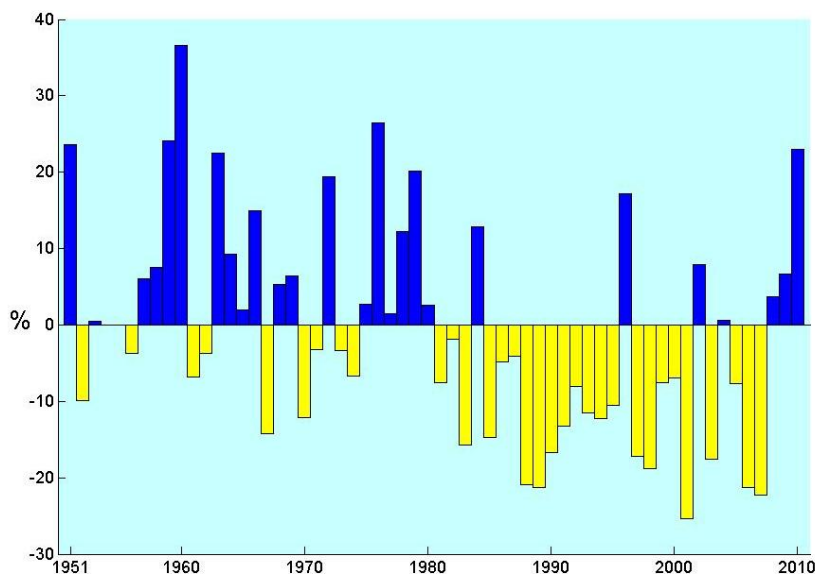
Per quanto riguarda le tendenze delle precipitazioni nel lungo periodo, studi del CNR indicano che i trend sono generalmente negativi, anche se solo di lieve entità e spesso poco significativi dal punto di vista statistico.

²¹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle stazioni della rete sinottica e della rete regionale

²² Brunetti M. et al., 2006, *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series*, International Journal of Climatology, vol. 26:345-381

²³ Nanni T. e Prodi F., 2008, *Energia*, n. 1, 2008, pagg. 66-71

²⁴ Antonio Mestre Barcelò, 718 WG1., *Report on rainfall spatialisation*, 2002 – Cost 718 Meteorological Applications for Agriculture



Negli ultimi trent'anni, le precipitazioni sono state prevalentemente inferiori alla media climatologica 1961-1990. Dal 1981, infatti, esse sono state più abbondanti della media solo per sette anni dei quali tre sono gli anni più recenti (2008, 2009 e 2010).

Figura 1.7: Serie delle anomalie di precipitazione cumulata media su tutto il territorio nazionale, rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 (valori percentuali)²⁵

Eventi estremi di precipitazione

L'analisi degli eventi estremi di precipitazione e la valutazione di eventuali segnali di variazione dell'intensità e della frequenza delle precipitazioni intense, necessitano di lunghe serie storiche di dati a elevata risoluzione temporale.

Partendo dalle precipitazioni massime giornaliere, è possibile ricostruire una mappa di questo indicatore su tutto il territorio nazionale, grazie all'elevata densità e all'ottima copertura spaziale dei dati storici disponibili, che si riferiscono in gran parte alla rete pluviometrica, dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

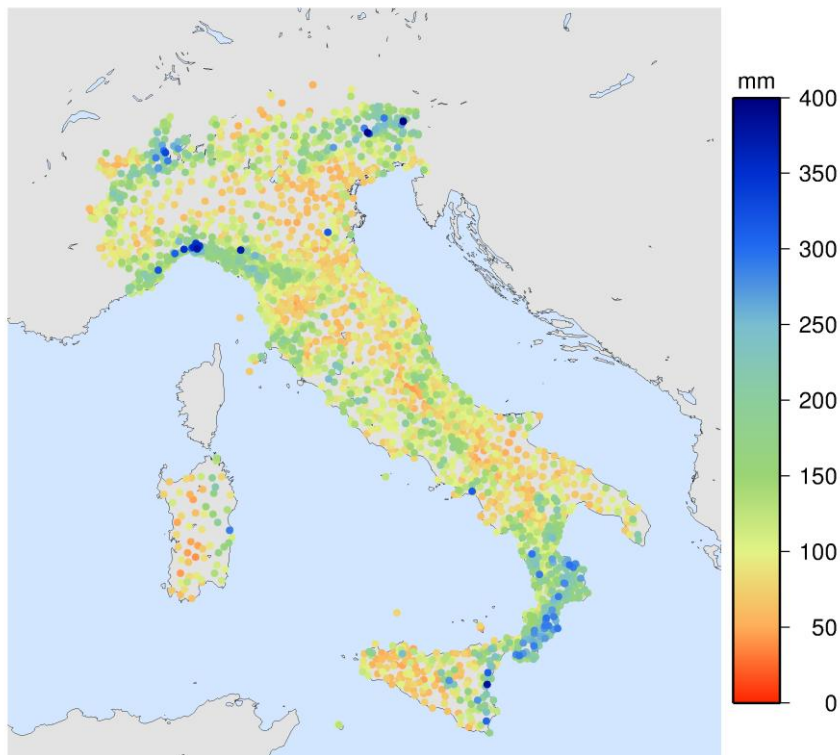
La Figura 1.8, mostra la distribuzione spaziale della precipitazione massima giornaliera nel periodo di riferimento 1951-1980, analoga a quella del periodo 1961-1990.

Va chiarito che per "massima giornaliera" si intende il massimo delle precipitazioni cumulate su intervalli fissi e separati di 24 ore e non quello su tutti gli intervalli di 24 ore a orario mobile.

Le precipitazioni massime giornaliere più intense si registrano in Liguria, Val d'Ossola, Alpi e Prealpi Carniche, Calabria e versante Jonico della Sicilia; i valori più elevati superano i 400 mm/giorno (per esempio in alcune stazioni della provincia di Genova), mentre i valori più frequenti nell'intero territorio nazionale sono compresi tra 50 e 200 mm/giorno.

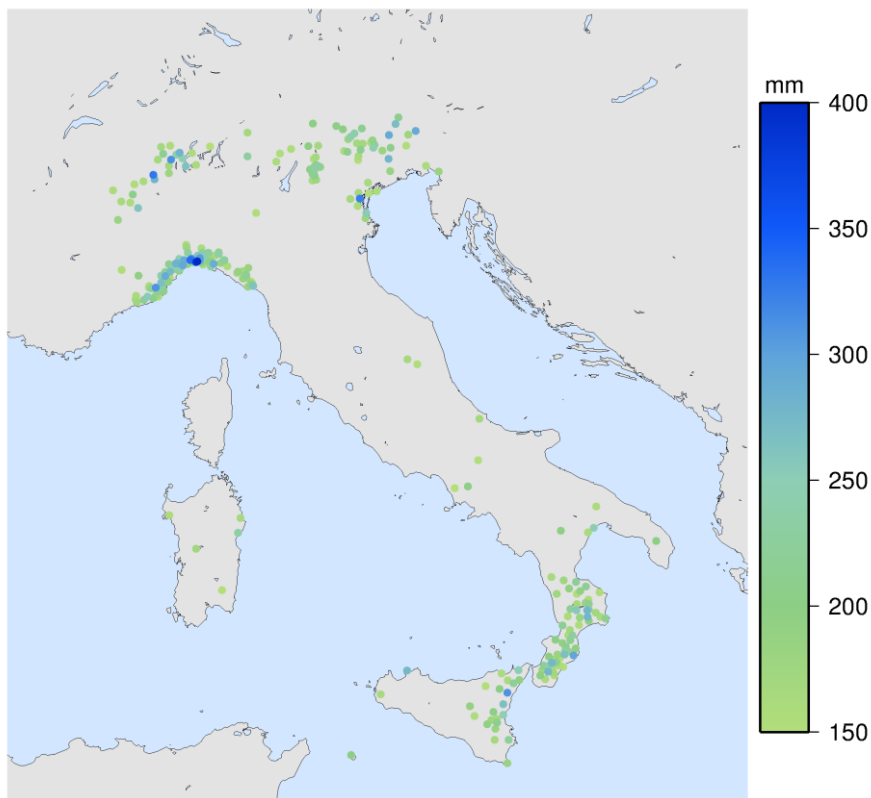
Le precipitazioni massime giornaliere più intense si registrano in Liguria, Val d'Ossola, Alpi e Prealpi Carniche, Calabria e versante Jonico della Sicilia; i valori più elevati superano i 400 mm/giorno, mentre i valori più frequenti sull'intero territorio nazionale sono compresi tra 50 e 200 mm/giorno.

²⁵ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle stazioni della rete sinottica e della rete regionale



Le precipitazioni massime giornaliere più intense si registrano in Liguria, Val d'Ossola, Alpi e Prealpi Carniche, Calabria e versante Jonico della Sicilia.

Figura 1.8: Precipitazioni massime giornaliere nel periodo climatologico di riferimento 1951-1980²⁶



Tra i 150 valori più elevati di precipitazioni massime giornaliere registrati nel decennio 2001-2010 i massimi si presentano in Liguria.

Figura 1.9: Precipitazioni massime giornaliere nel periodo 2001-2010 nelle stazioni con i valori più elevati²⁷

²⁶ Fonte: ISPRA

²⁷ Fonte: *Ibidem*

Per il periodo più recente, la densità e la copertura spaziale dei dati disponibili sono decisamente inferiori.

Tuttavia è possibile, partendo da un insieme comunque significativo di dati, estrarre e rappresentare graficamente i valori più elevati di precipitazione massima giornaliera.

I 150 valori più elevati rilevati nel decennio 2001-2010 sono rappresentati nella Figura 1.9.

I massimi si registrano in Liguria, in particolare: 411 mm presso la stazione di Santuario Monte Gazzo; 377 mm a Genova Pegli; 337 mm a Fiorino.

Da segnalare, inoltre, la misura di precipitazione massima nell'arco di 24 ore registrata a Brugnato durante il nubifragio che ha colpito la provincia della Spezia nel mese di ottobre 2011: 539 mm²⁸.

Per valutare l'andamento temporale delle precipitazioni massime giornaliere nel lungo periodo, l'analisi è necessariamente limitata alle serie temporali più complete, continue e aggiornate.

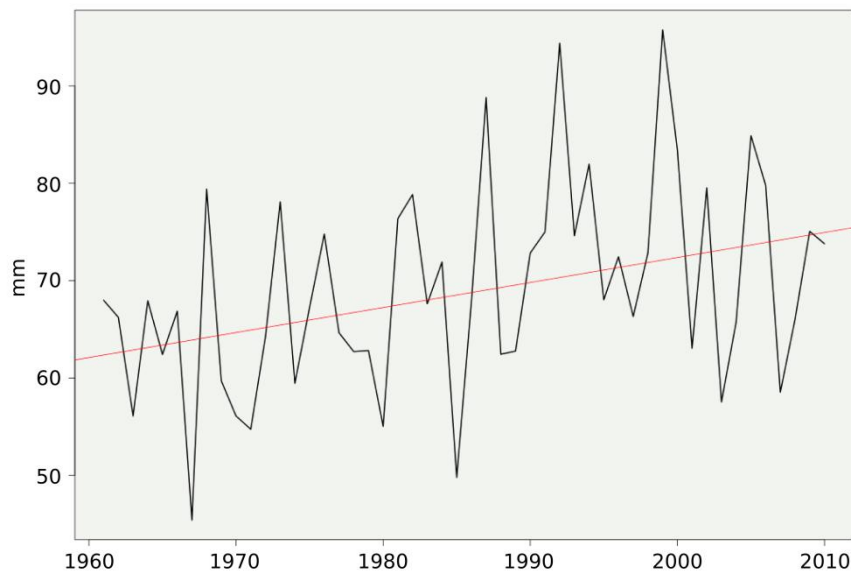
Dopo avere selezionato circa 40 stazioni con questi requisiti e aver definito tre *cluster* di stazioni relative ad altrettante aree geoclimatiche (Settentrione-bassa quota, Versante Tirrenico, Meridione e Sicilia), sono stati calcolati per ciascuna area i valori medi delle precipitazioni massime giornaliere per ciascun anno nel periodo 1951-2010.

I risultati indicano l'esistenza di un *trend* positivo (al livello di significatività del 5%) per le stazioni dell'Italia settentrionale, con un incremento medio di 26 mm/100 anni (Figura 1.10).

Per le altre due aree non si rilevano invece *trend* statisticamente significativi.

L'analisi, per valutare l'andamento temporale delle precipitazioni massime giornaliere nel lungo periodo, mostra l'esistenza di un trend positivo per le stazioni dell'Italia settentrionale.

²⁸ Arpa Liguria



L'analisi dell'andamento temporale delle precipitazioni massime giornaliere nel lungo periodo, mostra l'esistenza di un trend positivo per le stazioni dell'Italia settentrionale, con un incremento medio di 26 mm/100 anni.

Figura 1.10: Andamento delle precipitazioni massime giornaliere negli ultimi 50 anni. Valore medio su 12 stazioni a bassa quota dell'Italia settentrionale²⁹

Considerando le precipitazioni massime su intervalli di tempo più brevi (un'ora, sei ore e dodici ore), nelle Tabelle 1.1, 1.2 e 1.3 sono riportati i 50 valori massimi registrati nel decennio 2001-2010, partendo da una base dati che copre in maniera adeguata le seguenti regioni: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Marche, Sicilia.

I valori di precipitazione più intensa, estratti da questa base dati, sono di circa 165 mm/ora, 321 mm/6 ore e 337 mm/12 ore.

Anche in questo caso, vanno segnalate la misura di precipitazione massima su un'ora registrata a Vicomorasso (GE) il 4 novembre 2011 (181 mm) e le misure di precipitazione massima su 1, 6 e 12 ore registrate a Brugnato (SP) nel mese di ottobre 2011: 153 mm, 472 mm e 511 mm, rispettivamente³⁰.

²⁹ Fonte: ISPRA

³⁰ Arpa Liguria

Tabella 1.1: Precipitazioni massime cumulate su 1 ora (2001-2010)³¹

Regione	Stazione	Valore mm	Anno
PIEMONTE			
	Pallanza	92,2	2009
LOMBARDIA			
	Funivia Bernina - Chiesa Valma	161,2	2001
	Ponte Briolo - Valbrembo	88,8	2008
VENETO			
	Rosolina Po di Tramontana	98,2	2008
	Valle Averno	95,4	2007
	Agna	85,0	2009
	Feltre	79,0	2009
LIGURIA			
	Polanesi	146,0	2007
	Santuario Monte Gazzo	123,8	2010
	Lavagnola	117,6	2005
	Santuario di Savona	102,6	2005
	Madonna delle Grazie	100,2	2004
	Altare	99,4	2006
	Fiorino	99,0	2009
	Mele	96,8	2005
	Pero	96,2	2010
	Ellera (Ponte Poggi)	95,4	2005
	Romito Magra	95,0	2004
	Vicomorasso	92,8	2006
	Lerca	91,6	2010
	Genova-Pegli	90,8	2010
	Mele	90,8	2006
	Fiorino	90,6	2006
	Bargagli	90,0	2010
	Colonia Arnaldi	89,2	2010
	Righi	87,8	2008
	Colle Melogno	87,4	2005
	Sanda	85,2	2006
	Nasceto	84,4	2010
	Lerca	82,6	2005
	Piana Battolla	82,2	2009
	Passo del Turchino	82,2	2006
	Polanesi	80,0	2008
	Mele	79,8	2007
	Ceriana	79,6	2006
	Fiorino	79,2	2005
	Righi	78,4	2010
	Ranzo	78,4	2006
	SARDEGNA		
Orosei		87,8	2008
MARCHE			
	Visso	165,6	2008
	Montelupone	81,6	2006
BASILICATA			
	Terranova di Pollino	148,4	2007
	Tramutola	139,4	2007
	Grumento-Ponte La Marmora	106,2	2007
	S. Giuliano	105,8	2007
	Stigliano	98,4	2003
	Potenza	96,4	2003
	Potenza	92,2	2003
Grassano Scalo	92,2	2003	
SICILIA			
	Linguaglossa	86,0	2005

Il valore massimo di precipitazione cumulata su un'ora risultante da una base dati che copre le regioni: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Marche, Sicilia, è stato pari a 165,6 mm/ora registrato nelle Marche nel 2008.

³¹ Fonte: ISPRA

Tabella 1.2: Precipitazioni massime cumulate su 6 ore (2001-2010) ³²

Il valore massimo di precipitazione cumulata su 6 ore, risultante da una base dati che copre le regioni: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Marche, Sicilia, è stato pari a 321,2 mm/6 ore registrato in Liguria nel 2006.

Regione	Stazione	Valore mm	Anno
PIEMONTE	Pallanza	203,8	2009
	Oropa	174,0	2002
	Piedicavallo	166,4	2002
	Cicogna	161,8	2004
LOMBARDIA	Funivia Bernina - Chiesa Valma	166,6	2001
VENETO	Valle Averso	264,0	2007
	Feltre	205,0	2009
LIGURIA	Fiorino	321,2	2006
	Mele	283,4	2006
	Santuario Monte Gazzo	271,6	2010
	Genova-Pegli	269,4	2010
	Passo del Turchino	268,2	2006
	Ranzo	229,4	2006
	Pero	223,6	2006
	Bolzaneto-Trasta	216,2	2010
	Pontedecimo	213,6	2010
	Bargagli	203,2	2010
	Sanda	194,2	2006
	Passo del Turchino	191,4	2007
	Fiorino	188,6	2009
	Polanesi	187,4	2007
	Ellera (Ponte Poggi)	183,4	2005
	Mele	182,2	2007
	Montalto	182,0	2006
	Piampaludo	180,0	2006
	Santuario di Savona	179,4	2005
	Isoverde	179,4	2006
	Romito Magra	178,8	2004
	Busalla	177,2	2006
	Osiglia	173,4	2005
	Lerca	170,8	2010
	Colonia Arnaldi	170,4	2010
	Vicomorasso	169,4	2006
	Viganego	169,4	2010
	Pero	168,8	2010
	Isoverde	164,2	2010
	Valleregia	163,8	2010
	Colle Melogno	163,0	2005
	Mignanego	161,6	2010
Castelvecchio di R. B.	159,8	2006	
Alpicella	157,0	2006	
Madonna delle Grazie	155,8	2004	
SARDEGNA	Orosei	233,6	2008
	Siniscola	162,0	2008
MARCHE	Visso	167,2	2008
PUGLIA	Marina di Ginosa	207,0	2004
SICILIA	Linguaglossa	209,2	2005
	Linguaglossa	193,8	2008
	Fiumedinisi	185,4	2006
	Torregrotta	166,8	2010

³² Fonte: ISPRA

Tabella 1.3: Precipitazioni massime cumulate su 12 ore (2001-2010)³³

Regione	Stazione	Valore mm	Anno
PIEMONTE	Sambughetto	240,0	2002
	Pallanza	218,8	2009
	Cicogna	192,2	2004
LOMBARDIA	Ispra	238,6	2002
VENETO	Valle Averno	321,2	2007
	Feltre	211,0	2009
FRIULI-VENEZIA GIULIA	Chievolis	207,6	2010
	Enemonzo	203,8	2006
	Musi	195,3	2008
	Chievolis	187,7	2009
LIGURIA	Fiorino	337,4	2006
	Mele	318,6	2006
	Passo del Turchino	299,2	2006
	Santuario Monte Gazzo	271,6	2010
	Ranzo	270,2	2006
	Genova-Pegli	269,4	2010
	Pero	268,8	2010
	Passo del Turchino	261,2	2007
	Vicomorasso	249,2	2006
	Polanesi	228,4	2007
	Giacopiane Lago	227,4	2005
	Montalto	227,2	2006
	Pero	223,6	2006
	Busalla	223,4	2006
	Alpe di Vobbia	221,8	2002
	Loco Carchelli	219,4	2010
	Bolzaneto-Trasta	216,2	2010
	Fiorino	215,8	2009
	Pontedecimo	213,6	2010
	Piampaludo	209,8	2010
	Loco Carchelli	209,0	2009
	Osiglia	207,2	2005
	Mele	206,4	2007
	Castelvecchio di R. B.	206,4	2006
	Bargagli	204,4	2010
	Vicomorasso	201,8	2002
	Colle Melogno	197,6	2005
	Romito Magra	196,6	2004
	Sanda	194,2	2006
	Isoverde	194,0	2006
	Colle Melogno	191,0	2006
	Rovegno	187,2	2009
	Ceriana	186,6	2006
SARDEGNA			
	Orosei	233,6	2008
BASILICATA			
	Stigliano	196,8	2003
PUGLIA			
	Marina di Ginosa	245,0	2004
SICILIA			
	Torregrotta	251,2	2010
	Linguaglossa	209,4	2005
	Linguaglossa	202,4	2008
	Fiumedinisi	185,6	2006

Il valore massimo di precipitazione cumulata su 12 ore, risultante da una base dati che copre le regioni: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Marche, Sicilia, è stato pari a 337,4 mm/12 ore registrato in Liguria nel 2006.

³³ Fonte: ISPRA

Scenari climatici

Le proiezioni, basate sui sei scenari di emissione dell'IPCC per la fine del XXI secolo, indicano un aumento della temperatura globale da 1,8 a 4,0 °C nel periodo 2090-2099 rispetto al periodo 1980-1999³⁴.

Le proiezioni delle variazioni climatiche nei diversi scenari di emissione definiti dall'IPCC si ottengono attraverso i modelli climatici globali e regionali.

In generale, le simulazioni climatiche regionali hanno le condizioni al contorno fornite dal modello globale (*dynamical downscaling*); in particolare, le simulazioni prodotte dal Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC) attraverso il proprio sistema di modelli (CMCC-MED e CMCC-CLM) hanno raggiunto un'alta risoluzione orizzontale per aree specifiche della nostra penisola.

La simulazione dello scenario di clima futuro, effettuata con il modello climatico CMCC-MED seguendo il protocollo A1B dell'IPCC³⁵, per il XXI secolo indica che le variazioni della temperatura, a un'altezza dal suolo di due metri, per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1971-2000 sono dell'ordine dei 2 °C (Figura 1.13) con gradiente positivo andando verso Nord e picchi di oltre 5 °C, durante l'inverno, in Norvegia.

Per la stagione estiva il modello mostra variazioni di temperatura meno marcate con picchi non oltre i 3 °C nella zona Nord della Norvegia.

Per quanto riguarda le variazioni stimate per le precipitazioni nello scenario di clima futuro, il massimo dell'incremento si prevede per la Norvegia durante l'inverno (Figura 1.11) e una sensibile variazione percentuale, con *pattern* tendenzialmente positivi, si attende per il periodo estivo nella parte Sud del dominio, dove però le precipitazioni non sono abbondanti durante il periodo di riferimento (Figura 1.12).

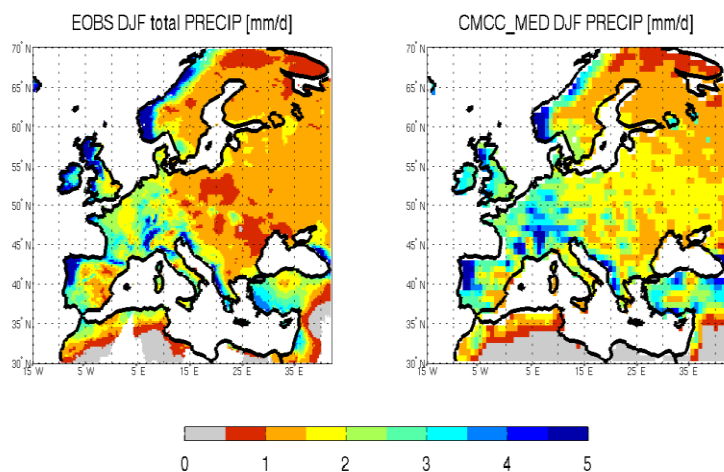
I risultati ottenuti dalla simulazione di scenario A1B mostrano un incremento medio di 2 °C in Italia con massimi fino a 3 °C sulle Alpi durante l'inverno.

Non si registrano, invece, variazioni di rilievo nelle precipitazioni sulla penisola italiana.

Le proiezioni, basate sui sei scenari di emissione dell'IPCC per la fine del XXI secolo, indicano un aumento della temperatura globale da 1,8 a 4,0 °C nel periodo 2090-2099 rispetto al periodo 1980-1999.

³⁴ IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – Fourth Assessment Report-WGI*

³⁵ http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php

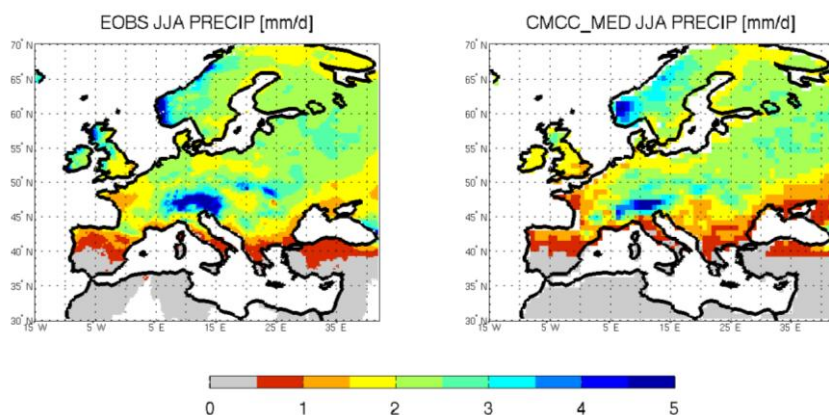


Per quanto riguarda le variazioni stimate per le precipitazioni nello scenario di clima futuro, il massimo dell'incremento si prevede per la Norvegia durante l'inverno.

Legenda:

DJF: dicembre, gennaio, febbraio - Periodo invernale
 mm/d: millimetri al giorno

Figura 1.11: Precipitazione totale nel periodo invernale come rappresentato dal modello (pannello di destra) e nelle osservazioni (pannello di sinistra). La climatologia è calcolata per il periodo 1971-2000³⁶



Per quanto riguarda le variazioni stimate per le precipitazioni nello scenario di clima futuro, si attende una sensibile variazione percentuale, con pattern tendenzialmente positivi, per il periodo estivo nella parte Sud del dominio, dove però le precipitazioni non sono abbondanti durante il periodo di riferimento.

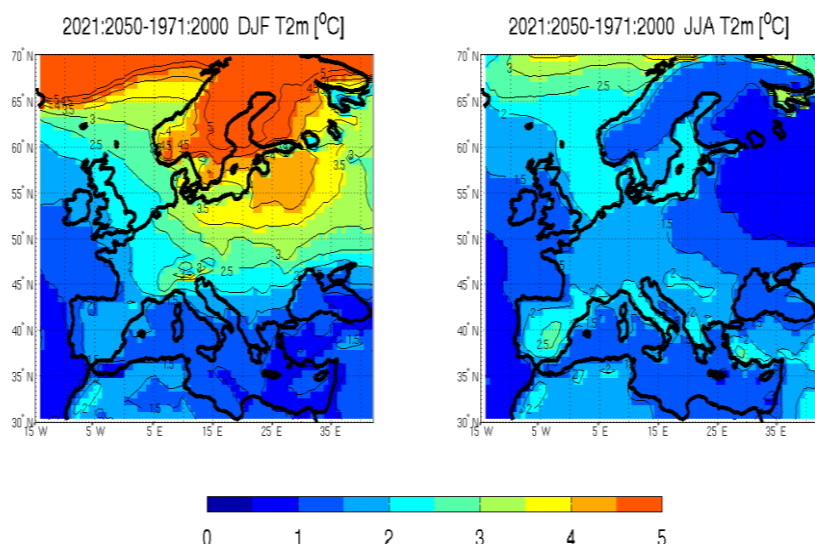
Legenda:

JJA: giugno, luglio, agosto - Periodo estivo
 mm/d: millimetri al giorno (unità di misura)

Figura 1.12: Precipitazione totale nel periodo estivo come rappresentato dal modello (pannello di destra) e nelle osservazioni (pannello di sinistra). La climatologia è calcolata per il periodo 1971-2000³⁷

³⁶ Fonte: CMCC

³⁷ Fonte: *Ibidem*



Legenda:

DJF: dicembre, gennaio, febbraio - Periodo invernale

JJA: giugno, luglio, agosto - Periodo estivo

°C: grado Celsius

Nota:

Il periodo di riferimento per il clima futuro è il 2021-2050

Il periodo di riferimento per il clima presente è il 1971- 2000

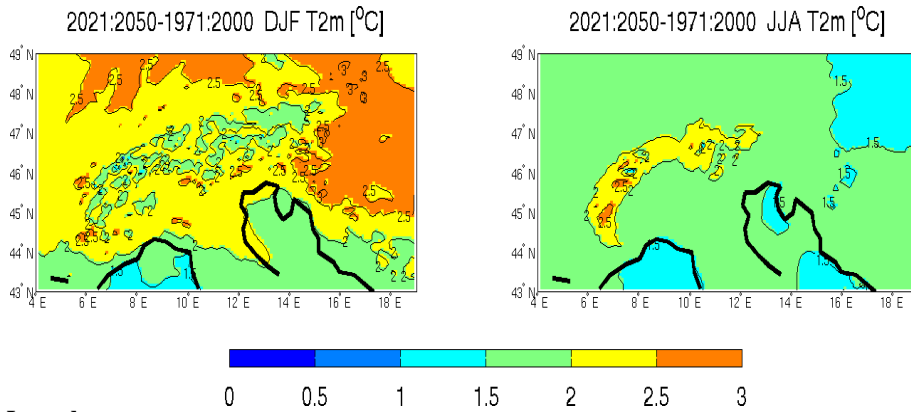
Figura 1.13: Variazione della temperatura dell'aria, a un'altezza dal suolo di due metri, in uno scenario di clima futuro (A1B) come rappresentato dal modello durante l'inverno (pannello di sinistra) e durante l'estate (pannello di destra)³⁸

La simulazione di scenario di clima futuro per il XXI secolo indica che le variazioni della temperatura, a un'altezza dal suolo di due metri, per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1971-2000, sono dell'ordine dei 2°C con gradiente positivo andando verso Nord e picchi di oltre 5 °C, durante l'inverno, in Norvegia. Per la stagione estiva il modello mostra variazioni di temperatura meno marcate, con picchi non oltre i 3 °C nella zona Nord della Norvegia.

Il modello climatico regionale CMCC-CLM³⁹ rappresenta la versione climatologica del modello meteorologico ad area limitata *Lokal Model*, sviluppato all'interno del consorzio internazionale COSMO (*Consortium for Small-Scale MOdeling*). CMCC-CLM è stato utilizzato, con risoluzione di 8 km, per produrre una climatologia del clima presente (dal 1971 al 2000) e per la stessa simulazione di scenario effettuata tramite il modello globale CMCC-MED (A1B, periodo 2021-2050).

³⁸ Fonte: CMCC

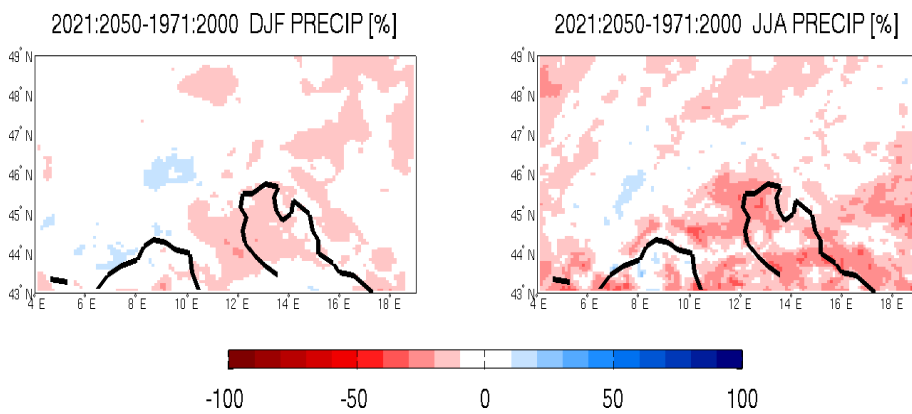
³⁹ Rockel, B., A. Will, and A. Hense, 2008: *The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM)*. Meteor. Z, 17, 347-348; <http://www.cosmo-model.org>



Il segnale di cambiamento climatico - espresso in termini di differenza tra le medie climatologiche per la temperatura a 2m - è caratterizzato da un aumento sia nella stagione estiva sia in quella invernale.

Legenda:
 DJF: dicembre, gennaio, febbraio - Periodo invernale
 JJA: giugno, luglio, agosto - Periodo estivo
 °C: grado Celsius (unità di misura)

Figura 1.14: Segnale di cambiamento climatico – espresso in termini di differenza tra le medie climatologiche per la temperatura a 2m tra i periodi 2021-2050 e 1971-2000; nella stagione invernale (pannello di sinistra) e nella stagione estiva (pannello di destra) – Nord Italia, arco alpino⁴⁰



Il segnale di cambiamento climatico nel periodo invernale - espresso in termini di differenza percentuale per la precipitazione cumulata giornaliera - è caratterizzato da variazioni percentuali assai limitate, comprese tra il 10 e il 20% e quantificabili in non più di 0,3-0,4 mm/d., mentre la precipitazione estiva sembra ancor meno sensibile al cambiamento della composizione dell'atmosfera nel clima futuro.

Legenda:
 DJF: dicembre, gennaio, febbraio - Periodo invernale
 JJA: giugno, luglio, agosto - Periodo estivo

Figura 1.15: Segnale di cambiamento climatico - espresso in termini di differenza percentuale della precipitazione cumulata giornaliera tra i trentenni 2021-2050 e 1971-2000, nella stagione invernale (pannello di sinistra) nella stagione estiva (pannello di destra) – Nord Italia, arco alpino⁴¹

⁴⁰ Fonte: COSMO

⁴¹ Fonte: *Ibidem*

Il segnale di cambiamento climatico viene valutato confrontando la simulazione del clima presente con quella dello scenario A1B ed è espresso in termini di differenza tra medie climatologiche per la temperatura a 2m e in termini di differenza percentuale per la precipitazione cumulata giornaliera.

Per quanto riguarda la temperatura a 2m (Figura 1.14), il segnale di cambiamento climatico è caratterizzato da un aumento sia nella stagione estiva (pannello di destra) sia in quella invernale (pannello di sinistra), ma assai più marcato in quest'ultima, con valori mediamente compresi tra 2 e 3 °C sulle aree pianeggianti e tra 1,5 °C e 2 °C in quelle montuose più elevate.

L'area più sensibile al cambiamento climatico nella stagione invernale risulta la parte più orientale del dominio, corrispondente a Ungheria, Slovenia, Croazia e parte della Bosnia Erzegovina con valori che raggiungono o superano i 3 °C.

Tale segnale è meno intenso nella stagione estiva, più marcato sull'arco alpino (mediamente intorno ai 2,5 °C, probabilmente legato allo scioglimento dei ghiacciai) e meno sulle regioni pianeggianti (un valore medio compreso tra 1,5 e 2 °C).

Per quanto riguarda la precipitazione nella stagione invernale (Figura 1.15 - pannello di sinistra), il segnale di cambiamento climatico è caratterizzato da variazioni in termini percentuali assai limitate, comprese tra il 10 e il 20% e quantificabili in non più di 0,3-0,4 mm/d.

La precipitazione estiva (pannello di destra) sembra ancor meno sensibile al cambiamento della composizione dell'atmosfera nel clima futuro rappresentato dallo scenario A1B.

La maggior parte del dominio sembra caratterizzata da una diminuzione della precipitazione, con variazioni percentuali che raggiungono anche il 30% in zone dove, tuttavia, il suo valore di riferimento è molto modesto.

Il segnale di cambiamento climatico - espresso in termini di differenza tra le medie climatologiche per la temperatura a 2m - è caratterizzato da un aumento sia nella stagione estiva sia in quella invernale. Invece, il segnale di cambiamento climatico nel periodo invernale - espresso in termini di differenza percentuale per la precipitazione accumulata giornaliera - è caratterizzato da variazioni percentuali assai limitate.

Impatti e vulnerabilità

Livello globale

Il quadro degli impatti dei cambiamenti climatici ad oggi osservati a livello globale, così come esso può essere ricostruito a partire dalla letteratura scientifica più recente, non differisce sostanzialmente da quello presentato nell'edizione 2009 di Tematiche in primo piano, a sua volta basato sulle conclusioni del Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (2007).

Con la pubblicazione del Rapporto SREX, quest'anno l'IPCC ha dato particolare rilievo alla questione degli eventi estremi e alle loro conseguenze⁴². Come dimostrano le recenti inondazioni in Thailandia, la siccità nel Corno d'Africa e le inondazioni dei fiumi Mississippi e Missouri, le conseguenze degli eventi estremi sono molto costose, sia in termini di perdita di vite umane sia di danni economici. Tali perdite variano di anno in anno e di luogo in luogo, ma si può affermare con un elevato livello di confidenza, che nel complesso siano aumentate, anche a seguito del crescente numero di persone e infrastrutture maggiormente esposte. I Paesi in via di sviluppo sono i più colpiti: dal 1970 al 2008, più del 95% di morti per disastri naturali è stato registrato proprio in tali aree. Adattamento e gestione del rischio possono migliorare la resilienza dei sistemi rispetto al cambiamento climatico: esistono infatti misure che possono essere adottate per gestire il rischio associato agli eventi estremi. Nella progettazione di tali misure dovranno essere considerati gli aspetti relativi all'esposizione e alla vulnerabilità dei sistemi ai cambiamenti climatici, in quanto gli impatti non si produrranno ovunque allo stesso modo: un ciclone che colpisce l'Australia non avrà, infatti, lo stesso impatto di un ciclone di simile entità che colpisce il Bangladesh.

Le conseguenze degli eventi estremi sono molto costose, sia in termini di perdita di vite umane sia di danni economici. I Paesi in via di sviluppo sono i più colpiti.

Italia

Dai risultati dell'ultimo rapporto IPCC la regione mediterranea, e il nostro Paese che ne fa parte, risulta tra le aree più sensibili ai cambiamenti climatici. Già oggi in quest'area, infatti, si possono osservare gli effetti prodotti dai cambiamenti climatici che, insieme alle conseguenze derivanti dagli *stress* antropici sul territorio e sulle sue risorse, rendono la regione una tra le più vulnerabili in Europa.

La regione mediterranea, e il nostro Paese che ne fa parte, risulta tra le aree più sensibili ai cambiamenti climatici.

In particolare, e in linea con quanto descritto nel Rapporto SREX dell'IPCC, negli anni più recenti gli eventi estremi sono diventati una presenza ricorrente nel nostro Paese, con ripercussioni talvolta anche molto drammatiche, come dimostrano i tragici eventi verificatisi da Genova alla Lunigiana, dalle Cinque Terre a Messina.

A distanza di pochi giorni, tra fine ottobre e inizio novembre 2011, infatti, prima nel levante ligure (Bacino del Vara e Cinque Terre) e in Lunigiana (Bacino del Magra), poi nella città di Genova (Bacini del Bisagno e del Fereggiano), si sono registrati picchi di precipitazioni anche superiori ai 450 mm in poche ore e fenomeni di piena che hanno causato, complessivamente, la perdita di ben 19 vite umane e un danno complessivo stimato in circa 640 milioni di euro. Quattro sono state, invece, le vittime dei movimenti franosi complessi che hanno colpito il Messinese e la Calabria a fine novembre 2011, a seguito di intensi fenomeni meteorici.

⁴² IPCC, 2011: *Summary for Policymakers*. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C. B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S., Tignor, M. and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

A distanza di pochi giorni, tra fine ottobre e inizio novembre 2011, infatti, prima nel levante ligure (Bacino del Vara e Cinque Terre) e in Lunigiana (Bacino del Magra), poi nella città di Genova (Bacini del Bisagno e del Fereggiano), si sono registrati picchi di precipitazioni anche superiori ai 450 mm in poche ore e fenomeni di piena che hanno causato, complessivamente, la perdita di ben 19 vite umane e un danno complessivo stimato in circa 640 milioni di euro. Quattro sono state, invece, le vittime dei movimenti franosi complessi che hanno colpito il Messinese e la Calabria a fine novembre 2011, a seguito di intensi fenomeni meteorici.

I dati relativi alle vittime degli eventi alluvionali nel periodo 1951-2011 mostrano per gli anni 2008, 2009 e 2011 un *trend* in aumento, con l'interruzione del precedente *trend* in diminuzione (anni 2001-2007)⁴³.

Fenomeni meteorici intensi possono essere causa di eventi franosi di notevole entità, ai quali il nostro territorio risulta essere particolarmente esposto. In Italia le frane rappresentano, infatti, la tipologia più frequente di disastro naturale responsabile, dopo i terremoti, del più elevato numero di vittime.

Nel corso del 2011 sono stati registrati 70 eventi franosi importanti, che hanno causato complessivamente 18 vittime, oltre un migliaio di persone evacuate con ordinanza di sgombero e ingenti danni alla rete autostradale, stradale e ferroviaria. Le regioni Liguria, Calabria e Sicilia risultano tra le aree maggiormente colpite⁴⁴.

Nonostante allo stato attuale sia piuttosto difficoltosa la valutazione del *trend* degli eventi alluvionali e franosi, si può affermare in generale che il dissesto idrogeologico del nostro Paese costituisca una delle maggiori problematiche connesse alla sicurezza della popolazione e ai danni alle aree residenziali e alle infrastrutture.

In un clima che cambia e che, come illustrato nei rapporti IPCC ed evidenziato dalle proiezioni dei modelli climatici, porterà l'area del Mediterraneo a dover affrontare sempre più frequentemente le onde di calore, una riduzione delle riserve nivo-glaciali, un incremento del rischio di eventi estremi quali alluvioni e siccità, e una perdita di biodiversità terrestre e marina, con ripercussioni in termini socio-economici nei settori dell'energia, dell'agricoltura, del turismo e dei trasporti, l'adattamento e la gestione del rischio rivestiranno un'importanza sempre più rilevante.

Se nelle epoche passate la mancanza di adeguate tecnologie ha indotto a considerare inevitabili gli effetti di tali eventi e i loro costi economici, è quanto mai doveroso oggi migliorare la nostra capacità di prevederne l'intensità, le tendenze in atto e future, e indirizzare opportune misure a migliorare la resilienza dei sistemi rispetto ai cambiamenti climatici. Tutto ciò consentirebbe di conseguire l'ambito obiettivo di assicurare al nostro territorio uno sviluppo sostenibile ed evitare di pagare un prezzo troppo elevato in termini di danni ambientali, perdita di vite umane e costi economici.

⁴³ Per ulteriori dettagli si veda il Capitolo "Pericolosità di origine naturale"

⁴⁴ *Ibidem*

Le pressioni sul sistema climatico

Le emissioni di gas serra in Italia

Pur senza trascurare gli effetti dei fenomeni naturali come la variabilità dell'intensità della radiazione solare, la stragrande maggioranza della comunità scientifica è convinta che “*ci sono elementi nuovi e più significativi*” per ritenere che “*gran parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni sia attribuibile alle attività umane*”⁴⁵; tali risultati sono stati ampiamente confermati dal Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, che ha ribadito che “*il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile*” e, con un “*livello di confidenza molto alto*”, ha indicato le attività umane quali cause di tale riscaldamento⁴⁶.

Gran parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane.

Per quanto riguarda la CO₂, il principale gas serra, la concentrazione atmosferica media globale è cresciuta da 280 ppm nel periodo 1000-1750 a 389 ppm nel 2010⁴⁷. Dal periodo preindustriale al 2009 è stata registrata una crescita delle emissioni annue di anidride carbonica da circa zero a 30,8 miliardi di tonnellate, tenendo conto esclusivamente delle emissioni provenienti dall'utilizzo dei combustibili fossili nei processi di combustione e nella produzione del cemento⁴⁸. Secondo le valutazioni IPCC sul ciclo del carbonio, dal 1750 al 2000 sono stati estratti dal sottosuolo e bruciati combustibili fossili pari a circa 390 miliardi di tonnellate di carbonio, che hanno, a loro volta, prodotto circa 1.400 miliardi di tonnellate di anidride carbonica. Il 57% di questa quantità è stata assorbita dagli oceani (in parte disciolta in acqua e in parte assorbita dal fitoplancton) e dalla vegetazione terrestre (attraverso la fotosintesi clorofilliana e i *sinks* forestali). Il rimanente 43% è, invece, rimasto nell'aria producendo un incremento della concentrazioni di anidride carbonica fino a un valore che è il più alto degli ultimi 650 mila anni e, probabilmente, anche degli ultimi 20 milioni di anni. Anche per altri gas serra, come il metano, il protossido di azoto e i fluorocarburi, si registrano andamenti analoghi, se non ancora più accentuati. La crisi economica globale che ha sconvolto, dal 2008, i mercati economici ed energetici, ha avuto nel 2009 effetti limitati sull'andamento delle emissioni di gas serra a livello globale. Se è vero, infatti, che le emissioni di CO₂ proveniente dall'uso dei combustibili fossili sono diminuite in un certo numero di Paesi industrializzati (-6,9% negli Stati Uniti, -8,6% nel Regno Unito, -7% in Germania, -11,8% in Giappone, -8,4% in Russia), hanno continuato, invece, a crescere nei Paesi emergenti (+8% in Cina, +6,2% in India, +1,4% nella Corea del Sud). A fronte, quindi, di un calo delle emissioni dell'1,3% rispetto al 2008 a livello globale, l'incremento medio annuo a partire dal 2000 è rimasto intorno al 2,5% e l'incremento previsto per il 2010 dovrebbe aver superato il 3%.

⁴⁵ IPCC, 2001, *Climate Change 2001 – Synthesis Report*

⁴⁶ IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – WG-I, WG-II, WG-III, Technical summary*

⁴⁷ <http://oco.jpl.nasa.gov/science/>

⁴⁸ Global Carbon Project, 2010, *Carbon budget and trends 2009*.

In Italia il *trend* delle emissioni di gas serra è in linea con quello dei principali Paesi industrializzati.

Le emissioni del 2009 presentano un declino rispetto all'anno precedente pari a 9,2%⁴⁹, seguito da una ripresa nel 2010.

I dati dell'Inventario nazionale delle emissioni di gas serra mostrano che le emissioni sono passate da 519,25 a 501,32 milioni di tonnellate di CO₂eq nel periodo 1990-2010, con un decremento del 3,5%, mentre secondo il **Protocollo di Kyoto** l'Italia dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori rispetto alle emissioni del 1990, ossia a 483,26 Mt CO₂eq.

A livello globale, nel 2009, l'Italia è responsabile di non più dell'1,34% delle emissioni complessive provenienti dall'uso dei combustibili fossili, occupando la 14^{ma} posizione tra i Paesi con i maggiori livelli di emissioni di gas serra⁵⁰.

Dal 1990 al 2010, le emissioni di gas serra in Italia sono passate da 519,25 a 501,32 Mt CO₂eq, con un decremento del 3,5%.

L'Italia, in base al Protocollo di Kyoto, dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori rispetto alle emissioni del 1990, ossia a 483,3 Mt CO₂eq.

Tra il 1990 e il 2010, le emissioni di gas serra in Italia sono diminuite complessivamente di 17,93 milioni di tonnellate di anidride carbonica equivalente (Mt CO₂eq). In questo periodo, si sono ridotte le emissioni da quasi tutti i settori, eccetto il settore dei trasporti e il settore residenziale e dei servizi le cui emissioni aumentano, rispettivamente di 15,32 Mt CO₂eq e 15,81 Mt CO₂eq. Le emissioni fuggitive, dovute a perdite accidentali durante le fasi di estrazione e distribuzione degli idrocarburi, diminuiscono di 3,35 Mt CO₂eq, quelle provenienti dall'industria manifatturiera di 25,95 Mt CO₂eq, nel settore dell'agricoltura si osserva un riduzione di 7 Mt CO₂eq, per l'uso di solventi la flessione è di 0,80 Mt CO₂eq, per i processi industriali di 6,43 Mt CO₂eq e per i rifiuti di 1,60 Mt CO₂eq, infine le emissioni dalle industrie energetiche diminuiscono di 3,96 Mt CO₂eq. A partire dal 1990, le emissioni nazionali presentano un andamento crescente, con un'inversione di tendenza a partire dal 2005 accelerata dalla crisi economica e una ripresa delle emissioni nel 2010 rispetto all'anno precedente.

Tabella 1.4: Emissioni di gas serra per settore⁵¹

Settore	2008	2009	2010	2009-2010
	Mt CO ₂ eq			Var %
Industrie energetiche	156,92	131,78	133,25	1,12%
Emissioni fuggitive	7,35	7,13	7,43	4,16%
Industria manifatturiera	72,44	55,97	61,37	9,65%
Trasporti	124,62	120,30	119,52	-0,65%
Residenziali e servizi	88,00	90,33	94,15	4,23%
Processi industriali	35,64	30,87	31,96	3,54%
Uso di solventi	1,95	1,81	1,66	-8,62%
Agricoltura	36,01	34,78	33,74	-2,97%
Rifiuti	18,66	18,56	18,23	-1,77%
TOTALE	541,59	491,53	501,32	1,99%

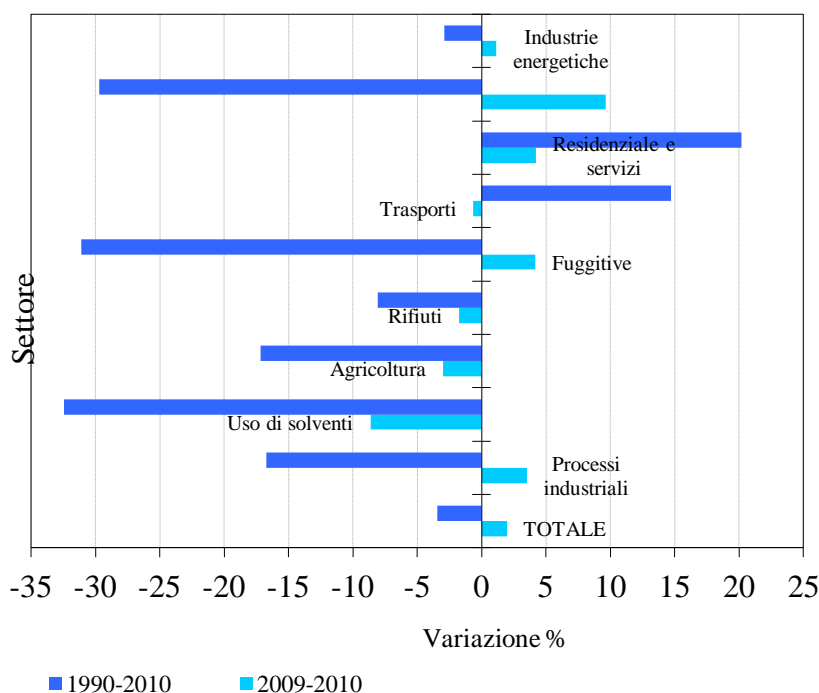
Nel 2010, l'incremento delle emissioni rispetto all'anno precedente è stato di 9,79 Mt CO₂eq (+1,99%) con andamenti di diverso segno per i vari settori.

⁴⁹ ISPRA, 2012, *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2010*. National Inventory Report 2012

⁵⁰ IEA, 2011, *CO₂ emissions from fuel combustion. Highlights*. (1971-2009 data)

⁵¹ Fonte: ISPRA

Complessivamente, nel 2010, l'incremento delle emissioni rispetto all'anno precedente è stato di 9,79 Mt CO₂eq (+1,99%) con andamenti di diverso segno per i vari settori (Figura 1.16).



Tra il 1990 e il 2010, sono aumentate le emissioni provenienti dal settore residenziale e dei servizi e, soprattutto, quelle provenienti dai trasporti.

Figura 1.16: Variazione percentuale delle emissioni di gas serra per settore SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) per il 2010 confrontato con l'anno precedente e con il 1990⁵²

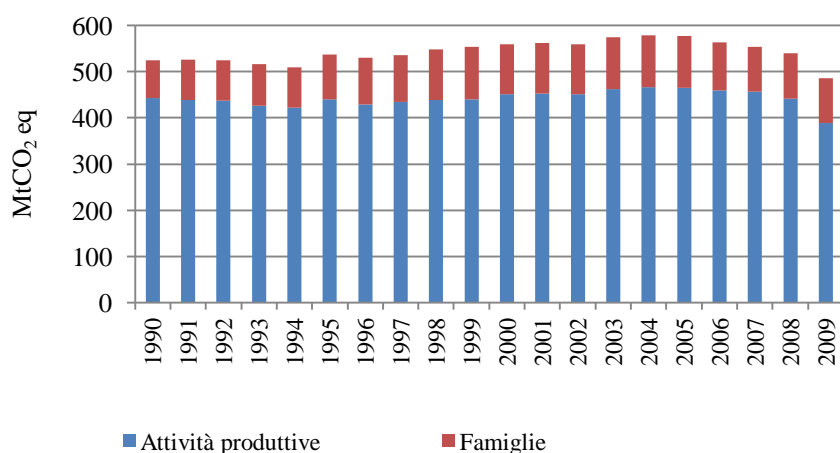
⁵² Fonte: ISPRA

Le emissioni dei gas serra dell'economia italiana in relazione alla produzione e ai consumi

Per fornire un utile supporto conoscitivo alle politiche in materia di produzione e consumo sostenibili occorre rappresentare in modo statisticamente coerente la produzione e il consumo, cioè i “fattori di pressione” nella terminologia dello schema DPSIR, e le pressioni da essi esercitate. Per questo motivo le analisi presentate in questa parte del capitolo utilizzano i dati sulle emissioni dei gas serra delle attività economiche italiane del conto satellite NAMEA (*National Accounting Matrix Including Environmental Accounts*)⁵³. Tali dati, che per costruzione consentono il confronto tra gli aggregati economici e le pressioni che il sistema economico esercita sull'ambiente naturale, non sono direttamente confrontabili con i dati stimati in ambito UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate*).

Nel 2009 le attività produttive hanno generato l'80% delle emissioni di gas serra, pari a 388,3 Mt CO₂eq (Figura 1.17). La parte restante (97,9 Mt CO₂eq) deriva dalle attività di consumo delle famiglie, soprattutto l'uso di combustibili per il trasporto privato e per il riscaldamento⁵⁴.

Nel 2009 le attività produttive hanno generato l'80% delle emissioni di gas serra, la parte restante deriva dalle attività di consumo delle famiglie.



Dal 1990 al 2009 le emissioni di gas serra generate dalle famiglie aumentano del 20%, mentre quelle di cui sono responsabili le attività produttive decrescono del 12%.

Figura 1.17: Emissioni di gas serra delle attività produttive e delle famiglie in Italia⁵⁵

Dal 1990 al 2009, le emissioni di gas serra generate dalle famiglie aumentano del 20%, mentre quelle di cui sono responsabili le attività produttive decrescono del 12%.

Le emissioni delle famiglie sono caratterizzate da andamenti differenti delle due componenti principali (riscaldamento e trasporto).

Le emissioni di gas serra prodotte dal trasporto privato delle famiglie raddoppiano nel corso degli anni

⁵³ Per un inquadramento generale e sugli ultimi sviluppi del conto Namea si veda: Tudini A., Vetrella G. (2011) *From Pioneer Work to Regulation and Beyond*, in Hybrid Economic-Environmental Accounts, a cura di V. Costantini, M. Mazzanti, A. Montini. Routledge

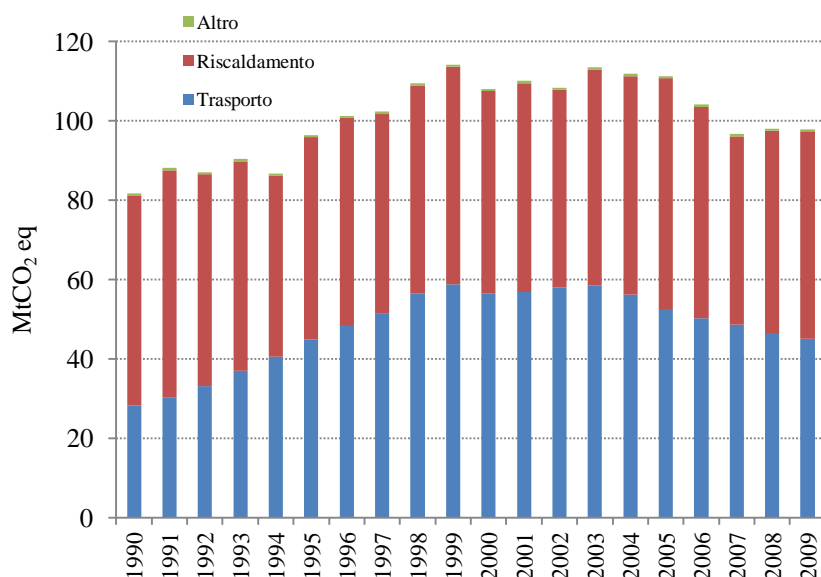
⁵⁴ Le famiglie generano emissioni atmosferiche attraverso l'uso di combustibile per il trasporto privato e per il giardinaggio, per il riscaldamento e gli usi di cucina e mediante l'uso di solventi e vernici

⁵⁵ Fonte: ISTAT

La Figura 1.18 mostra che le emissioni di gas serra prodotte dal trasporto privato delle famiglie raddoppiano nel corso degli anni '90, stabili fino al 2003 e, a partire da tale anno, invertono la tendenza di crescita, riducendosi del 23% nel periodo 2003-2009; la crescita complessiva lungo l'intero periodo è del 59%.

Il riscaldamento, al contrario, resta sostanzialmente costante nel periodo 1990-2009 (con una quota media del periodo del 52%).

'90, stabili fino al 2003 e, a partire da tale anno, invertono la tendenza di crescita. Il riscaldamento, al contrario, resta sostanzialmente costante nel periodo 1990-2009.



Le emissioni di gas serra prodotte dal trasporto privato delle famiglie raddoppiano nel corso degli anni '90, stabili fino al 2003 e, a partire da tale anno, invertono la tendenza di crescita. Il riscaldamento, al contrario, resta sostanzialmente costante nel periodo 1990-2009.

Figura 1.18: Emissioni di gas serra delle famiglie per tipo di consumo in Italia⁵⁶

Le emissioni di gas serra generate dalle attività produttive hanno raggiunto negli anni 2004 e 2005 i valori più elevati dell'intero periodo considerato.

A partire da questi anni è iniziata una diminuzione delle emissioni, prima lenta (2005-2007), poi progressivamente più pronunciata; negli anni 2007-2008 e 2008-2009 si registrano, infatti, riduzioni di 3 e 12 punti percentuali, a causa della concomitante riduzione della produzione (-2 e -8 punti percentuali, rispettivamente nel 2007-2008 e nel 2008-2009).

Quest'ultimo dato porta a leggere l'indicatore di intensità emissiva del sistema produttivo con cautela, soprattutto nel breve periodo.

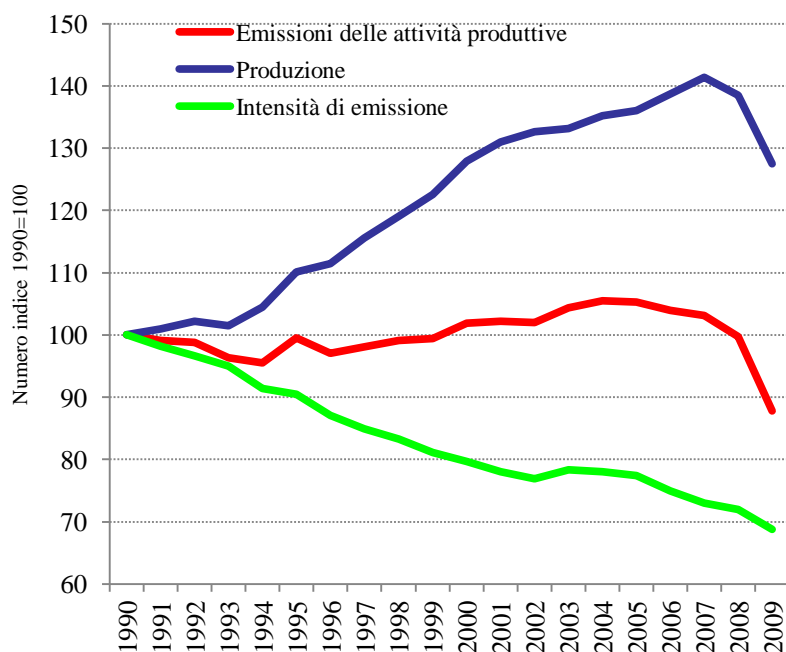
In generale, in Italia dal 1990 al 2009 l'intensità di emissione dei gas serra per euro prodotto presenta un chiaro e costante andamento decrescente.

Gli incrementi di efficienza nell'arco di questi venti anni trovano una spiegazione nell'utilizzo di impianti per la produzione di energia elettrica tecnologicamente più avanzati e alimentati con combustibili

Le emissioni di gas serra generate dalle attività produttive hanno raggiunto negli anni 2004 e 2005 i valori più elevati dell'intero periodo considerato (1990-2009).

⁵⁶ Fonte: ISTAT

meno inquinanti, nella contemporanea crescita dei servizi⁵⁷ (la cui quota produttiva aumenta di 7 punti percentuali nel periodo, raggiungendo nel 2009 la quota del 36% sul totale della produzione italiana) e nella delocalizzazione di parte dell'industria pesante.



In Italia, dal 1990 al 2009, l'intensità di emissione dei gas serra per euro prodotto presenta un chiaro e costante andamento decrescente.

Legenda:

produzione a prezzi base, valori concatenati

Figura 1.19: Produzione ed emissioni di gas serra delle attività produttive in Italia⁵⁸

L'analisi, presentata nella Tabella 1.5, mostra per le dieci attività produttive più inquinanti il singolo contributo alle emissioni di gas serra, mettendone a confronto i profili economici e ambientali.

Le prime dieci attività generano l'83% delle emissioni di gas serra del sistema produttivo italiano, ma rappresentano solo il 33% del valore della produzione complessiva.

Alla "Produzione e distribuzione di energia elettrica e di gas" si deve più del 30% delle emissioni, tale attività è direttamente responsabile della produzione di tutta l'energia elettrica distribuita nel Paese e utilizzata dalle attività produttive e dalle famiglie; la rilevanza del contributo alle emissioni a fronte di una quota sulla produzione del 3% si spiega con le modalità di produzione di energia elettrica in Italia, cioè con l'uso ancora prevalente dei combustibili fossili.

Nel periodo 2000-2008, l'intensità emissiva di questa attività diminuisce di 16 punti percentuali.

Le attività "Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi" e "Agricoltura, caccia e servizi connessi" presentano entrambe una quota sulle emissioni totali di gas serra pari a circa il 10% e una quota sulla produzione intorno all'1,5%; l'intensità di

Le prime dieci attività produttive più inquinanti generano l'83% delle emissioni di gas serra del sistema produttivo italiano, ma rappresentano solo il 33% del valore della produzione complessiva.

⁵⁷ Si tratta delle attività di "Intermediazione monetaria e finanziaria; attività immobiliari ed imprenditoriali" e "Altre attività di servizi"

⁵⁸ Fonte: ISTAT

emissione di queste attività si riduce dal 2000 al 2008 in misura diversa: -3% per “Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi” e -8% per le attività agricole.

Tabella 1.5: Contributo alle emissioni di gas serra italiane e corrispondente contributo alla produzione e intensità di emissione della produzione delle dieci maggiori attività produttive (2008)⁵⁹

Ranking	Codice Ateco 2002	Descrizione attività	Quota di emissioni	Quota di produzione	Intensità di emissione	
					2000	2008
			%		tCO2 eq per milioni di €	
3	01	Agricoltura, caccia e servizi connessi	10,1	1,6	1.081	994
10	15	Industrie alimentari e delle bevande	2,4	3,8	89	108
4	23	Fabbricazione di coke, raffinerie di petrolio, combustibili nucleari	6,0	2,0	892	880
9	24	Fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche e artificiali	3,7	2,5	378	244
2	26	Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	10,7	1,4	1.334	1.292
7	27	Metallurgia	4,5	1,9	493	542
1	40	Produzione e distribuzione di energia elettrica, di gas, di calore	31,0	3,0	2.687	2.256
8	50-52	Commercio	4,0	12,5	56	54
5	60	Trasporti terrestri, trasporti mediante condotte	5,8	3,7	249	279
6	90	Smaltimento rifiuti, fognature e servizi similari	4,7	0,6	1.698	1.404
		Altre attività	17,1	67,1		

Nota:

L'aggregato economico è valutato a valori concatenati con anno di riferimento 2000

Le quote di emissione delle dieci attività presentate in tabella restano sostanzialmente invariate dal 1990 al 2009. Si è scelto l'anno 2008 per la disponibilità di dati economici a un livello di disaggregazione maggiore rispetto al 2009

Le altre attività manifatturiere con una quota importante delle emissioni totali di gas serra sono “Fabbricazione di coke, raffinerie di petrolio, combustibili nucleari”, “Metallurgia”, “Fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche e artificiali” e “Industrie alimentari e delle bevande” (16,6%).

L'intensità di emissione della produzione decresce solo per due di esse: “Fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche e artificiali” (-35,3%) e, in misura molto minore, “Fabbricazione di coke, raffinerie di petrolio, combustibili nucleari” (-1,4%). Completano il gruppo: “Trasporti terrestri, trasporti mediante condotte”, “Smaltimento rifiuti, fognature e servizi similari” e le attività commerciali all'ingrosso e al dettaglio, a cui si deve un ulteriore 14,5% delle emissioni nel 2008.

In termini economici, commercio e trasporti sono molto rilevanti, rispettivamente con il 12,5% e il 3,7% della produzione totale.

Le attività commerciali e di smaltimento dei rifiuti hanno un'intensità di emissione inferiore (rispettivamente -4% e -17%) alla fine del periodo 2000-2008.

Le prime dieci attività produttive più inquinanti generano l'83% delle emissioni di gas serra del sistema produttivo italiano, ma rappresentano solo il 33% del valore della produzione complessiva. La “Produzione e distribuzione di energia elettrica e di gas” produce più del 30% delle emissioni a fronte di una quota di produzione del 3%; tale attività è direttamente responsabile della produzione di tutta l'energia elettrica distribuita nel Paese e utilizzata dalle attività produttive e dalle famiglie.

⁵⁹ Fonte: ISTAT

Va notato che le emissioni di gas serra delle attività in Tabella 1.5 sono costituite principalmente da anidride carbonica, con l'eccezione delle emissioni delle attività agricole – costituite per circa la metà da protossido di azoto (dalle colture con e senza fertilizzanti) e per oltre un terzo da metano (dalle attività di allevamento) – e di quelle dello “Smaltimento rifiuti, fognature e servizi simili”, in cui prevale il metano.

L'estensione ambientale del modello economico *input-output* consente di attribuire agli utilizzatori finali le pressioni ambientali delle attività produttive, in base alle interdipendenze fra le stesse attività che trasmettono l'impulso della domanda finale all'intero sistema economico.

Nell'analisi delle interdipendenze la catena produttiva, che termina nella produzione finale di una data attività, viene ripercorsa a ritroso, considerando tutte le attività che hanno partecipato (direttamente e indirettamente) a questo processo, ciascuna per la propria quota parte; l'estensione ambientale del modello permette di cumulare tutte le pressioni ambientali (nel nostro caso emissioni a effetto serra) generate lungo tale catena produttiva.

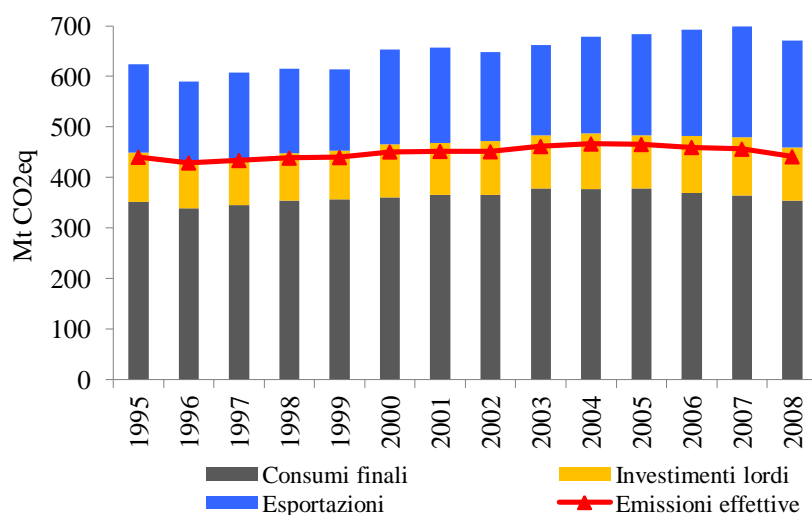
Laddove il sistema produttivo non disponga internamente di tutti gli *input* e ricorra alle importazioni di alcuni di essi, l'adozione di questa ottica (“responsabilità dell'utilizzatore finale”) estende l'analisi al sistema economico aperto, includendo anche le pressioni ambientali evitate grazie alle importazioni.

Nel 2008, le emissioni totali – effettive ed evitate grazie alle importazioni – delle attività produttive italiane⁶⁰ attivate dalle tre categorie di impieghi finali raggiungono 670,7 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, registrando un aumento rispetto al 1995 di quasi 8 punti percentuali.

La Figura 1.20 mostra che, nel periodo 1995-2008, la domanda finalizzata alla spesa per i consumi finali di beni e servizi è responsabile di oltre la metà delle emissioni totali; considerando quest'ultima categoria degli impieghi finali insieme agli investimenti lordi, la parte degli impieghi finali interni costituisce circa il 70% nel periodo. Alla domanda del resto del mondo si può, quindi, ricondurre il 30% circa delle emissioni totali delle attività produttive italiane.

Nel 2008, le emissioni totali – effettive ed evitate grazie alle importazioni – delle attività produttive italiane attivate dalle tre categorie di impieghi finali raggiungono 670,7 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, registrando un aumento rispetto al 1995 di quasi 8 punti percentuali.

⁶⁰ Questo tipo di analisi, che non comprende le emissioni generate dalle famiglie, può essere condotta per il periodo 1995-2008, in cui sono disponibili le tavole delle risorse e degli impieghi (si veda: Il sistema delle tavole *input-output*, ISTAT, disponibile *on-line* <http://www.istat.it/it/archivio/3646>)



Nel periodo 1995-2008, la domanda finalizzata alla spesa per i consumi finali di beni e servizi è responsabile di oltre la metà delle emissioni totali; considerando quest'ultima categoria degli impieghi finali insieme agli investimenti lordi, la parte degli impieghi finali interni costituisce circa il 70% nel periodo.

Figura 1.20: Emissioni di gas serra italiane totali (effettive ed evitate grazie alle importazioni) per categoria di domanda finale⁶¹

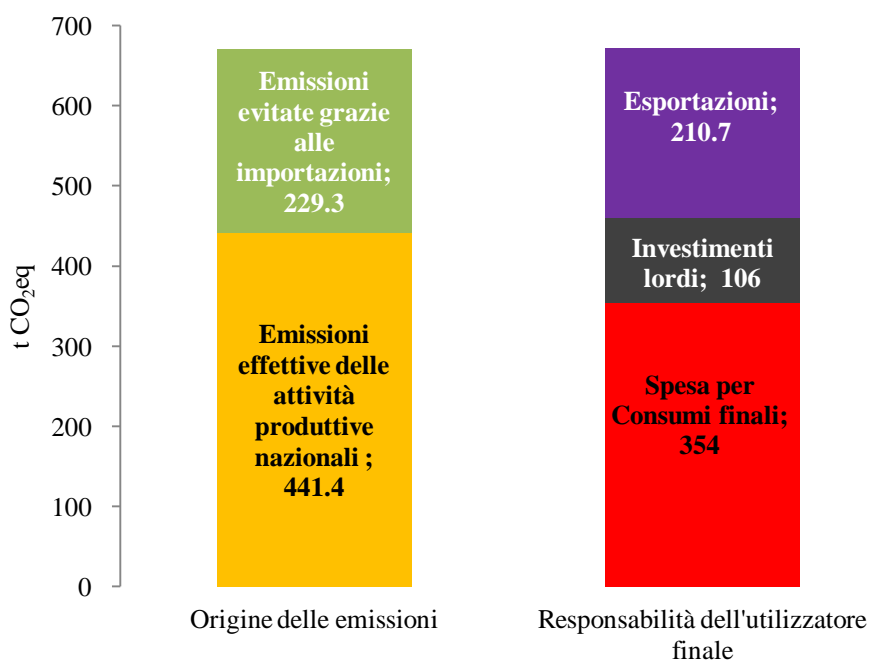
La differenza fra le emissioni totali e quelle effettive costituisce la parte delle emissioni totali evitate grazie alle importazioni.

Fino al 1998 questa parte coincide quasi con le emissioni totali riconducibili alle esportazioni; dal 1999 il saldo del commercio internazionale, in termini di emissioni globali di gas serra, cresce a causa di un aumento più veloce delle emissioni evitate grazie alle importazioni rispetto a quelle “esportate”.

La Figura 1.21 mette a confronto i risultati corrispondenti all’approccio della responsabilità dell’utilizzatore finale con quelli relativi all’origine (nazionale e “di importazione”) delle stesse emissioni⁶².

⁶¹ Fonte: Elaborazione ISPRA/ISTAT su dati ISTAT

⁶² Per dati riferiti all’Unione Europea (emissioni di anidride carbonica *pro capite*), si veda: Eurostat, *Statistics in focus* 22/2011. Disponibile *on-line*: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-11-022/EN/KS-SF-11-022-EN.PDF



Nel 2008, in Italia, le pressioni sull'ambiente in termini di emissioni di gas serra totali sono pari a 670,7 Mt CO₂eq. Due terzi di esse sono generate internamente dalle attività produttive; la parte residuale viene evitata attraverso le importazioni. Di tale "fabbisogno totale di emissioni" sono responsabili, per quasi il 70%, gli utilizzatori finali italiani di prodotti nazionali e importati e per la parte restante gli utilizzatori finali residenti nei paesi che importano beni e servizi dall'Italia.

Figura 1.21: Emissioni di gas serra italiane totali, effettive ed evitate grazie alle importazioni, e secondo la prospettiva dell'utilizzatore finale (2008)⁶³

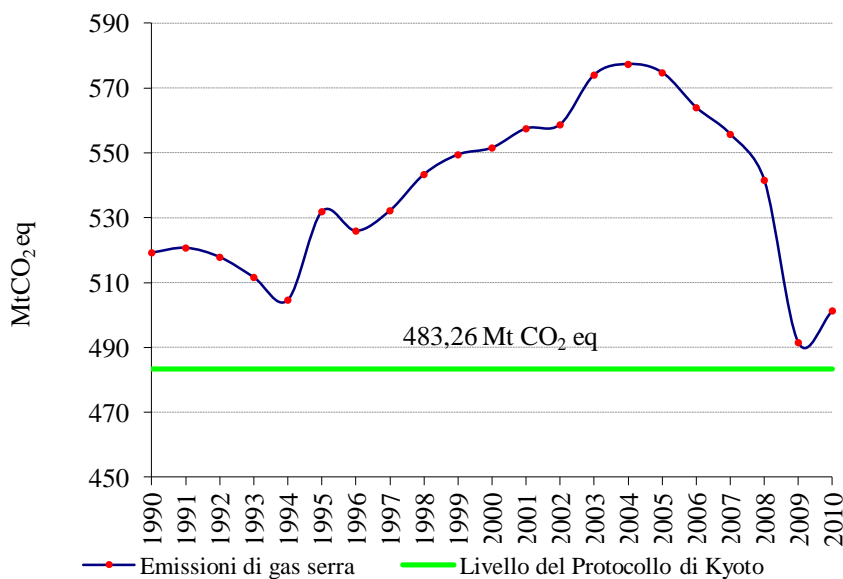
Nel 2008, in Italia, le pressioni sull'ambiente in termini di emissioni di gas serra totali sono pari a 670,7 Mt CO₂eq. Due terzi di esse tali pressioni sono generate internamente dalle attività produttive; la parte residuale viene evitata attraverso le importazioni. Di tale "fabbisogno totale di emissioni" sono responsabili, per quasi il 70%, gli utilizzatori finali italiani di prodotti nazionali e importati (354 e 106 Mt CO₂eq attivate rispettivamente dalla spesa per i consumi finali e dagli investimenti lordi) e per la parte restante gli utilizzatori finali residenti nei paesi che importano beni e servizi dall'Italia (210 Mt CO₂eq).

Emissioni di gas serra e target di Kyoto

Nel 2010, le emissioni di gas serra in Italia sono risultate di 18,1 Mt CO₂eq superiori a quelle dell'obiettivo di Kyoto (+3,7%). Le emissioni sono diminuite del 3,5% rispetto al 1990. Dopo la contrazione delle emissioni dovuta alla crisi economica, si registra nel 2010 una ripresa del 2% rispetto all'anno precedente. Gli anni tra il 2008 e il 2012 rappresentano il periodo in cui sarà valutato il raggiungimento degli obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto. Fino al 2010 il Paese ha accumulato un debito di emissioni pari a 84,7 Mt di CO₂eq (Figura 1.22).

Nel 2010, le emissioni di gas serra in Italia sono risultate di 18,1 Mt CO₂ eq. superiori a quelle dell'obiettivo di Kyoto.

⁶³ Fonte: ISTAT



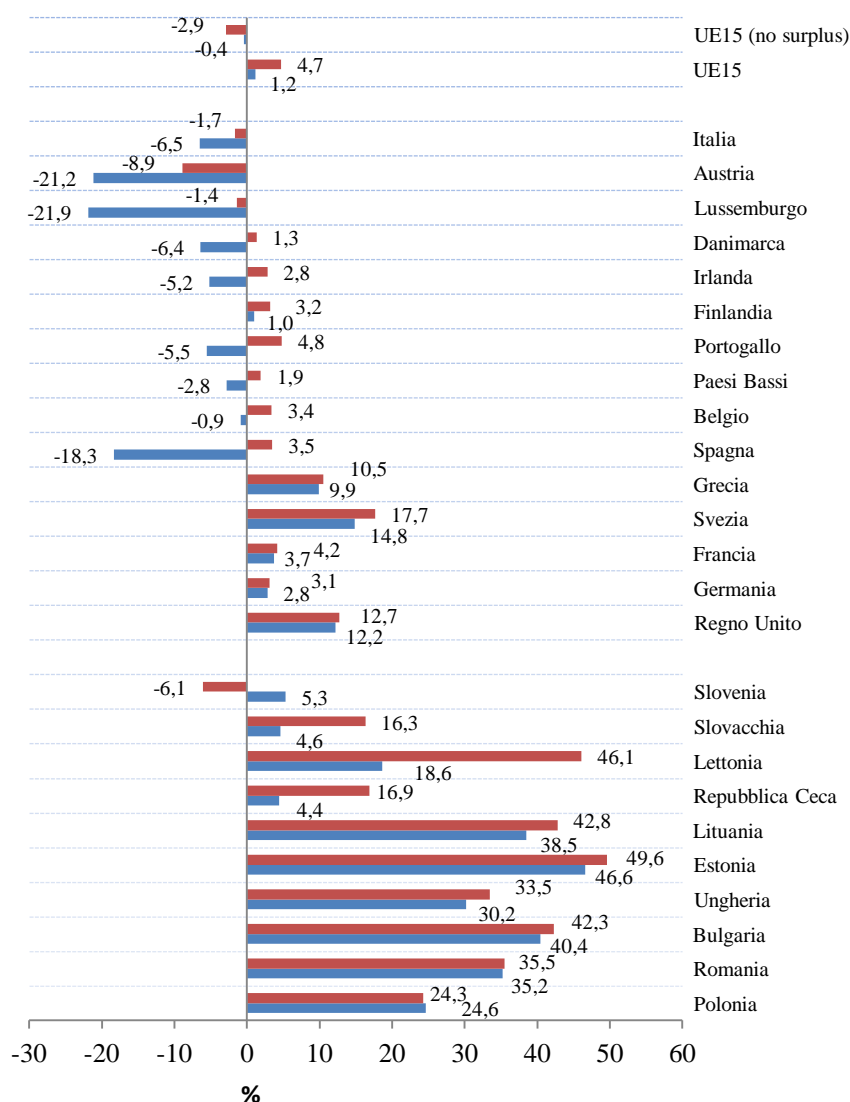
L'Italia in base al Protocollo di Kyoto dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori a quelli del 1990, ossia a 483,26 Mt CO₂eq. Nel 2010, le emissioni di gas serra sono risultate di 18,1 Mt CO₂eq, superiori a quelle dell'obiettivo di Kyoto. A partire dal 2008 il Paese ha accumulato un debito di emissioni pari a 84,7 Mt di CO₂ equivalente.

Figura 1.22: Emissioni totali di gas serra e livello previsto per il rispetto del Protocollo di Kyoto⁶⁴

Secondo le valutazioni del rapporto “*Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe*” dell’Agenzia Europea dell’Ambiente, le emissioni del 2009 e le stime preliminari per le emissioni del 2010 mostrano che Italia, Austria e Lussemburgo potrebbero non raggiungere gli obiettivi di riduzione annuali previsti dal Protocollo di Kyoto qualora tali Stati non riducano ulteriormente le rispettive emissioni nazionali entro il 2012, o non incrementino il ricorso ai meccanismi flessibili e ai crediti di emissioni derivanti dalle attività **LULUCF** (*Land Use, Land Use Change and Forestry*). Le stime preliminari per il 2010 mostrano emissioni complessive inferiori rispetto alle emissioni effettive (-7,72 CO₂eq), tale risultato consolida le conclusioni dell’Agenzia Europea dell’Ambiente. Il mancato raggiungimento degli obiettivi di uno qualsiasi degli Stati membri rappresenta un rischio per il rispetto del Protocollo di Kyoto da parte della UE15, poiché non vi è alcuna garanzia che gli Stati membri con un *surplus* di riduzioni emissive rendano disponibili tali crediti emissivi per gli Stati Membri che hanno mancato il loro obiettivo di riduzione.

Secondo le valutazioni dell’AEA, Italia, Austria e Lussemburgo non raggiungeranno gli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto se non ridurranno ulteriormente le emissioni nazionali o non incrementeranno il ricorso ai meccanismi flessibili e ai crediti di emissione derivanti dalle attività LULUCF..

⁶⁴ Fonte: ISPRA



- Distanza dall'obiettivo di Kyoto nel periodo medio 2008-2010 (emissioni nei settori non ETS)
- Distanza dall'obiettivo di Kyoto nel periodo medio 2008-2010 (emissioni nei settori non ETS che includono i serbatoi di carbonio ed i meccanismi flessibili di Kyoto)

Note:

L'obiettivo, per gli Stati membri della UE, in seguito agli effetti delle allocazioni EU ETS, è quello dei settori non interessati dallo scambio di quote di CO₂.

Il valore positivo indica emissioni inferiori all'obiettivo.

Il dato UE15 riguarda gli Stati membri che fanno parte dell'accordo del *burden sharing*.

Gli Stati membri con un *surplus* di riduzioni rispetto agli obiettivi possono usare le quote di CO₂ disponibili per i loro scopi e non necessariamente per compensare gli Stati membri che non raggiungono il loro obiettivo, a tal proposito il valore UE15 è considerato in caso di utilizzo del *surplus* per gli obiettivi europei e in caso di non utilizzo.

Figura 1.23: Distanza dei Paesi europei dagli obiettivi del Protocollo di Kyoto con e senza l'uso dei crediti di carbonio derivanti dai meccanismi flessibili e da attività LULUCF (media 2008-2010)⁶⁵

Secondo le stime dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, Italia, Austria e Lussemburgo non saranno in grado di raggiungere il proprio obiettivo di Kyoto se non ridurranno ulteriormente le rispettive emissioni nazionali entro il 2012, o non incrementeranno il ricorso ai meccanismi flessibili e ai crediti di emissioni.

⁶⁵ Fonte: EEA, *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe, Report 4/2011*

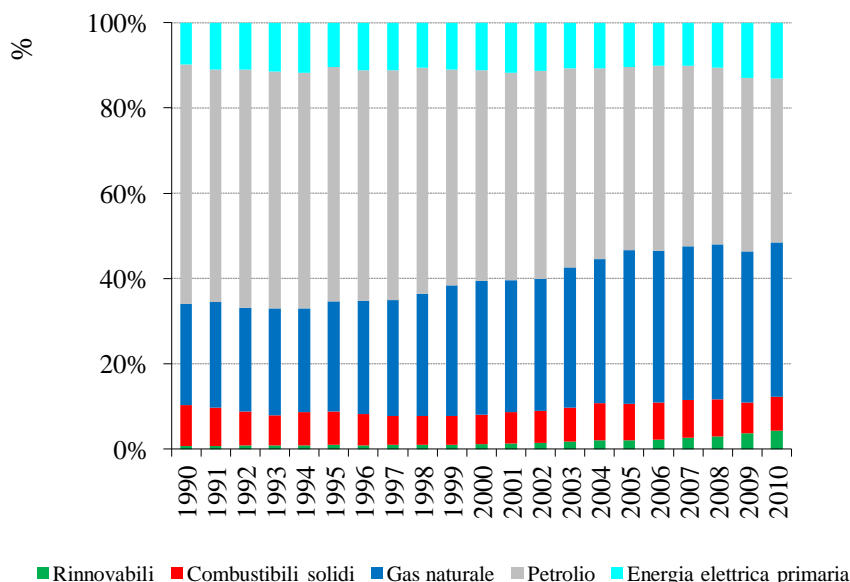
Per quanto riguarda l'obiettivo della UE27 (riduzione delle emissioni di gas serra al 2020 di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990), le stime preliminari per il 2010 mostrano una ripresa delle emissioni dopo la consistente caduta nel 2009 dovuta alla recessione economica. La quantità di emissioni nel 2010 è inferiore al 15,5% rispetto al valore del 1990, e qualora venissero considerate le emissioni provenienti dal settore dell'aviazione internazionale, la percentuale si attesterebbe intorno al 14%⁶⁶. Le emissioni europee del 2010 restano comunque inferiori rispetto ai livelli del 2008, segnalando che gli effetti della crisi economica non sono completamente riassorbiti. Le proiezioni elaborate dall'Agenzia Europea dell'Ambiente indicano che le emissioni totali dell'UE27 non subiranno significative riduzioni fino al 2020 e che le attuali misure nazionali consentiranno di raggiungere una riduzione delle emissioni del 19% al 2020. La distanza di un punto percentuale dall'obiettivo del 20% potrà essere colmata e superata di 5 punti se gli Stati membri implementeranno tutte le misure aggiuntive attualmente pianificate, in particolare per il settore residenziale e per i trasporti.

Per quanto riguarda l'obiettivo di una riduzione di almeno il 20% delle emissioni di gas serra al 2020 rispetto ai livelli del 1990, le stime preliminari delle emissioni del 2010 mostrano che l'UE27 potrà raggiungere e superare l'obiettivo purché gli Stati membri implementino tutte le misure aggiuntive attualmente pianificate.

Produzione e consumo di energia

L'andamento dei prezzi energetici è una delle cause dei cambiamenti in atto negli approvvigionamenti. A partire dal 1990 si osserva una notevole crescita del ruolo del gas naturale rispetto ai prodotti petroliferi e un tendenziale aumento del contributo delle fonti rinnovabili, che, nel 2010, restano tuttavia su percentuali molto contenute (4,3%) e della cogenerazione. Dal 2001 è evidente una ripresa dei consumi di combustibili.

L'andamento dei prezzi energetici è una delle cause dei cambiamenti in atto negli approvvigionamenti.



All'interno del settore energetico sono in atto una serie di cambiamenti negli approvvigionamenti. Crescono, infatti, i consumi di gas naturale rispetto ai prodotti petroliferi e il contributo delle fonti rinnovabili e della cogenerazione. Inoltre dal 2001, aumentano i consumi di combustibili solidi.

Figura 1.24: Consumi totali di energia per fonti primarie⁶⁷

⁶⁶ EEA, 2011, *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe, Report 4/2011*

⁶⁷ Fonte: Elaborazione ENEA su dati del Ministero dello sviluppo economico

Le modifiche nel *mix* delle fonti primarie non hanno comunque ridotto l'elevata dipendenza energetica del nostro Paese, che presenta ampie oscillazioni intorno al valore medio dell'82,7%. Nel 2010 la dipendenza energetica è stata dell'82,1%.

A partire dal 1990 si registra un *trend* crescente del consumo interno lordo di energia, con un picco raggiunto nel 2005 (+21% rispetto al 1990).

Dal 2006 si osserva un'inversione di tendenza, accelerata successivamente dalla crisi economica, con un calo del consumo nel 2009 pari all'8,8% rispetto al 2005.

Tuttavia nel 2010 si verifica di nuovo una ripresa del consumo pari al 4,1% rispetto all'anno precedente. Complessivamente il consumo interno lordo del 2010 è cresciuto del 14,9% rispetto al 1990.

La ripresa dell'ultimo anno riguarda principalmente l'industria (+7,3% rispetto al 2009), il settore residenziale e terziario (+5,9%) e gli usi non energetici (+11,1%).

Il settore agricoltura e pesca continua a ridurre la quota di consumi con un'ulteriore diminuzione del 7,6%.

Il settore dei trasporti, dopo la flessione dei consumi negli anni 2008 e 2009, resta pressoché invariato rispetto al 2009 (-0,1%). Relativamente alla distribuzione degli impieghi finali di energia al netto degli usi non energetici e *bunkeraggi*, il settore residenziale e terziario assorbe il 38,5% dei consumi, seguito dai settori trasporti e industria, 33,8% e 25,4%, rispettivamente.

Il settore agricoltura e pesca assorbe il restante 2,4% degli impieghi finali.

In Italia, il calo dei consumi energetici totali negli ultimi anni, insieme alla crescita limitata del PIL, è alla base della riduzione dell'intensità energetica tra il 2005 e il 2010 (-3,2%).

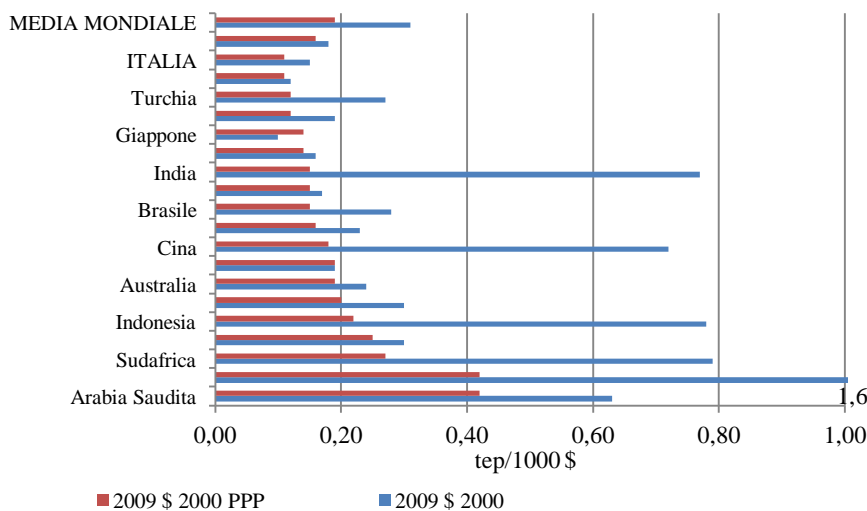
Il valore registrato nel 2010, pari a 153,8 **tep** per milione di euro, sebbene in lieve crescita rispetto all'anno precedente, resta al di sotto di una serie di valori piuttosto elevati rilevati tra il 1990 e il 2006.

Nel 2009, da un'analisi dell'intensità energetica totale dei Paesi del G20 emerge che l'Italia, insieme al Regno Unito, presenta la più bassa intensità energetica totale in termini di valori corretti a parità di potere d'acquisto, inferiore alla media mondiale e a quella OECD.

Le modifiche nel mix delle fonti primarie non hanno comunque ridotto l'elevata dipendenza energetica del nostro Paese.

Il consumo interno lordo nel 2010 è cresciuto del 14,9% rispetto al 1990.

In Italia, il calo dei consumi energetici totali negli ultimi anni, insieme alla crescita limitata del PIL, è alla base della consistente riduzione dell'intensità energetica tra il 2005 e il 2010 (-3,2%).

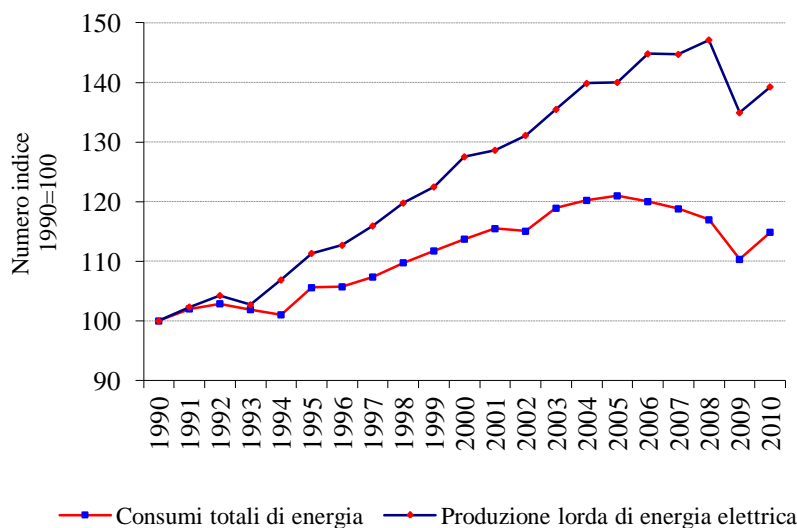


Nel 2009, tra i Paesi del G20 l'Italia, insieme al Regno Unito, presenta la più bassa intensità energetica totale in termini di valori corretti a parità di potere d'acquisto, inferiore alla media mondiale e a quella OCSE.

Figura 1.25: Intensità energetica totale per i Paesi del G20, riferita a \$ 2000 e corretta a parità di potere di acquisto (PPP) (2009)⁶⁸

Tra il 1994 e il 2010, il tasso di crescita della produzione di energia elettrica è stato notevolmente maggiore di quello dei consumi totali di energia. Tale risultato indica il ruolo crescente dell'elettricità come vettore energetico nel sistema energetico nazionale. Nell'ultimo anno si registra una lieve ripresa dei consumi energetici e della produzione elettrica rispetto al 2009 (+4,1% e +3,2% rispettivamente), dopo il drastico calo a causa della crisi economica.

Tra il 1994 e il 2010, il tasso di crescita della produzione di energia elettrica è stato notevolmente maggiore di quello dei consumi totali di energia.



Tra il 1994 e il 2010, il tasso di crescita della produzione di energia elettrica è stato maggiore di quello dei consumi totali di energia. Tale andamento indica il ruolo crescente dell'elettricità come vettore energetico nel sistema energetico nazionale.

Figura 1.26: Andamento dei consumi totali di energia e della produzione elettrica (1990 = 100)⁶⁹

I consumi finali di energia elettrica a livello regionale rivelano una struttura estremamente eterogenea del territorio nazionale. I dati relativi al 2010 mostrano che la Lombardia consuma il 21,5% del totale nazionale; segue il Veneto con il 9,7%. Mentre l'Emilia-

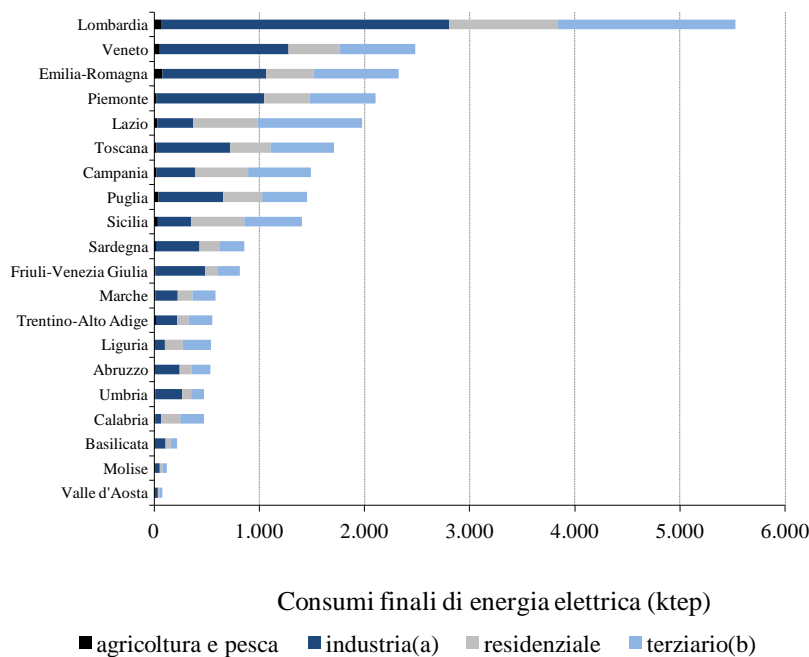
I consumi finali di energia elettrica a livello regionale rivelano una struttura

⁶⁸ Fonte: Agenzia Internazionale per l'Energia (AIE)

⁶⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Ministero dello sviluppo economico e TERN S.p.A.

Romagna e il Piemonte si attestano rispettivamente al 9% e all'8,2%, e altre regioni come Lazio, Toscana, Campania, Puglia e Sicilia, invece, intorno a un valore medio del 6,2%. Le nove regioni menzionate consumano, complessivamente il 79,6% del totale italiano (Figura 1.27).

estremamente eterogenea del territorio nazionale.



Relativamente ai consumi di energia elettrica, la Lombardia consuma il 21,5% del totale nazionale. Nove regioni (Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Piemonte, Lazio, Toscana, Puglia, Campania e Sicilia) consumano complessivamente il 79,6% del totale italiano.

Legenda :

- (a) Non è compreso il settore "Energia e acqua";
- (b) Sono inclusi gli "Acquedotti" e i "Trasporti"

Figura 1.27: Consumi finali di energia elettrica a livello regionale per settore (2010)⁷⁰

Il sistema dei trasporti deve far fronte a forti aumenti della domanda di mobilità. Nel periodo 1990-2010 la domanda di trasporto passeggeri è aumentata del 26,2%, mentre la domanda di trasporto merci è cresciuta del 14,5%.

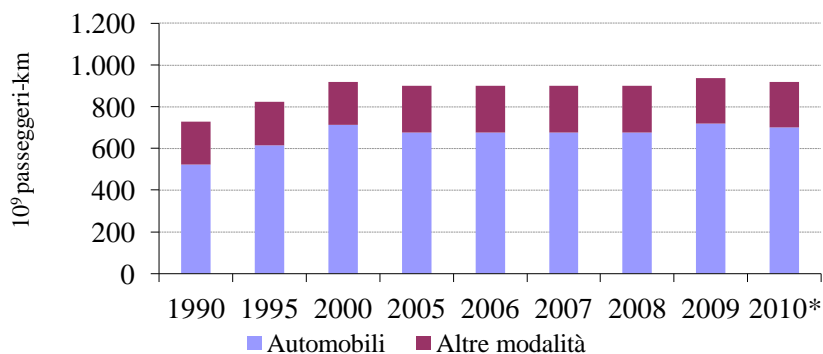
Il sistema dei trasporti deve far fronte a forti aumenti della domanda di mobilità. Nel periodo 1990-2010 la domanda di trasporto passeggeri è aumentata del 26,2%, mentre la domanda di trasporto di merci è cresciuta del 14,5%.

La domanda di trasporto passeggeri presenta una stasi nella crescita nel periodo 2005-2008, seguita da un incremento nell'anno successivo, seguito a sua volta da una contrazione nel 2010 (-2,1% nel 2010 rispetto al 2009) (Figura 1.28).

La domanda di trasporto passeggeri continua a essere soddisfatta soprattutto dalla modalità di trasporto stradale, la meno efficiente dal punto di vista economico e ambientale. In particolare, il trasporto stradale su autovetture e motocicli costituisce, nel 2010, l'80,6% della domanda di trasporto passeggeri.

L'Italia è tra i paesi europei con il più elevato numero di autovetture circolanti in relazione alla popolazione residente, dopo Lussemburgo e Malta, ma è prima per il numero di veicoli, tenendo conto anche dei motocicli e dei veicoli commerciali; a livello mondiale, solo gli USA hanno un tasso di motorizzazione più elevato, se espresso in veicoli per abitante.

⁷⁰ Fonte: Elaborazione ENEA su dati TERNA S.p.A



Legenda :

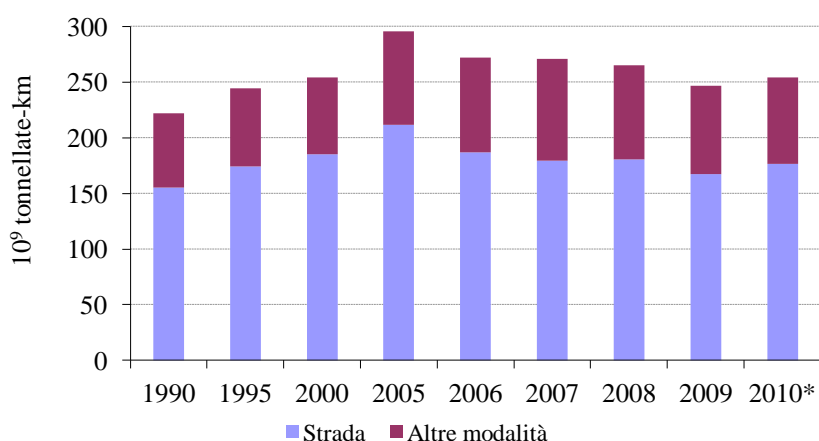
* Dati provvisori

Figura 1.28: Andamento della domanda di trasporto passeggeri ⁷¹

La domanda di trasporto merci è aumentata dal 1990 a oggi del 14,5% ed è strettamente legata alle dinamiche di sviluppo economico. Subisce una drastica riduzione a partire dal 2007, in seguito agli effetti della crisi economica e finanziaria (-8,9% nel 2009 rispetto al 2007), mentre nel 2010 si osserva una lieve ripresa (+3% rispetto al 2009). Il trasporto merci avviene prevalentemente tramite autotrasporto, con una quota abbastanza costante dal 1990 che oscilla intorno al 70% (69,5% nel 2010). Nel 2010, il trasporto di merci per via marittima e per via ferroviaria rappresentano rispettivamente il 19,2% e il 6,9%, mentre il trasporto aereo costituisce un marginale 0,4%. La domanda di trasporto merci presenta una rilevante crescita nel periodo 2000-2005, seguita da una contrazione negli anni successivi, mentre nel 2010 si osserva una lieve ripresa, determinata principalmente dall'incremento del trasporto su strada. Nel 2010 il trasporto di merci su strada aumenta del 5,4% rispetto all'anno precedente, per le "altre modalità", invece, si registra un decremento (-2,1%).

Nel periodo 1990-2010 la domanda di trasporto passeggeri è aumentata del 26,2%. Il trasporto stradale (autovetture e moto) nel 2010 costituisce l'80,6% (solo le autovetture il 76,2%) della domanda di trasporto passeggeri.

Il trasporto merci avviene prevalentemente tramite autotrasporto, con una quota abbastanza costante dal 1990 che oscilla intorno al 70% (69,5% nel 2010).



Legenda:

* Dati provvisori

Figura 1.29: Andamento della domanda di trasporto merci ⁷²

La domanda di trasporto manifesta dal 1990 al 2010 una crescita del 14,5%. Inoltre, dalle stime del 2010, emerge che il trasporto di merci sul territorio nazionale avviene prevalentemente su strada (69,5%). Le altre modalità, come il trasporto di merci per via marittima e per via ferroviaria, rappresentano rispettivamente il 19,2% e il 6,9% del trasporto totale.

⁷¹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MIT

⁷² Fonte: *Ibidem*

Le misure di risposta: mitigazione e adattamento

Le principali misure di risposta ai cambiamenti climatici sono relative alla mitigazione, che consiste nella riduzione delle emissioni di gas serra, e all'adattamento, che ha l'obiettivo di minimizzare le possibili conseguenze negative e di prevenire gli eventuali danni derivanti dai cambiamenti climatici. Tali misure sono fra loro complementari.

Il ricorso all'energia nucleare e alle fonti rinnovabili rappresenta un'opzione per ridurre le emissioni di gas serra.

Per quanto riguarda le politiche energetiche, il dibattito è stato dominato dall'incidente verificatosi in Giappone presso gli impianti nucleari di Fukushima l'11 marzo 2011, a seguito di un forte terremoto con conseguente maremoto, e che ha rappresentato a seguito uno dei più gravi incidenti della storia del settore dopo quello di Chernobyl nel 1986.

Per quanto concerne l'energia da fonti rinnovabili, sono di particolare rilievo le pubblicazioni di IPCC e di IEA interamente dedicati al ruolo delle fonti rinnovabili e al loro potenziale per lo sviluppo di un'economia a basse emissioni di gas serra.

L'IPCC ha esaminato 164 scenari energetici globali e le rispettive conseguenze sulle emissioni di gas a effetto serra e sul clima. La maggior parte degli scenari mostra un significativo incremento della quota di energia rinnovabile nel 2030 e 2050. Lo scenario con la quota più elevata prevede che il fabbisogno energetico mondiale del 2030 potrà essere soddisfatto dal 43% da energia rinnovabile, mentre nel 2050 il 77%.

Nel 2008 la quota di energia rinnovabile a livello globale è stata del 12,9%, per la gran parte rappresentata da biomassa (10,2%). Il raggiungimento degli obiettivi ritenuti attuabili dall'IPCC richiede l'adozione di misure mirate a favorire la competitività delle fonti rinnovabili rispetto alle fonti fossili come la monetizzazione dei costi esterni dell'energia, la rimozione di ostacoli istituzionali e normativi che impediscono o rallentano lo sviluppo delle fonti rinnovabili, nonché l'investimento in nuove tecnologie e infrastrutture. Il rapporto dell'IEA sottolinea la rilevante crescita registrata a livello globale nel settore delle fonti rinnovabili, in particolare per eolico e solare, tuttavia questo contributo è di gran lunga superato dalle fonti fossili ed è necessario raddoppiare l'uso di tutte le fonti rinnovabili al 2020 per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità. Secondo l'IEA, sviluppo di un'economia ecocompatibile necessita di politiche ambientali più "aggressive", inclusa l'eliminazione degli incentivi alle fonti fossili e un programma trasparente e prevedibile di incentivi per opzioni più pulite ed efficienti. Nell'ultimo decennio il carbone ha soddisfatto il 47% della nuova domanda di energia elettrica a livello globale, al fine di raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni diventa quindi necessario l'uso estensivo della tecnologia di cattura e stoccaggio della CO₂. L'applicazione di tale tecnologia richiede politiche adeguate e programmi di sostegno. Nel settore dei trasporti, l'IEA sottolinea l'importanza dei veicoli elettrici per ridurre le emissioni

Le principali misure di risposta sono relative alla mitigazione (ossia alla riduzione di gas serra) e all'adattamento ai cambiamenti climatici in atto.

atmosferiche di gas serra; tale settore necessita di incentivazione e sviluppo di opportune infrastrutture.

Comunque le attuali vendite di veicoli elettrici sono estremamente basse e il raggiungimento dell'obiettivo di 20 milioni di veicoli elettrici circolanti nel 2020, nei paesi maggiormente sviluppati, rappresenterebbe il 2% del parco veicolare.

In merito alle **misure di mitigazione**, nel febbraio 2011 il Consiglio Europeo ha ribadito l'obiettivo per il 2050 di ridurre le emissioni di gas serra dei Paesi europei dall'80% al 95% rispetto ai livelli del 1990, al fine di mantenere l'innalzamento della temperatura media globale sotto i 2°C rispetto all'epoca preindustriale.

La realizzazione di tale obiettivo richiede la transizione del sistema economico verso la decarbonizzazione pressoché completa del settore energetico⁷³.

Gli obiettivi del 2050 saranno difficilmente raggiunti se le iniziative necessarie per dare avvio alla transizione richiesta non saranno intraprese entro i prossimi cinque anni⁷⁴.

Nel marzo 2011, la Commissione Europea ha pubblicato tre Comunicazioni chiave che indicano il quadro complessivo delle azioni necessarie per affrontare questa transizione:

- la Comunicazione (2011)112 *“Una tabella di marcia verso un'economia competitiva a basse emissioni di carbonio nel 2050”* propone una *roadmap* di azioni che consentirebbe all'UE di conseguire l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990.

Il documento definisce una serie di tappe intermedie per la verifica del rispetto degli obiettivi e illustra le sfide politiche, le necessità di investimento e le opportunità esistenti nei vari settori, tenendo conto che l'obiettivo di riduzione dovrà essere attuato in ampia misura all'interno dell'Unione.

In particolare, il perseguimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni al 2050 richiede il raggiungimento dei seguenti obiettivi intermedi: tagli delle emissioni del 25% nel 2020, del 40% nel 2030 e del 60% nel 2040.

Sottolinea, inoltre, la necessità di implementare le misure per aumentare l'efficienza energetica, nonché di ridurre le emissioni dal settore elettrico attraverso l'utilizzo delle risorse rinnovabili;

Nel 2011, il Consiglio Europeo ha ribadito l'obiettivo per il 2050 di ridurre le emissioni di gas serra dei Paesi europei dall'80% al 95% rispetto ai livelli del 1990, al fine di mantenere l'innalzamento della temperatura media globale sotto i 2°C rispetto all'epoca preindustriale.

La Comunicazione (2011)112 propone una roadmap di azioni che consentirebbe all'UE di conseguire l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990.

⁷³ EC, 2011, *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*.

⁷⁴ ECF (European Climate Foundation), 2010, *Roadmap 2050 – A practical guide to a prosperous, low-carbon Europe*.

- la Comunicazione (2011)109 “*Piano di efficienza energetica 2011*” considera il ruolo chiave dell’efficienza energetica per aumentare la sicurezza dell’approvvigionamento energetico e per ridurre le emissioni atmosferiche di gas serra e di altri inquinanti. Il documento sottolinea che “*sotto molti aspetti l’efficienza energetica può essere considerata la maggiore risorsa energetica dell’Europa*”. Il settore residenziale rappresenta il comparto con il maggiore potenziale di risparmio energetico, seguito dal settore dei trasporti e dell’industria. Nel settore residenziale, il piano propone di orientare la spesa pubblica per incentivare il processo di ristrutturazione degli edifici pubblici e privati e per migliorare il rendimento energetico dei componenti e degli apparecchi utilizzati in essi. Il settore pubblico assume un ruolo guida per l’aumento dell’efficienza negli edifici; a tal proposito viene proposta, tra le diverse misure, l’accelerazione del tasso di rinnovo degli edifici pubblici con obiettivi vincolanti e l’introduzione di criteri di efficienza energetica nella spesa pubblica. Nel settore industria, l’efficienza energetica sarà potenziata mediante l’adozione di requisiti per le apparecchiature industriali e di misure per l’introduzione di *audit* energetici e di sistemi di gestione dell’energia;
- la Comunicazione (2011)144 “*Libro Bianco - Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile*” propone la trasformazione del settore dei trasporti europei al fine di ridurre emissioni di gas serra dal settore del 60% nel 2050 rispetto ai livelli del 1990. Tra le misure individuate per il conseguimento dell’obiettivo vi sono l’eliminazione delle auto ad alimentazione convenzionale nelle città entro il 2050, l’utilizzo di carburanti a bassa emissione (fino al 40%) nel trasporto aereo, la riduzione delle emissioni di CO₂ dal trasporto marittimo dal 40% al 50% entro il 2050 rispetto ai livelli del 2005, lo spostamento del trasporto merci su ferrovia e su vie navigabili, un forte sviluppo del trasporto pubblico e del trasporto ferroviario per i passeggeri attraverso la realizzazione di reti ad alta velocità tra i Paesi dell’Europa e il mantenimento di una fitta rete ferroviaria in tutti gli Stati membri. Prevede, inoltre, misure per il miglioramento dell’efficienza dei trasporti e dell’uso delle infrastrutture attraverso sistemi d’informazione e incentivi di mercato, nonché l’applicazione dei principi “chi utilizza paga” e “chi inquina paga” agendo sui costi e sulla tassazione nel sistema dei trasporti. L’obiettivo per il 2030 prevede di tagliare le emissioni di CO₂ dai trasporti del 20% rispetto ai livelli del 2008, questo significa che le emissioni dal settore aumenteranno dell’8% rispetto al livello del 1990.

La Comunicazione (2011)109 considera il ruolo chiave dell’efficienza energetica per aumentare la sicurezza dell’approvvigionamento energetico e per ridurre le emissioni atmosferiche di gas serra e di altri inquinanti.

La Comunicazione (2011)144 propone la trasformazione del settore dei trasporti europei al fine di ridurre emissioni di gas serra dal settore del 60% nel 2050 rispetto ai livelli del 1990.

La realizzazione degli attuali impegni nell’UE27, ovvero una quota del 20% di energie rinnovabili sui consumi finali e il 20% di risparmio energetico da conseguire attraverso l’efficienza energetica entro il

2020, consentirebbe di superare l'obiettivo di riduzione del 20% e di conseguire un abbattimento delle emissioni di gas serra del 25%. Tuttavia, tra gli impegni previsti per la riduzione delle emissioni dell'UE l'efficienza non rappresenta un obiettivo vincolante, pertanto è necessario rendere obbligatorie alcune misure per aumentare l'efficienza energetica. A tal proposito, a giugno 2011, la Commissione Europea ha formulato una proposta di Direttiva (COM(2011) 370) per rendere vincolanti alcune misure previste nel Piano di efficienza energetica 2011.

In ambito nazionale si menzionano alcuni provvedimenti normativi di rilevante importanza:

- il D.Lgs. 28/2011, per l'attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, stabilisce i criteri per lo sviluppo delle fonti rinnovabili fondamentalmente attraverso l'incentivazione e la semplificazione delle procedure di autorizzazione. Tra le diverse misure il decreto introduce l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni, inoltre promuove lo sviluppo delle infrastrutture per il teleriscaldamento e per il teleraffreddamento, stabilisce la priorità di assorbimento dell'energia da fonti rinnovabili da parte dell'attuale rete (elettrica e di gas naturale) e promuove l'utilizzo dei biocarburanti;
- il DM del 05/05/2011 ("Quarto conto energia") stabilisce i parametri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici e lo sviluppo di tecnologie innovative per la conversione fotovoltaica. Il cosiddetto "quarto conto energia" riduce le tariffe di incentivazione del "terzo conto energia" e introduce alcuni limiti per gli impianti a terra favorendo quelli sugli edifici;
- il D.Lgs. 162/2011, per l'attuazione della Direttiva 2009/31/CE in materia di stoccaggio geologico del biossido di carbonio, stabilisce un quadro di misure per garantire lo stoccaggio geologico di CO₂ in formazioni geologiche idonee. Il decreto fornisce i criteri autorizzativi per l'esplorazione e lo stoccaggio di CO₂ nel suolo, nonché gli organi tecnici preposti alla vigilanza e controllo delle attività di esplorazione, realizzazione degli impianti, iniezione di CO₂ e gestione dei siti;
- il secondo Piano di Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE 2011), approvato in Conferenza Stato-Regioni il 27 luglio 2011, prende in considerazione il nuovo quadro normativo per il conseguimento degli obiettivi di risparmio energetico previsti dalla Direttiva 2006/32/CE e fornisce una proiezione del risparmio energetico al 2020;
- il Decreto interministeriale del 4 agosto 2011 sulla promozione della cogenerazione definisce le nuove metodologie di calcolo per il riconoscimento della cogenerazione ad alto rendimento, che avrebbero dovuto essere applicate già a partire dal 1°

gennaio 2011. Il DM 5 settembre 2011 definisce i meccanismi incentivanti per la cogenerazione ad alto rendimento. Inoltre, le unità di cogenerazione hanno diritto, per ciascun anno solare in cui soddisfano i requisiti di cogenerazione ad alto rendimento, al rilascio di **certificati bianchi**, in numero commisurato al risparmio di energia primaria realizzato nell'anno in questione.

- il Decreto Ministeriale del 15 marzo 2012 del cosiddetto *burden sharing*, come previsto dalla L 13/2009, ovvero la ripartizione degli impegni regionali per il raggiungimento dell'obiettivo nazionale al 2020 del 17% di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo. Allo stato attuale l'obiettivo assegnato alle regioni è pari al 14,3%, poiché la restante parte dipende da strumenti nella disponibilità dello Stato. Tra le voci che contribuiscono all'obiettivo del consumo finale lordo regionale di energia da fonti rinnovabili (energia elettrica, termica e biocarburanti) è stato ripartito a livello regionale esclusivamente l'obiettivo nazionale definito dal PAN (Piano di Azione Nazionale) di produzione nazionale di elettricità da fonti rinnovabili e dei consumi di fonti rinnovabili termiche. Il consumo di biocarburanti per trasporti e le importazioni di energia rinnovabile da Stati membri e da Paesi terzi non concorrono alla determinazione della quota di energia da fonti rinnovabili da ripartire tra le regioni e le province autonome, fatta salva la possibilità di “concludere intese con enti territoriali interni ad altro Stato membro e accordi con altri Stati membri per trasferimenti statistici”, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 3 marzo 2011, n. 28. Il DM prevede un sistema di monitoraggio annuale degli obiettivi regionali da conseguire e stabilisce che nelle more della definizione della metodologia di monitoraggio, “fermo restando l'obiettivo nazionale, viene effettuata una rivisitazione dei criteri metodologici e dei parametri utilizzati per la ripartizione tra Regioni e le Province autonome degli obiettivi intermedi e finali” a seguito del quale possono essere ridefiniti gli obiettivi regionali.

In tema di **misure di adattamento**, la Commissione Europea ha adottato nel 2009 il Libro bianco “L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo”, con l'obiettivo di rendere l'UE meno vulnerabile agli impatti dei cambiamenti climatici. Il Libro bianco sottolinea la necessità di integrare l'adattamento in tutte le politiche chiave dell'UE, sviluppare la base delle conoscenze attraverso ulteriori ricerche, sostenere i Paesi in via di sviluppo per migliorare la loro resilienza e la capacità di adattarsi ai cambiamenti climatici e implementare un meccanismo di **clearinghouse**.

A tal fine il documento delinea più di trenta azioni concrete da mettere in pratica attraverso le differenti politiche, che vanno dagli sforzi mirati alla sensibilizzazione, allo sviluppo di un sistema informativo in materia di adattamento.

Nel corso del 2010 è stata istituita presso la Commissione Europea

In ambito europeo, la Commissione Europea ha presentato nell'aprile 2009 il Libro bianco “L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo”, con l'obiettivo di rendere l'UE meno vulnerabile agli impatti dei cambiamenti climatici.

un'apposita Direzione Generale dedicata al clima (DG Clima), al fine di coordinare le politiche a livello europeo in tema di cambiamento climatico e anche di adattamento. Ciò dimostra quanto la questione dei cambiamenti climatici sia diventata centrale nelle politiche dell'UE, in particolare per quanto riguarda i settori vulnerabili quali agricoltura, energia, protezione civile e politiche regionali. A partire dal Libro bianco, la Commissione Europea ha avviato, con esperti di diversi paesi e settori, le attività necessarie a sviluppare una strategia di adattamento europea, prevista per il 2013.

Nel marzo 2012 è stata lanciata la Piattaforma europea sull'adattamento ai cambiamenti climatici (CLIMATE ADAPT), uno strumento *web* interattivo sull'adattamento ai cambiamenti climatici, disponibile sul sito dell'Agenzia europea per l'ambiente (<http://climate-adapt.eea.europa.eu>).

La piattaforma europea ha l'obiettivo di aiutare i responsabili politici a livello dell'Unione Europea, ma anche nazionale, regionale e locale nell'elaborazione di misure e politiche di adattamento ai cambiamenti climatici. CLIMATE ADAPT faciliterà gli utenti ad acquisire, divulgare ed integrare informazioni concernenti i cambiamenti climatici in Europa ed i relativi impatti, la vulnerabilità dei sistemi socio-economici e dei settori naturali, le attività e strategie di adattamento ai diversi livelli, i casi studio e le possibili opzioni di adattamento, gli strumenti disponibili a sostegno della pianificazione dell'adattamento.

Una solida base informativa rappresenta certamente il presupposto principale per stimolare e incentivare gli Stati membri allo sviluppo di strategie e piani di adattamento a livello nazionale e regionale che la Commissione prevede, con ogni probabilità, di rendere obbligatorie a partire dal 2012. Ad oggi già numerosi Paesi (Finlandia, Francia, Spagna, Paesi Bassi, Danimarca, Regno Unito, Germania, Ungheria, Norvegia, Svezia, Irlanda, Lettonia, Portogallo, Belgio), ma non ancora l'Italia, hanno avviato processi di sviluppo e implementazione di strategie e piani nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici, nonché di politiche e programmi, al fine di assicurare al proprio territorio un futuro sviluppo sostenibile ed evitare di pagare un prezzo troppo elevato in termini di danni ambientali, perdita di vite umane e costi economici.

Il sistema europeo di *emissions trading*

Nei Paesi dell'Unione Europea, un ruolo centrale nelle strategie di mitigazione (ossia di prevenzione dei cambiamenti climatici attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra e l'incremento degli assorbimenti di anidride carbonica) è stato assegnato all'attuazione del sistema europeo di *emissions trading*, istituito in base alla Direttiva 2003/87/CE.

Questo sistema comporta la definizione di un limite massimo (*cap*) alle emissioni di gas serra dagli impianti industriali che ricadono nel campo di applicazione dalla direttiva.

I permessi di emissione ammissibili vengono assegnati a ciascun impianto attraverso il Piano Nazionale di Allocazione (PNA). Ogni

Nei Paesi dell'Unione Europea, un ruolo centrale nelle strategie di mitigazione è stato assegnato all'attuazione del sistema europeo di emissions trading, istituito in base alla Direttiva 2003/87/CE.

permesso (*European Allowances Unit, EAUs*) attribuisce il diritto a emettere una tonnellata di anidride carbonica in atmosfera nel corso dell'anno di riferimento.

I permessi di emissione di CO₂ allocati, ma non utilizzati, possono essere scambiati tra i diversi operatori del mercato europeo.

Tale sistema dovrebbe innescare un meccanismo di mercato di natura concorrenziale che porti alla riduzione delle emissioni da parte degli impianti industriali.

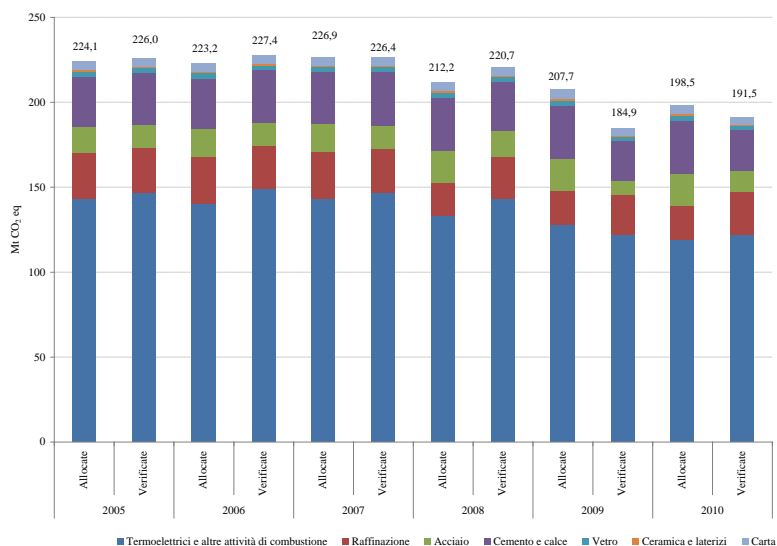
Da questo punto di vista, il prezzo al quale sono stati scambiati i permessi di emissione sul mercato europeo rappresenta un utile indicatore dell'efficacia del sistema e della sua capacità di trasmettere agli operatori un segnale di scarsità rispetto alla disponibilità di permessi.

Il primo periodo di implementazione del **sistema di emissions trading** (ETS) è partito il 1° gennaio 2005 e si è concluso il 31 dicembre 2007.

In Italia, le quote del primo periodo sono state assegnate con il provvedimento DEC/RAS/74/2006 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

Con la Decisione 20/2/2008 il Comitato nazionale di gestione e attuazione della Direttiva 2003/87/CE, costituito da rappresentanti del MATTM e del Ministero dello sviluppo economico, ha provveduto all'assegnazione delle quote per il secondo periodo (2008-2012).

Per il periodo dal 2005 al 2010 sono disponibili i dati consuntivi delle emissioni allocate e verificate di gas serra (Figura 1.30).



Il primo periodo (2005-2007) si è concluso con emissioni di gas serra superiori alle allocazioni (+5,6 Mt CO₂). Dal 2008 al 2010, le emissioni verificate sono inferiori alle emissioni consentite (-21,3 Mt CO₂), per effetto della crisi economica particolarmente evidente negli ultimi due anni.

Legenda:

Allocate: quote di emissione di CO₂ assegnate agli impianti

Verificate: quantità di CO₂ effettivamente emessa dagli impianti

Figura 1.30: Confronto tra emissioni allocate e verificate per i diversi settori industriali⁷⁵

⁷⁵ Fonte: ISPRA

Il primo periodo si è concluso con emissioni di gas serra superiori alle allocazioni (+5,6 Mt CO₂).

Nel 2008, il primo anno del secondo periodo (2008-2012), le emissioni verificate superano di 8,5 Mt CO₂ la quantità di emissioni consentite, in seguito all'incremento delle emissioni da parte dei settori termoelettrico e della raffinazione, mentre gli altri settori fanno registrare emissioni inferiori alle rispettive allocazioni.

Nel biennio 2009-2010 diventa particolarmente evidente la contrazione delle emissioni per effetto della crisi economica, sebbene nel 2010 si osservi un differenziale inferiore rispetto all'anno precedente tra emissioni allocate e verificate (22,8 Mt CO₂ nel 2009 e 7 Mt CO₂ nel 2010).

Tale contrazione riguarda tutti i settori, con la sola eccezione del settore della raffinazione che, per tre anni consecutivi, fa registrare emissioni maggiori rispetto alle quote di emissioni consentite (Figura 1.31).

Anche per il settore termoelettrico si osserva nel 2010 un lieve surplus di emissioni rispetto alla quantità allocata (+2,7%).

Il primo periodo (2005-2007) si è concluso con emissioni di gas serra superiori alle allocazioni (+5,6 Mt CO₂).

Nel 2008, primo anno del secondo periodo, le emissioni verificate superano di 8,5 Mt CO₂ la quantità di emissioni consentite, mentre nei due anni successivi diventa particolarmente evidente la contrazione delle emissioni per effetto della crisi economica.

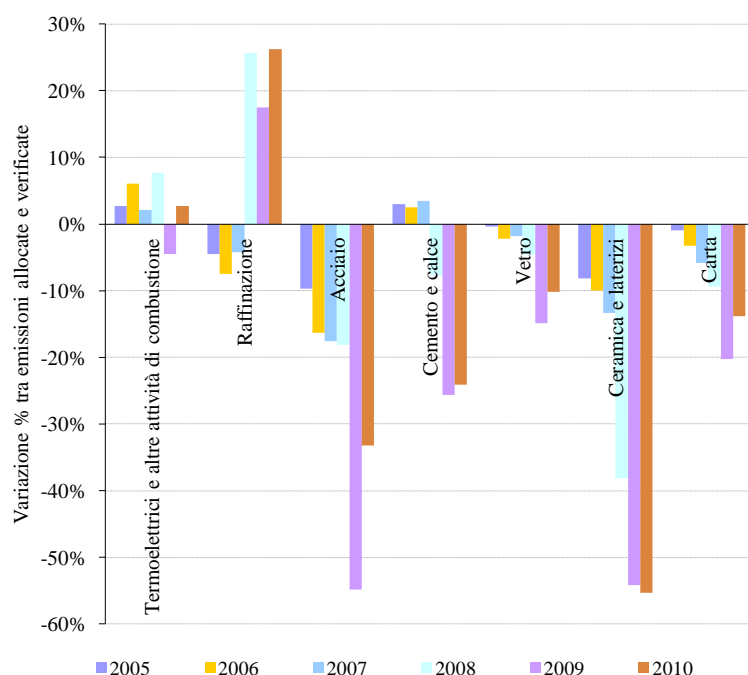


Figura 1.31: Variazione percentuale delle emissioni allocate di CO₂ rispetto alle quote verificate per i diversi settori industriali⁷⁶

La contrazione, nel secondo periodo (2008-2012), delle emissioni per effetto della crisi economica riguarda tutti i settori, con la sola eccezione del settore della raffinazione che, per tre anni consecutivi, fa registrare emissioni maggiori rispetto alle quote di emissioni consentite. Anche per il settore termoelettrico si osserva nel 2010 un lieve surplus di emissioni rispetto alla quantità allocata (+2,7%).

La contrazione delle emissioni rende particolarmente complessa la valutazione dell'efficacia ambientale del sistema dell'*emissions trading* per il periodo successivo al 2012. Infatti, le emissioni allocate che non sono state effettivamente emesse rappresentano permessi emissivi che gli operatori possono rivendere o utilizzare negli anni successivi, quando i diversi settori industriali si riprenderanno dalla

La contrazione delle emissioni in seguito alla crisi economica rende particolarmente complessa la valutazione

⁷⁶ Fonte: ISPRA

crisi. Il *surplus* di permessi, già rilevato per alcuni settori in ambito europeo⁷⁷, si è ulteriormente accentuato con la crisi economica e pertanto potrà rappresentare un ostacolo agli investimenti nei settori a più basso contenuto di carbonio.

La Commissione Europea ha approvato, con Decisione del 22 ottobre 2010, la quantità di emissioni da allocare a livello europeo per il 2013 (2.039,15 Mt CO₂). I permessi emissivi resi disponibili dalla crisi economica possono effettivamente rappresentare un incremento della soglia emissiva *post* 2012, laddove non saranno utilizzati per compensare le emissioni in eccesso rispetto alle allocazioni nel periodo precedente alla crisi economica.

Efficienza e risparmio energetico

Per quanto riguarda la produzione nazionale di elettricità si segnala il ruolo crescente della cogenerazione, che consente di incrementare l'efficienza di conversione dell'energia disponibile nelle fonti primarie. I dati della produzione elettrica mostrano che, dal 1997, il fabbisogno di nuova energia elettrica da impianti termoelettrici è prodotto quasi interamente in cogenerazione (Figura 1.32). Nel 2010 si assiste a una lieve ripresa della produzione termoelettrica (+2%) dopo una rapida diminuzione registrata nel 2009 (-13,5% rispetto all'anno precedente). Nell'ultimo anno, la quota della produzione combinata di energia elettrica e calore è del 49,2%, mentre nel 1997 era del 21%.

Per quanto riguarda il *mix* delle fonti primarie, si sottolinea che il ruolo crescente del gas naturale nella produzione termoelettrica influenza in termini positivi il *trend* delle emissioni di gas serra. Ciò è dovuto, oltre al valore più basso del fattore di emissione del gas naturale rispetto a quello delle altre fonti primarie, anche alla maggiore efficienza dei cicli combinati alimentati a gas naturale rispetto ai cicli a vapore tradizionali.

dell'efficacia ambientale del sistema dell'emissions trading per il periodo successivo al 2012.

A livello nazionale, si segnala il ruolo crescente della cogenerazione, che consente di incrementare l'efficienza di conversione dell'energia disponibile nelle fonti primarie.

Il ruolo crescente del gas naturale nella produzione termoelettrica influenza in termini positivi il trend delle emissioni di gas serra.

⁷⁷ Gaudio D., Caputo A., Arcarese C., "A preliminary assessment of CO₂ emissions abatement resulting from the implementation of the EU ETS in Italy", proceedings of the workshop "ecee 2009 Summer Study", 1-6 June 2009, La Colle sur Loup, Côte d'Azur, France, http://www.ecee.org/conference_proceedings/ecee/2009/

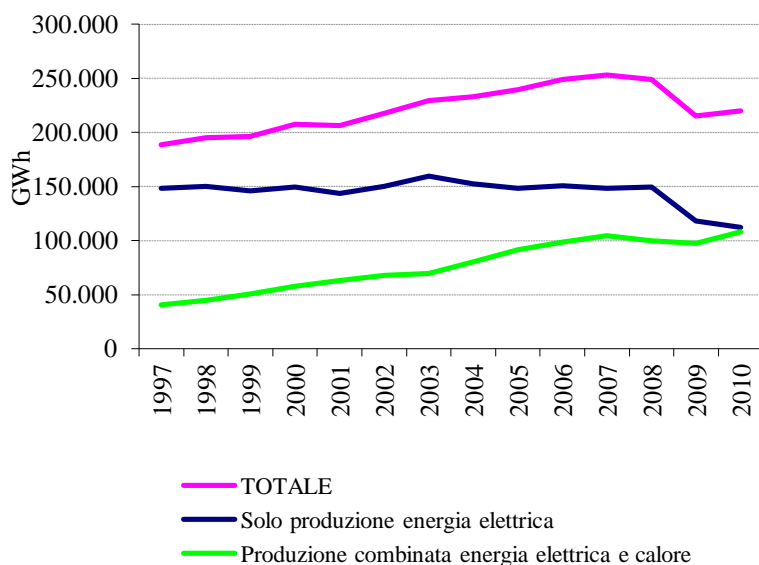


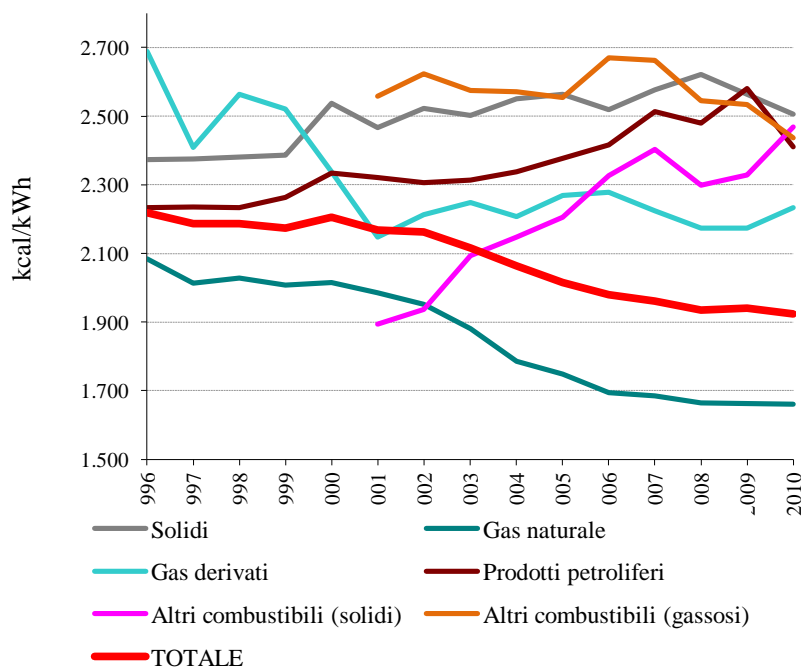
Figura 1.32: Produzione netta di energia termoelettrica⁷⁸

Nel periodo 1996-2010 si registra una diminuzione del 20,4% dei consumi specifici medi di gas naturale per la produzione netta di energia elettrica. Anche i gas derivati presentano, nel 2010, una sensibile diminuzione dei consumi specifici, pari al 16,9% rispetto al 1996, sebbene nell'ultimo anno mostrano un incremento del 2,8% rispetto al 2009. Considerando tutti i combustibili utilizzati per la produzione elettrica, il consumo specifico medio diminuisce del 13,3%. Il consumo specifico medio per la produzione elettrica riferito a tutti i combustibili risente dell'utilizzo dei prodotti con minore efficienza rispetto ai combustibili gassosi, come i prodotti petroliferi o i combustibili solidi. Infatti, nel periodo considerato (1996-2010) i consumi specifici medi dei prodotti petroliferi e del combustibile solido aumentano rispettivamente del 7,9% e del 5,6%, mentre nell'ultimo anno entrambi i combustibili presentano una marcata riduzione dei consumi specifici, -6,6% e -2,2% rispettivamente (Figura 1.33).

L'incremento medio annuo di produzione elettrica, dal 1997 al 2010, è circa 5.527 GWh/anno e 2.410 GWh/anno, rispettivamente per la produzione termoelettrica con cogenerazione e per la produzione termoelettrica totale. La produzione di sola energia elettrica si mantiene pressoché costante fino al 2008, per poi subire una brusca riduzione. Tali dati segnalano che, dal 1997, il fabbisogno di nuova energia termoelettrica è prodotto quasi interamente in cogenerazione.

Nel periodo 1996-2010, il consumo specifico medio di tutti i combustibili utilizzati per la produzione netta di energia elettrica diminuisce del 13,3% (-0,9% tra il 2009 e il 2010).

⁷⁸ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.



Nel periodo 1996-2010 si ha una diminuzione del 20,4% dei consumi specifici medi di gas naturale e del 16,9% di quelli dei gas derivati. In generale, per la produzione elettrica, il consumo specifico medio - dal 1996 al 2010 - diminuisce del 13,3%. A fronte di un aumento - tra il 1996 e il 2010 - dei prodotti petroliferi e del combustibile solido rispettivamente del 7,9% e 5,6%.

Figura 1.33: Consumi specifici medi di combustibile nella produzione netta di energia elettrica da fonti fossili⁷⁹

Il settore della produzione elettrica rappresenta una delle principali sorgenti di emissioni di gas serra nazionali. Nel 2010 le emissioni di anidride carbonica per la produzione elettrica sono state pari a 118,4 Mt CO₂eq, pari all' 88,9% delle emissioni da industrie energetiche e al 23,6% delle emissioni totali nazionali. I fattori di emissione atmosferica di anidride carbonica dalle attività di generazione elettrica sul territorio nazionale mostrano una costante riduzione delle emissioni per kWh prodotto a partire dal 1990. La diminuzione delle emissioni è dovuta a diversi fattori che contribuiscono in varia misura:

- variazione del *mix* combustibile utilizzato dal parco termoelettrico con prevalenza di combustibili con basso contenuto di carbonio e maggiore potere calorifico, come il gas naturale;
- miglioramento tecnologico degli impianti di combustione a partire dal 2001 e maggiore efficienza dei cicli combinati alimentati a gas naturale rispetto ai cicli a vapore tradizionali;
- produzione elettrica da fonti rinnovabili con emissioni atmosferiche nette di anidride carbonica pari a zero.

Per quanto riguarda i fattori di emissione da consumo elettrico, a livello di utente, la riduzione dei fattori di emissione è dovuta anche ai seguenti fattori:

- aumento del rapporto tra produzione di energia elettrica netta ed energia elettrica lorda;
- riduzione delle perdite di rete;
- incremento della quota di energia elettrica importata dall'estero.

⁷⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.

Tabella 1.6: Fattori di emissione (g CO₂/kWh) per la produzione termoelettrica, produzione elettrica totale e per consumi elettrici⁸⁰

Anno	Produzione termoelettrica lorda	Produzione elettrica lorda*	Consumi elettrici
	g CO ₂ /kWh		
1990	708.35	592.01	577.76
1991	711.36	562.91	550.31
1992	696.85	553.23	539.99
1993	683.52	542.15	520.42
1994	679.63	535.83	518.24
1995	691.93	570.66	556.47
1996	680.57	549.28	534.61
1997	669.72	543.89	528.53
1998	672.01	549.09	533.99
1999	662.34	532.48	516.45
2000	649.24	528.35	510.59
2001	628.05	504.87	480.80
2002	628.26	522.99	497.28
2003	607.86	513.66	490.47
2004	592.86	491.48	477.37
2005	568.16	482.30	462.05
2006	560.53	475.77	460.98
2007	546.22	469.17	453.38
2008	533.77	443.34	435.68
2009	522.60	409.68	393.87
2010	513.80	396.34	382.13

Legenda:

* al netto di apporti da pompaggio.

La Direttiva 2006/32/CE fissa gli obiettivi per gli Stati membri per l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. L'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico è pari al 9% entro il nono anno di applicazione della direttiva (2016).

In ottemperanza alla Legge 99/2009, che prevedeva il varo di un Piano straordinario per l'efficienza e il risparmio energetico da trasmettere alla Commissione Europea (art. 27), il 27 luglio 2011 è stato approvato dalla Conferenza Stato-Regioni il secondo Piano di Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE 2011). Il PAEE 2011 in continuità con il primo Piano presentato dall'Italia nel luglio del 2007, mantiene l'obiettivo quantitativo di riduzione dei consumi al 2016 pari al 9,6% (126.540 GWh/anno) e presenta i risultati ottenuti nel 2010. Un elemento di novità è costituito dall'estensione delle stime del PAEE dal 2016 al 2020 con l'obiettivo di mettere in relazione le politiche sulle fonti rinnovabili con le politiche di efficienza energetica.

Il Piano prende in considerazione il nuovo quadro legislativo, in particolare tra i nuovi provvedimenti si segnalano il D.Lgs. 115/08, che attua la Direttiva 2006/32/CE, il DM 26 giugno 2009 contenente le Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici per l'attuazione del D.Lgs. 192/2005, la Legge 99/2009 e il D.Lgs. 28/2011 in attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulle risorse rinnovabili. In relazione agli obiettivi raggiunti nel 2010, il Piano mostra come i risultati siano stati superiori alle attese.

In base alla Direttiva 2006/32/CE, l'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico è pari al 9% entro il nono anno di applicazione della direttiva (2016).

⁸⁰ Fonte: ISPRA

Complessivamente sono stati risparmiati 47.711 GWh, pari al 33,8% in più rispetto ai risultati attesi nel periodo intermedio indicato nel Piano del 2007 (Tabella 1.7).

Tabella 1.7: Risparmio energetico annuale conseguito e atteso nel 2010 e risparmio energetico annuale atteso nel 2016 e 2020⁸¹

Misure di miglioramento dell'efficienza energetica	Risparmio energetico annuale		Variazione tra conseguito e atteso	Risparmio energetico annuale atteso	
	conseguito nel 2010	atteso nel 2010		2016	2020
	GWh/anno		%	GWh/anno	
Residenziale	31.427	16.998	84,9%	60.027	77.121
Terziario	5.042	8.130	-38,0%	24.590	29.698
Industria	8.270	7.040	17,5%	20.140	28.678
Trasporti	2.972	3.490	-14,8%	21.783	49.175
TOTALE	47.711	35.658	33,8%	126.540	184.672

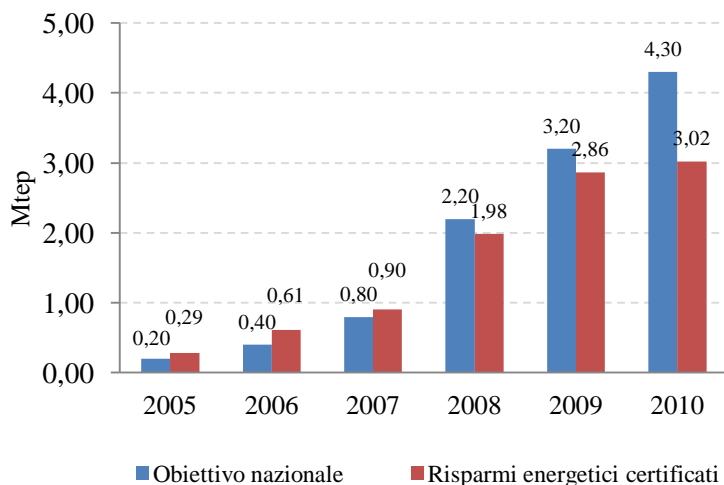
Il settore Residenziale rappresenta il 65,9% dei risparmi conseguiti nel 2010 e anche nei successivi anni resta il settore con la più elevata potenzialità di risparmio (47,4% nel 2016 e 41,8% nel 2020). I risparmi ottenuti, infatti, nel Residenziale sono superiori del 84,9% rispetto alle attese. Il settore industria rappresenta il 17,3% dei risparmi conseguiti nel 2010 e ha fatto registrare risparmi superiori del 17,5% alle attese. Per i settori terziario e trasporti si è riscontrato, invece, un risultato negativo nel 2010. In base a quanto riportato nel nuovo Piano, le misure identificate per il raggiungimento dell'obiettivo del 2016 permetteranno di risparmiare il 14% di energia nel 2020, rispetto alla media dei consumi energetici dal 2001 al 2005. Inoltre, i risparmi energetici attesi nel 2016 e 2020 permetteranno di evitare le emissioni annue pari a 37,2 Mt CO₂ e 45 Mt CO₂, rispettivamente.

In base al PAAE 2011, le misure identificate per il raggiungimento dell'obiettivo del 2016 permetteranno di risparmiare il 14% di energia nel 2020, rispetto alla media dei consumi energetici dal 2001 al 2005. Inoltre, detti risparmi, attesi nel 2016 e 2020, permetteranno di evitare emissioni annue rispettivamente pari a 37,2 Mt CO₂ e 45 Mt CO₂.

Tra gli strumenti attualmente operativi per il risparmio energetico, occupa un ruolo centrale il sistema dei certificati bianchi, previsto dall'art. 6 della Direttiva 2006/32/CE, al quale l'Italia ha dato attuazione subito dopo il Regno Unito, con i Decreti Ministeriali 20 luglio 2004. L'obiettivo di questi decreti, successivamente integrati dal Decreto Ministeriale 21 dicembre 2007, è quello di conseguire un risparmio di energia che andrà aumentando anno per anno fino a raggiungere, nel 2012, un livello pari a 6 Mtep, attraverso l'introduzione di obblighi quantitativi di risparmio di energia primaria per i distributori di energia elettrica e di gas naturale.

L'obiettivo dei DM del 20 luglio 2004 e del DM del 21 dicembre 2007 è conseguire un risparmio di energia che andrà aumentando fino a raggiungere, nel 2012, un livello pari a 6 Mtep all'anno.

⁸¹ Fonte: Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica, 2011



Nei primi tre anni di funzionamento del sistema dei certificati bianchi, i risparmi energetici certificati sono stati sempre superiori agli obiettivi annuali individuati dai decreti, mentre negli ultimi tre anni l'obiettivo non è stato raggiunto.

Legenda:

Per gli "obiettivi nazionali" l'anno di riferimento è quello solare;

Per quanto concerne "i risparmi energetici certificati" il primo anno (2005) fa riferimento al periodo che va dal 1° gennaio 2005 al 31 maggio 2006, per gli anni successivi il periodo di riferimento va dal 1° giugno dell'anno riportato al 31 maggio dell'anno successivo

Figura 1.34: Confronto tra gli obiettivi nazionali di risparmio energetico e i risparmi energetici certificati⁸²

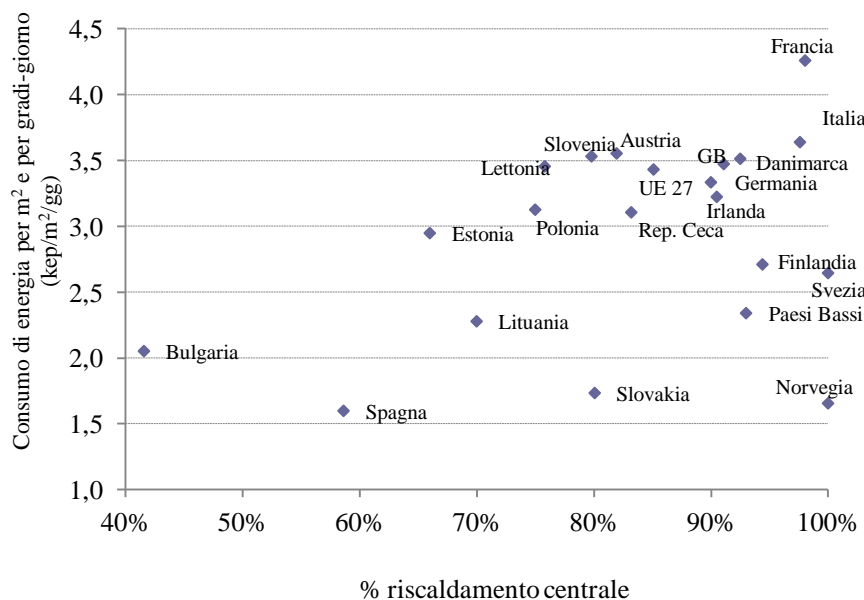
La Figura 1.34 mette in evidenza che, nei primi tre anni di funzionamento del sistema, i risparmi energetici certificati sono stati superiori agli obiettivi annuali individuati dai decreti sopra citati, mentre negli ultimi tre anni gli obiettivi non sono stati raggiunti. Dal 2008 al 2010, i risparmi certificati cumulativamente sono inferiori all'obiettivo del 18,9%. Dai risultati si evince che il sistema dei certificati bianchi mostra segni di affanno nel conseguimento degli obiettivi fissati e merita un ulteriore rafforzamento. Applicando un fattore di emissione è possibile esprimere i risparmi certificati in termini di emissioni di gas serra evitate. In particolare, ipotizzando un fattore di emissione di circa 2,3 tCO₂/tep (tipico del gas naturale), risulta che nel 2010 i certificati bianchi hanno permesso di evitare l'emissione di 6,9 Mt CO₂ e dal 2005 sono state evitate 22,2 Mt CO₂ cumulative.

Applicando un fattore di emissione è possibile esprimere i risparmi certificati in termini di emissioni di gas serra evitate. Ipotizzando un fattore di emissione di circa 2,3 tCO₂/tep (tipico del gas naturale) risulta che dal 2005 i certificati bianchi hanno permesso di evitare 22,2 Mt CO₂ cumulative.

Per dare un nuovo impulso ai certificati bianchi l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas ha emanato le nuove linee guida sui titoli di efficienza energetica con la Delibera EEN 9/11 del 27 ottobre 2011. Tra le misure previste per rendere più agevole la presentazione di progetti e aumentarne il numero vi è l'introduzione di coefficienti moltiplicativi – coefficienti di durabilità - che considerano la vita tecnica degli interventi aumentando i certificati bianchi rilasciati nel corso della vita utile rispetto al passato. Inoltre, è stata ridotta la soglia minima dei progetti ed è stato innalzato il tempo massimo entro cui presentare un progetto. Altra misura di particolare rilievo è l'introduzione dei titoli di efficienza energetica attestanti i risparmi nel settore dei trasporti.

⁸² Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati AEEG - Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, "Il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica dal 1° gennaio al 31 maggio 2011". Secondo Rapporto Statistico Intermedio relativo all'anno d'obbligo 2010, predisposto ai sensi dell'articolo 8, comma 1, del Decreto ministeriale 21 dicembre 2007

In quasi tutti gli Stati membri dell'Unione Europea, tra gli usi energetici negli edifici, il riscaldamento rappresenta la componente principale con il 68,4% dei consumi totali di energia negli edifici (2008). Considerando la correzione per le condizioni climatiche l'Italia, subito dopo la Francia, è tra i paesi con il più elevato consumo energetico per unità di superficie e per gradi giorno nel settore domestico (Figura 1.35).



Nel 2008, i dati corretti per condizione climatica dei consumi energetici per m² evidenziano che l'Italia è uno dei paesi a maggior consumo, dopo la Francia.

Nota:

Il riscaldamento centrale (che include il teleriscaldamento, il riscaldamento condominiale, le caldaie autonome e il riscaldamento elettrico), implica che l'intero edificio è riscaldato, a differenza del riscaldamento fornito a una singola stanza

Figura 1.35: Consumi energetici per m² e per gradi giorno negli edifici (2008)⁸³

Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente, la recente diffusione del riscaldamento centrale degli edifici e l'aumento delle dimensioni medie delle unità abitative ha contribuito all'incremento della richiesta energetica nel settore domestico. È stato stimato che la sostituzione dei dispositivi per il riscaldamento di una singola stanza con dispositivi di riscaldamento centralizzato determina un incremento medio del 25% dell'energia richiesta per il riscaldamento. La percentuale di edifici con riscaldamento centrale aumenta a livello europeo dal 77% nel 1990 all'85% nel 2008. Pertanto all'aumento delle dimensioni medie degli spazi abitativi e del numero di elettrodomestici, circa il 70% dell'efficienza energetica raggiunto attraverso il progresso tecnologico è stato compensato dall'incremento dei consumi energetici.

Per quel che concerne l'efficienza edilizia sul territorio nazionale appare di particolare rilievo lo stimolo al miglioramento dell'efficienza degli edifici operato attraverso il meccanismo di incentivazione delle detrazioni fiscali. Tale meccanismo è stato

Per l'efficienza edilizia sul territorio nazionale appare di particolare rilievo

⁸³ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EEA/ODYSSEE

introdotto con la finanziaria del 2007 (L 27 dicembre 2006 n. 296) e successivamente modificato e prorogato fino al 31 dicembre 2010 dalla finanziaria del 2008 (L 24 dicembre 2007, n. 244) per favorire il risparmio energetico nel settore edilizio, e consiste nella detrazione del 55% dall'IRPEF (Imposta sul Reddito Persone Fisiche) o dall'IRES (Imposta sul REddito delle Società) delle spese sostenute per la realizzazione di interventi di risparmio energetico negli edifici esistenti (ne sono esclusi gli immobili di nuova costruzione e gli ampliamenti). In sintesi gli interventi soggetti alle detrazioni riguardano:

- riqualificazione energetica globale dell'edificio;
- interventi su strutture opache orizzontali, strutture opache verticali e finestre comprensive di infissi;
- installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda;
- sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione o, in alternativa, con pompe di calore ad alta efficienza ovvero con impianti geotermici a bassa entalpia.

In base ai dati elaborati da ENEA⁸⁴, per il triennio 2007-2009, il numero di interventi di riqualificazione edilizia che hanno beneficiato del meccanismo incentivante sono aumentati considerevolmente dal 2007 al 2008, passando da 106.000 a 247.800, nel 2009 subisce una lieve flessione passando a 236.700.

Gli interventi hanno permesso di conseguire un risparmio energetico di 67,7 ktep nel 2007, di 168,7 ktep nel 2008 e di 127,9 ktep nel 2009. Il risparmio energetico è strettamente connesso alla quantità di anidride carbonica non emessa in atmosfera, ovvero 168 kt CO₂ nel 2007, 417 kt CO₂ nel 2008 e 316 kt CO₂ nel 2009.

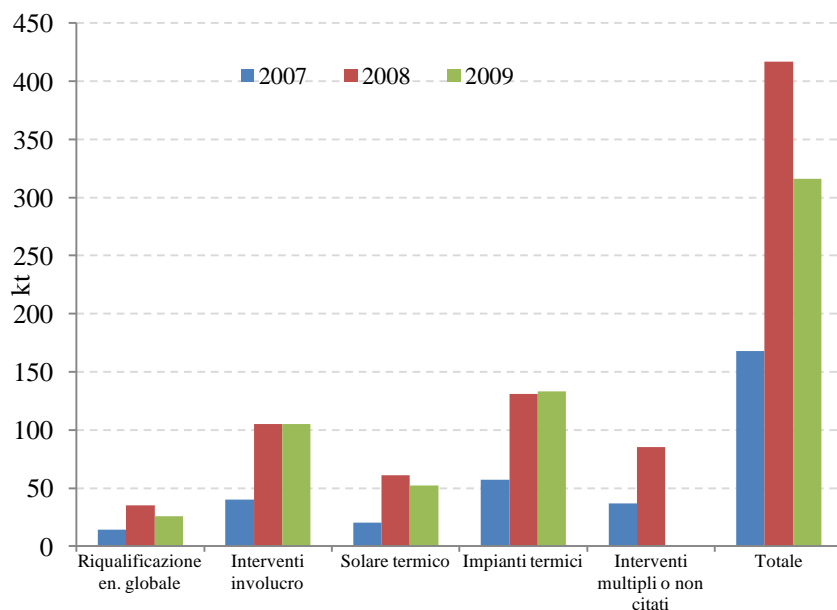
Nonostante la flessione del numero di interventi tra il 2009 e il 2008 sia soltanto del 4,5%, il risparmio energetico totale subisce una riduzione del 24,2%. Tale situazione può essere dovuta alla minore efficienza degli interventi nel 2009.

Considerando i tep risparmiati per gli interventi nei diversi anni, si osserva un valore medio pari a 0,64 e 0,68 tep/intervento rispettivamente nel 2007 e nel 2008, mentre nel 2009 scende a 0,54 tep/intervento.

Tuttavia, secondo quanto affermato nel rapporto di ENEA, le semplificazioni procedurali e amministrative, nonché la riduzione degli impegni tecnici e formali da espletare a carico dei tecnici e dei beneficiari finali hanno contribuito, nel corso del terzo anno, a una minore attendibilità dei dati rispetto al passato.

lo stimolo al miglioramento dell'efficienza degli edifici operato attraverso il meccanismo di incentivazione delle detrazioni fiscali.

⁸⁴ MSE-ENEA, 2010, *Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente nel 2009*



Gli interventi di riqualificazione edilizia che hanno beneficiato del meccanismo incentivante hanno permesso un risparmio complessivo di 901 kt CO₂ nel periodo 2007-2009.

Nota:

Dati elaborati in base alle pratiche inviate a ENEA per via telematica. I dati 2009 non computano il contributo delle pratiche inviate per via cartacea, stimato in circa l'1%.

Figura 1.36: CO₂ non emessa in funzione del tipo di intervento di riqualificazione edilizia⁸⁵

Fonti rinnovabili

Per quanto riguarda l'energia elettrica da fonti rinnovabili, a partire dal 2006 si osserva un significativo incremento della capacità installata con una crescita annuale di carattere esponenziale.

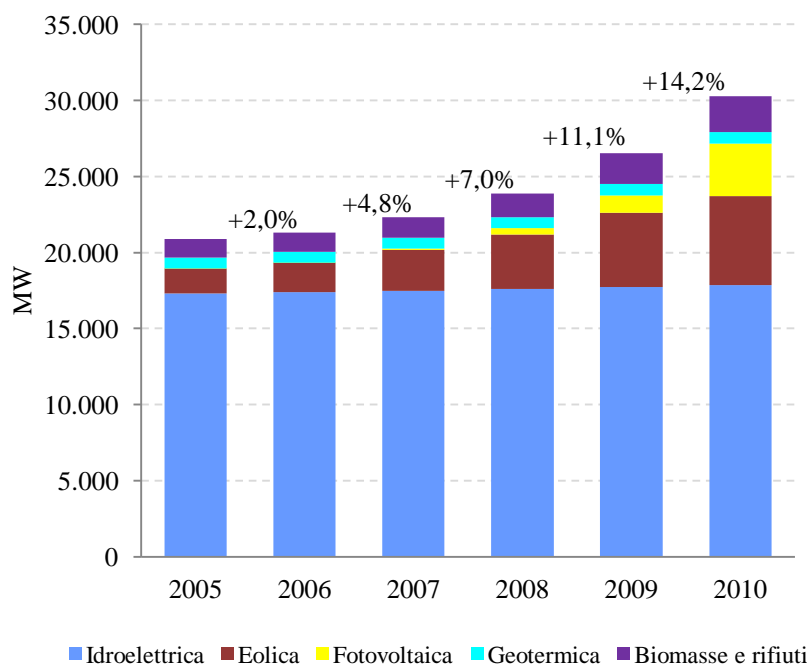
Nel 2010 la potenza efficiente lorda operativa è passata a 30.284 MW, con un incremento del 14,2% (3.767 MW) rispetto all'anno precedente.

Particolarmente rapido è lo sviluppo del fotovoltaico, passato da 7 MW del 2006 a 3.470 del 2010, e dell'eolico, da 1.908 MW del 2006 a 5.814 del 2009.

L'incremento della potenza installata nell'ultimo anno è prevalentemente dovuto allo sviluppo degli impianti fotovoltaici (+2.328 MW) ed eolici (+916 MW), seguiti dagli impianti a bioenergie e idroelettrici, rispettivamente con +333 MW e +155 MW.

In Italia, a partire dal 2006, si osserva un significativo incremento della capacità installata per l'insieme delle fonti rinnovabili.

⁸⁵ Fonte: MSE-ENEA



In Italia, a partire dal 2006, si osserva un significativo incremento della capacità installata per l'insieme delle fonti rinnovabili.

Figura 1.37: Potenza efficiente lorda degli impianti da fonti rinnovabili⁸⁶

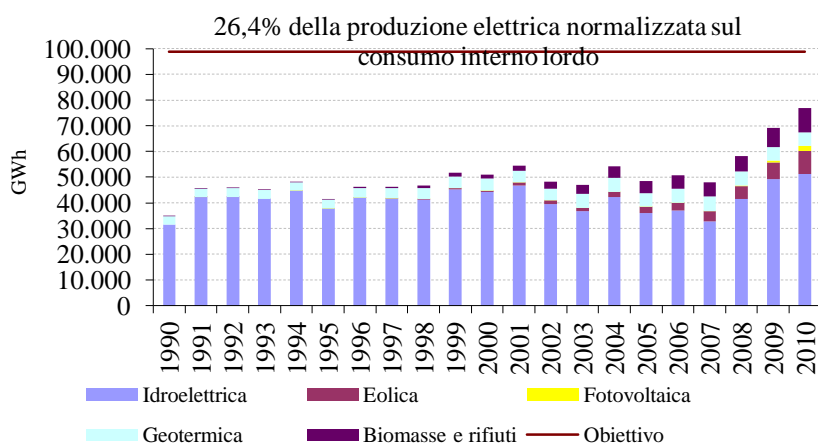
La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili si attesta, nel 2010, intorno a 77 TWh a fronte di una produzione elettrica totale pari a 302,1 TWh. La produzione nazionale di energia elettrica da fonti rinnovabili costituisce, quindi, il 25,5% della produzione elettrica totale. Il significativo incremento della quota di energia elettrica da fonti rinnovabili negli ultimi anni è dovuto alla contingente diminuzione della produzione elettrica totale in seguito alla crisi economica e alla crescita della produzione elettrica dalle diverse fonti rinnovabili. L'andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili è caratterizzato dalle fluttuazioni annuali del contributo dell'energia idroelettrica, legate alle condizioni meteorologiche, e dalla crescita del contributo delle fonti non tradizionali (eolico, geotermico, biomasse e rifiuti). Il contributo della fonte idroelettrica nel 2010 incide per il 66,4% della produzione elettrica da fonti rinnovabili, nonostante tale fonte rappresenti ancora il contributo principale è significativa la riduzione della quota relativa rispetto agli anni precedenti (media del 79,6% nel periodo 2001-2005 e del 71% nel periodo 2006-2009) dovuto all'incremento del contributo delle altre fonti. Negli ultimi anni è evidente l'incremento della produzione di elettricità dal vento (da 117,8 a 9.125,9 GWh nel periodo 1997-2010) e dalle bioenergie, che comprendono le biomasse e i rifiuti (da 694,2 a 9.440,1 GWh). Anche per la produzione di origine geotermica si osserva un aumento, da 3.905,2 a 5.375,9 GWh, nel periodo 1997-2010, sebbene negli ultimi anni si sia registrata una lieve diminuzione e nell'ultimo anno sia rimasta sostanzialmente stabile. Il contributo del fotovoltaico raggiunge il 2,5% della produzione elettrica da fonti rinnovabili (1.905,7 GWh nel 2010),

La produzione nazionale di energia elettrica da fonti rinnovabili costituisce il 25,5% della produzione elettrica totale.

⁸⁶ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.

con un incremento della produzione nel 2010 pari 1,8 volte quella del 2009. I rapporti mensili di TERNA sulla produzione elettrica⁸⁷ mostrano una rapida crescita della produzione da fotovoltaico che, nel 2011, ha raggiunto 9.258 GWh.

Gli obiettivi previsti dalla Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili entro il 2020 sono stati ripartiti nell'ambito del Piano di Azione Nazionale per le energie rinnovabili tra i settori elettrico, termico e dei trasporti. L'obiettivo per il settore elettrico al 2020, calcolato come rapporto tra la produzione elettrica normalizzata da fonti rinnovabili e consumo interno lordo, è pari al 26,4%. La produzione normalizzata dovrebbe quindi raggiungere 98,9 TWh rispetto ai 68,9 TWh del 2010⁸⁸.



La produzione elettrica nazionale da fonti rinnovabili rappresenta il 25,5% della produzione elettrica totale. Negli ultimi anni è evidente una crescita esponenziale della produzione elettrica da fonti rinnovabili.

Figura 1.38: Produzione lorda effettiva di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili⁸⁹

Tabella 1.8: Andamento della produzione elettrica da fonti rinnovabili rispetto al consumo interno lordo di energia elettrica in Italia⁹⁰

Anno	Produzione elettrica da FER ¹		CIL ²	Quota percentuale	
	Effettiva	Normalizzata		Eff./CIL	Norm./CIL
	TWh			%	
2005	48,4	56,4	346,0	14,0%	16,3%
2006	50,6	56,2	352,6	14,4%	15,9%
2007	47,7	56,6	354,5	13,5%	16,0%
2008	58,2	58,8	353,6	16,5%	16,6%
2009	69,3	62,7	333,3	20,8%	18,8%
2010	77,0	68,9	342,9	22,4%	20,1%

Legenda:

¹ Fonti Energetiche Rinnovabili

² Consumo Interno Lordo: Produzione lorda nazionale – Produzione da Pompaggio + saldo estero

Nel 2010, le quote di energia rinnovabile effettiva e normalizzata mostrano un notevole incremento: la prima arriva quasi al 22,4%, mentre la seconda al 20,1%. Le cause sono rintracciabili nella diminuzione del Consumo Interno Lordo e nel contestuale aumento della produzione rinnovabile.

⁸⁷ TERNA, 2011, *Rapporto mensile sul Sistema Elettrico – Consuntivo settembre 2011*

⁸⁸ GSE, 2011, *Impianti a fonti rinnovabili. Rapporto statistico 2010*

⁸⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.

⁹⁰ Fonte: GSE, 2011, *Impianti a fonti rinnovabili. Rapporto statistico 2010*

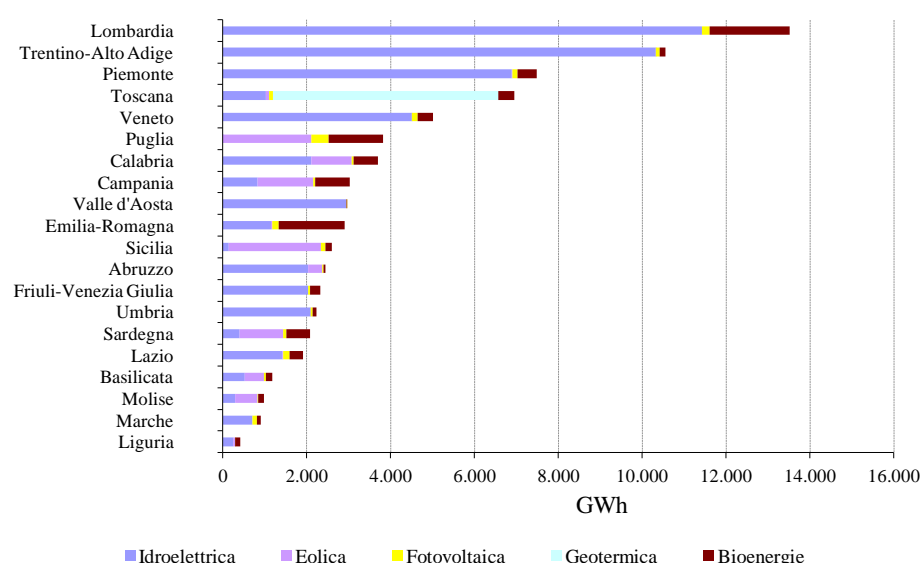
A livello regionale emerge una notevole eterogeneità nelle fonti energetiche prodotte. L'energia idroelettrica, concentrata nelle regioni dell'arco alpino, costituisce il 66,4% dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

La produzione di energia elettrica da fonte geotermica, limitata alla Toscana, costituisce il 7% dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Le bioenergie rappresentano il 12,3%, mentre l'eolico e il fotovoltaico rispettivamente l'11,9% e 2,5% della produzione elettrica da fonti rinnovabili.

La produzione dall'eolico avviene quasi totalmente nelle regioni meridionali e insulari (98%).

L'energia idroelettrica, concentrata nelle regioni dell'arco alpino, costituisce quasi il 66,4% dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.



A livello regionale emerge una notevole eterogeneità nelle fonti energetiche rinnovabili utilizzate.

Figura 1.39: Produzione lorda di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili a livello regionale (2010)⁹¹

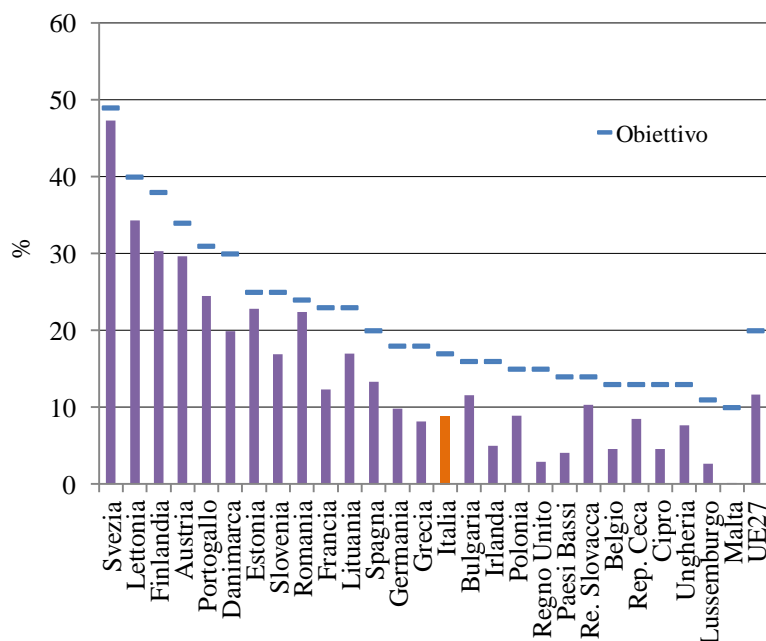
La Direttiva 2009/28/CE stabilisce le quote di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo al 2020 per ciascun Paese dell'Unione Europea; tali quote comprendono sia i consumi di energia da fonte rinnovabile per la produzione di elettricità, sia quelli per usi termici e nei trasporti. Prevede, inoltre, la possibilità di concludere accordi per il trasferimento statistico da uno Stato membro all'altro di una determinata quantità di energia da fonti rinnovabili e di cooperare tra loro, o anche con Paesi terzi, per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

L'obiettivo di consumo di energia rinnovabile assegnato all'Italia è pari al 17% del consumo finale lordo.

Nel 2009, la percentuale complessiva di energia rinnovabile rispetto al consumo finale è pari al 8,9% (Figura 1.40).

La Direttiva 2009/28/CE stabilisce le quote di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo al 2020 per ciascun Paese dell'Unione Europea.

⁹¹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati TERNA S.p.A.



L'obiettivo di consumo di energia rinnovabile assegnato all'Italia (Direttiva 2009/28/CE) è pari al 17% del consumo finale lordo. Nel 2009, la percentuale complessiva di energia rinnovabile rispetto al consumo finale è pari al 8,9%.

Figura 1.40: Percentuale dei consumi di energia da fonti rinnovabili rispetto al consumo finale nei Paesi europei (2009)⁹²

A livello nazionale, la Legge del 27 febbraio 2009, n. 13 prevede che gli obiettivi comunitari delle energie rinnovabili siano ripartiti, con modalità condivise, tra le regioni italiane. Come precedentemente riportato è stato di recente pubblicato il Decreto Ministeriale del *burden sharing* regionale. Allo stato attuale l'obiettivo assegnato alle Regioni è pari al 14,3% mentre la restante parte dipende da strumenti nella disponibilità dello Stato.

L'obiettivo assegnato alle regioni è il 14,3%, mentre la restante parte dipende da strumenti nella disponibilità dello Stato.

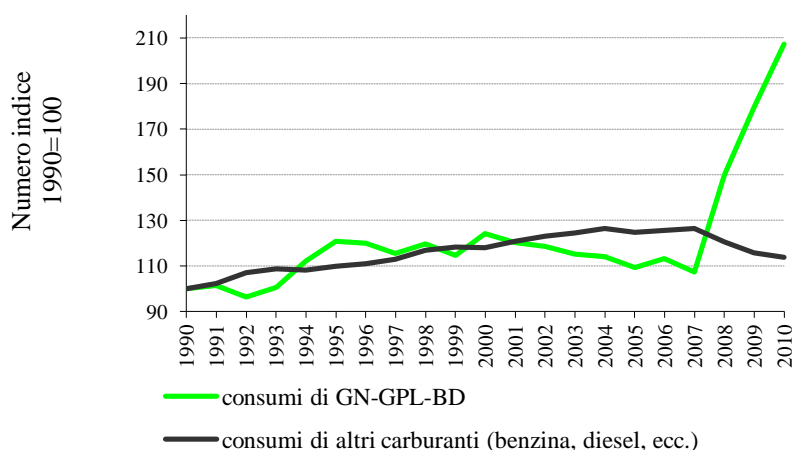
Carburanti a minore impatto ambientale nel settore dei trasporti

Per il settore dei trasporti, si rileva un costante incremento del consumo di combustibili dal 1990 al 2007 (+26,4% rispetto al 1990), successivamente si osserva una rapida contrazione dovuta agli effetti della crisi economica che porta il consumo di combustibili nel 2010 a un livello del 14% superiore rispetto al 1990. L'andamento dei consumi appare caratterizzato da periodiche fasi di stabilizzazione seguite da successive riprese. La quota utilizzata di carburanti a minor impatto ambientale (gas naturale, GPL, biodiesel), rispetto al totale dei carburanti, presenta un andamento irregolare passando dal 5,6% del 1990 al 4,8% del 2007, con un picco del 9,8% nel 2010. Dal 2000 al 2007 il consumo di questi carburanti mostra una diminuzione del 13,7% per poi subire una rapida impennata negli anni successivi dovuto principalmente all'incremento dei consumi di biodiesel, il cui consumo nel 2010 aumenta del 80,6% rispetto al 2008, mentre i consumi di GPL e di gas naturale aumentano rispettivamente del 21,2% e del 23,1%. È interessante notare che la contrazione dei consumi di combustibili nel periodo interessato dalla crisi economica ha riguardato solo i carburanti classici come benzina e diesel, con riduzioni dell'8,7% e del 3,7% nel 2010 rispetto al 2008.

⁹² Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Eurostat

Complessivamente l'incremento della quantità di carburanti a minor impatto consumati nel 2009 rispetto al 1990 è stato del 107,3%. Dai dati disponibili è evidente che, per il settore dei trasporti, i progressi legati all'adozione di misure tecnologiche relative all'efficienza dei motori sono controbilanciati, in Italia più ancora che negli altri Paesi europei, da una crescita della domanda di trasporto, soprattutto stradale, per cui l'impatto ambientale del settore dei trasporti continua a crescere. Per quanto concerne, invece, la qualità dei carburanti, si osserva come l'utilizzo di carburanti a minore impatto, oltre a essere marginale, sia suscettibile di notevole irregolarità sebbene negli ultimi tre anni si osservi una costante crescita del consumo di tali combustibili.

Gli effetti delle misure tecnologiche nei trasporti sono controbilanciati dalla crescita della domanda di trasporto, soprattutto stradale.



L'utilizzo di carburanti a minore impatto è marginale e suscettibile di notevole irregolarità. Negli ultimi anni si osserva una repentina impennata dovuta principalmente al biodiesel.

Legenda:

GN: gas naturale;
 GPL: gas di petrolio liquefatto;
 BD: biodiesel

Figura 1.41: Andamento dei consumi dei carburanti per trasporto (1990=100)⁹³

LULUCF (Land-use, Land-use change and forestry)

A fronte dell'incremento delle emissioni di gas serra provenienti dalle varie attività produttive e dai processi di deforestazione, una quantità importante di anidride carbonica è stata sottratta dall'atmosfera dal comparto LULUCF, dell'ordine di 0,2 miliardi di tonnellate di carbonio nel periodo 1980-1989 e di 0,7 miliardi di tonnellate di carbonio nel periodo 1989-1998 a livello globale⁹⁴. In Italia, il settore LULUCF, che include i diversi usi del suolo (quali foreste, terre coltivate, praterie, insediamenti urbani e zone umide) e i cambiamenti nell'uso del suolo, è stato responsabile del sequestro di 34,5 milioni di tonnellate di CO₂ eq nel 1990 e 56,5 milioni di tonnellate di CO₂eq nel 2010. Tuttavia, solo la frazione rimossa dalle foreste gestite può essere considerata nell'ambito della contabilità del Protocollo di Kyoto, secondo quanto previsto dagli articoli 3.3 (afforestazione, riforestazione e deforestazione) e 3.4 (gestione forestale⁹⁵).

In Italia, nel 2010, il settore LULUCF è stato responsabile del sequestro di 56,5 Mt di CO₂eq. La gran parte dell'assorbimento è dovuto alle foreste.

⁹³ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Ministero dello sviluppo economico

⁹⁴ IPCC, 2000, *Land-use, Land-use change and forestry*, IPCC Special Report

⁹⁵ L'Italia ha scelto solo la gestione forestale come attività aggiuntiva secondo quanto previsto dall'art. 3.4 del Protocollo di Kyoto; le altre attività sono la gestione delle terre coltivate, la gestione dei pascoli e la rivegetazione

GLOSSARIO

Burden Sharing:

Ripartizione regionale della quota minima di incremento dell'energia prodotta con fonti rinnovabili, in vista degli obiettivi europei prefissati per il 2020.

Certificati bianchi:

Chiamati anche "Titoli di Efficienza Energetica", attestano il conseguimento di risparmi energetici attraverso l'applicazione di tecnologie e sistemi efficienti. Vengono emessi dal Gestore del Mercato Elettrico sulla base delle certificazioni dei risparmi conseguiti, effettuate dall'Autorità. Un certificato equivale al risparmio di 1 tonnellata equivalente di petrolio (tep).

Clearinghouse

Meccanismo di scambio delle informazioni sotto forma di strumento *web* interattivo che fornisce l'accesso ad informazioni geospaziali e a fonti multiple di informazioni. L'obiettivo principale di una *Clearinghouse* è, pertanto, quello di facilitare la raccolta e la disseminazione di informazioni, dati e casi studio, e di aumentarne la condivisione al fine di costruire una consistente ed aggiornata base conoscitiva.

Emissions Trading System:

Sistema istituito in base alla Direttiva 2003/87/CE, come misura di mitigazione, che comporta la definizione di un limite massimo alle emissioni di gas serra dagli impianti industriali che ricadono nel campo di applicazione della direttiva. I permessi di emissione ammissibili vengono assegnati a ciascun impianto attraverso il Piano Nazionale di Allocazione. Ogni permesso attribuisce il diritto a emettere una tonnellata di CO₂ in atmosfera nel corso dell'anno di riferimento. I permessi di emissione di CO₂ allocati, ma non utilizzati, possono essere scambiati tra i diversi operatori del mercato europeo. Tale sistema dovrebbe innescare un meccanismo di mercato di natura concorrenziale che porti alla riduzione delle emissioni da parte degli impianti industriali.

Green Economy:

In base alla definizione delle Nazioni Unite, è un'economia che si traduce in un miglior benessere dell'uomo e riduce le disuguaglianze nel lungo periodo, senza esporre le generazioni future a significativi rischi ambientali.

LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry):

Settore per la stima degli assorbimenti e delle emissioni di gas serra derivanti da uso delle terre, cambiamento di uso delle terre e selvicoltura previsto dall'Inventario nazionale delle emissioni di gas serra.

Misure di mitigazione ai cambiamenti climatici:

Misure di risposta ai cambiamenti climatici, ossia di prevenzione dei cambiamenti climatici attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra e l'incremento degli assorbimenti di anidride carbonica.

Misure di adattamento ai cambiamenti climatici:

Misure di risposta ai cambiamenti climatici che hanno l'obiettivo di minimizzare le possibili conseguenze negative e di prevenire gli eventuali danni derivanti dai cambiamenti climatici.

Onde di calore:

Si verificano quando si registrano temperature molto elevate per più giorni consecutivi, spesso associate a tassi elevati di umidità, forte irraggiamento solare e assenza di ventilazione. Queste condizioni climatiche possono rappresentare un rischio per la salute della popolazione.

Protocollo di Kyoto:

È uno dei più importanti strumenti giuridici internazionali volti a combattere i cambiamenti climatici, che fa seguito alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici. Esso contiene gli impegni dei Paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas a effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta. Le emissioni totali dei Paesi sviluppati devono essere ridotte almeno del 5% nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990 e, secondo il Protocollo di Kyoto, l'Italia dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori rispetto alle emissioni del 1990, ossia a 483,26 Mt CO₂eq.

Tonnellata equivalente di petrolio (tep):

Unità di misura dell'energia. Si usa per poter paragonare tra loro quantità di energia diverse. Per definizione 1 tep equivale a 11.628 kWh.

CASO DI STUDIO

Gli impatti dei cambiamenti climatici sui beni culturali di Ancona

Introduzione

Gli effetti dei cambiamenti climatici sui beni di interesse storico-artistico sono stati affrontati, dalla comunità scientifica internazionale, solo in anni relativamente recenti.

Nel 2007, nell'ambito del progetto europeo Noa's Ark, è stato pubblicato il *Global Climate Change Impact on Built Heritage and Cultural Landscapes* in cui sono state elaborate le previsioni dei parametri climatici in Europa fino al 2100 e realizzate le “mappe di danno”, che rappresentano i potenziali impatti del clima e dell'ambiente sui materiali costituenti il patrimonio culturale¹.

Sulla base di questa e altre esperienze simili, nel 2011 ISPRA e ISCR (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro) hanno realizzato uno studio su un campione statistico del patrimonio culturale di Ancona, nell'ambito del progetto LIFE ACT (*Adapting to Climate Change in Time*).

Il lavoro si è basato in particolare sull'analisi della vulnerabilità (stato di conservazione) di alcuni dei beni selezionati nella città e della pericolosità territoriale (potenziali impatti) nello scenario attuale e in uno scenario futuro.

La correlazione tra la vulnerabilità dei beni e la pericolosità, calcolata a livello comunale, ha consentito di determinare quali siano i monumenti di Ancona, tra quelli esaminati, da ritenere potenzialmente più a rischio, al fine di individuare le opportune strategie di adattamento per la riduzione degli impatti.

Il progetto ACT (*Adapting to Climate Change in Time*)

Il problema degli impatti sociali, economici, culturali e ambientali connessi ai cambiamenti climatici, è stato affrontato recentemente nell'ambito del progetto LIFE ACT², avviato nel gennaio del 2010 e tuttora in fase di completamento³.

Il progetto, cui hanno partecipato i comuni di Ancona (Italia), Bullas (Spagna), Patrasso (Grecia) con il supporto di ISPRA, ha l'obiettivo di analizzare gli impatti dei cambiamenti climatici a livello comunale e di individuare le opportune strategie, da suggerire alle autorità locali, per favorire l'adattamento del territorio ai mutamenti climatici attuali e futuri.

Il progetto si è basato inizialmente sull'acquisizione, di tutte le informazioni relative agli scenari climatici futuri previsti per Ancona, Bullas e Patrasso fino al 2100; sulla base dei dati raccolti ogni città ha selezionato i settori ritenuti più vulnerabili e maggiormente esposti all'azione del clima, sui quali sono state realizzate analisi più

¹ *Global Climate Change on Built Heritage and Cultural Landscapes, The Noa's Ark project, Atlas and Guidelines_2007*

² <http://www.actlife.eu/EN/index.xhtml>

³ La conclusione del progetto è prevista per la fine del 2012

approfondite dei potenziali impatti.

I risultati ottenuti nelle aree tematiche selezionate consentiranno, a ciascuno dei tre comuni, di definire le linee guida contenenti le strategie di adattamento da implementare per la riduzione degli impatti a livello locale.

Il comune di Ancona ha individuato, tra i settori da analizzare, le infrastrutture, le coste, le frane e il patrimonio culturale.

Nei paragrafi successivi sono riportati il metodo e i risultati dello studio realizzato da ISPRA e dall'ISCR riguardo ai potenziali effetti del clima sul patrimonio culturale di Ancona.

I potenziali impatti dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale di Ancona: metodo e risultati

L'invecchiamento dei materiali è un processo irreversibile che interessa tutti i manufatti; proprio per questo motivo negli ultimi anni, in parallelo a un crescente interesse per la conservazione delle opere d'arte, è andato sviluppandosi un nuovo modo di affrontare il problema con un punto di vista propriamente scientifico, che costituisce un valido supporto alle decisioni da affrontare nelle fasi di restauro e di gestione o manutenzione dei manufatti stessi.

La valutazione del rischio per i beni di interesse storico-artistico richiede una conoscenza approfondita della distribuzione e delle caratteristiche chimico-fisiche del patrimonio culturale presente in un determinato territorio.

È infatti possibile individuare le potenziali minacce nei confronti di un aggregato di beni situato in una specifica area, se si conoscono gli elementi strutturali e la composizione dei monumenti considerati.

È, inoltre, fondamentale conoscere contemporaneamente, le caratteristiche geografiche (geologia, idrologia, pendenza) e ambientali del territorio con cui i beni interagiscono.

I fattori climatici (temperatura, umidità relativa dell'aria, vento, precipitazioni) e l'inquinamento atmosferico sono tra i principali responsabili di alcuni processi fisici, chimici e biologici che causano il deterioramento dei materiali (pietra, legno, metallo, ecc.) costituenti i beni culturali.

I monumenti calcarei, analizzati nel presente lavoro, sono generalmente sottoposti a fenomeni di erosione, biodeterioramento, cristallizzazione dei sali e a cicli di gelo e disgelo che favoriscono fenomeni di disgregazione e decoesione degli elementi componenti il manufatto (Figura 1).

Palazzo degli Anziani
patina biologica



Arco di Clementino:
cristallizzazione salina



Loggia dei Mercanti:
depositi superficiali



Chiesa del SS Sacramento:
erosione dei paramenti



Palazzo degli Anziani:
crosta nera



Figura 1: Alcune delle tipologie di degrado rilevate sui beni di natura calcarea di Ancona

L'approccio metodologico, seguito in questo studio per la stima del potenziale rischio per i beni culturali di Ancona, è quello descritto nella Carta del Rischio del Patrimonio Culturale⁴.

Il rischio individuale di un bene è una funzione che ha come argomenti la *vulnerabilità* (lo stato di conservazione) di un monumento considerato e la *pericolosità territoriale* (la potenziale aggressione ambientale esercitata sui beni dal territorio)⁵.

Le informazioni sulla vulnerabilità dei monumenti sono state acquisite utilizzando il metodo schedografico proposto nella Carta del Rischio, attraverso apposite fasi di schedatura che hanno interessato 27 beni (architettonici e archeologici) selezionati nella città.

La pericolosità territoriale è stata stimata, in questo studio, quantificando il potenziale degrado del materiale calcareo (espresso come recessione superficiale, in $\square\text{m}/\text{anno}$), in funzione delle precipitazioni, dell'umidità relativa dell'aria e delle concentrazioni di inquinanti atmosferici.

⁴ *La cartografia tematica*, 1996, carta del rischio del patrimonio culturale, Ministero per i beni culturali e ambientali – Ufficio centrale per i beni archeologici, architettonici, storici e artistici – Istituto Centrale per il Restauro, vol.1- A.T.I. Maris

⁵ *Analisi multi-hazard per la valutazione del rischio locale dei beni culturali*. Atti 12^a Conferenza Nazionale ASITA – L'Aquila 21-24 ottobre 2008

La vulnerabilità dei beni di Ancona

Nella banca dati della Carta del Rischio⁶ al momento sono stati georeferiti ad Ancona circa 120 beni (architettonici e archeologici), collocati principalmente nella parte Nord Est della città (Figura 2).

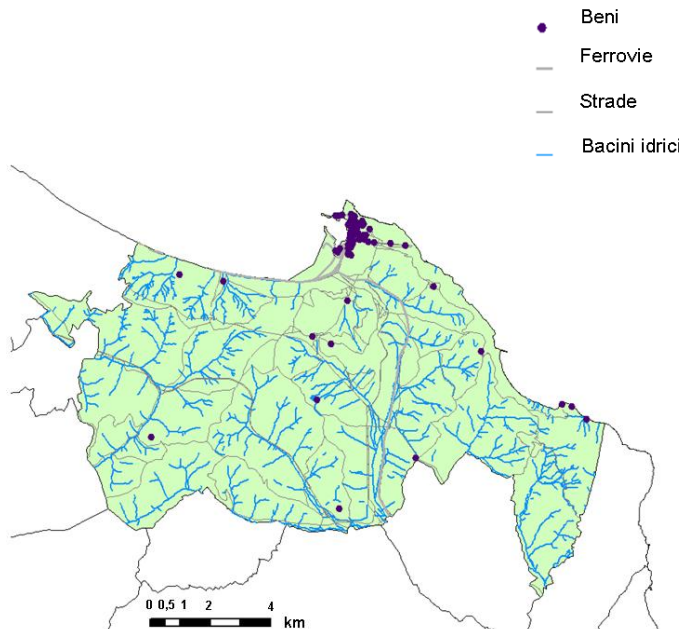


Figura 2: Distribuzione dei beni architettonici e archeologici presenti nella banca dati della Carta del Rischio⁷

Dei 120 beni georeferiti sono stati selezionati 25 architettonici e 2 archeologici (Tabella 1), per i quali è stata redatta la schedatura conservativa⁸ che ha consentito di stimare l'intensità delle 6 tipologie di danno che si possono riscontrare per ogni elemento costruttivo e decorativo del bene considerato; ogni tipologia di danno, è stata successivamente classificata graduando gravità, estensione e urgenza secondo una scala di intensità suddivisa in più livelli.

⁶ <http://www.cartadelrischio.it/>

⁷ Fonte: ISCR

⁸ G. Accardo, 1999, *La schedatura conservativa: esperienze dell'ICR in relazione alla Carta del Rischio*, Atti Primo Seminario Nazionale sulla Catalogazione

Tabella 1: Elenco dei beni schedati⁹

	Denominazione		Denominazione
1	Mura Sangallesche	15	Chiesa di Santa Maria della Piazza
2	Edificio B (Ex Foresteria - Cittadella)	16	Ex Chiesa di S. Agostino
3	Torre di guardia (Cittadella)	17	Chiesa di S. Maria di Portonovo
4	San Ciriaco	18	Chiesa di S. Domenico
5	Edificio A (Ex Foresteria- Cittadella)	19	Palazzo Ferretti
6	Fuciliera (Cittadella)	20	Rivellino
7	Arco Clementino	21	Tempio di San Rocco
8	Immobile sito in Comune di Ancona (Vecchio faro)	22	Porta Farina
9	Palazzo Mengoni-Ferretti	23	Chiesa del Gesù
10	Palazzo Bosdari	24	Chiesa del SS Sacramento
11	Palazzo degli Anziani	25	Mole Vanvitelliana o Lazzaretto
12	Chiesa dei SS. Pellegrino e Filippo Neri	26	Arco di Traiano
13	Porta Pia	27	Anfiteatro di Ancona
14	Loggia dei Mercanti		

I dati raccolti hanno consentito il calcolo della *vulnerabilità superficiale*, che descrive lo stato di conservazione delle superfici in funzione dell'aggressione esercitata dai fattori climatici e ambientali. I risultati ottenuti per Ancona sono stati confrontati con le vulnerabilità dei beni, a livello nazionale, situati a una distanza non superiore a 30 km dalla costa.

Dal confronto emerge che le percentuali dei danni rilevati nel comune di Ancona sono in accordo con la tipologia dei danni rilevati sull'intero campione di beni selezionati.

I monumenti anconetani risultano, inoltre, caratterizzati in generale da una vulnerabilità medio-alta (Figura 3), anche se è importante sottolineare che i monumenti per i quali sono state realizzate le schede di vulnerabilità rappresentano un campione limitato rispetto alla consistenza dei beni presenti nel database della Carta del Rischio (27 beni analizzati su 120 georeferiti).

⁹ Fonte: ISCR

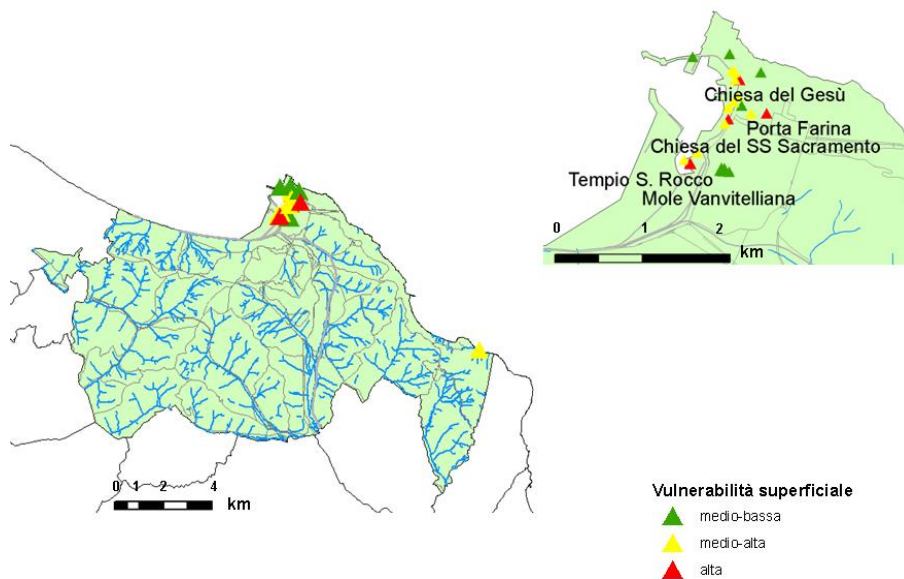


Figura 3: Classificazione della vulnerabilità superficiale dei beni architettonici selezionati ad Ancona¹⁰

I monumenti con i valori di vulnerabilità più alta (peggiore stato di conservazione) sono la Mole Vanvitelliana o Lazzaretto, il Tempio di San Rocco, la Chiesa del SS Sacramento, Porta Farina e la Chiesa del Gesù.

La pericolosità territoriale (impatti)

Nella Carta del Rischio, la pericolosità territoriale (potenziale livello di aggressione ambientale) associata al degrado causato dai parametri climatici e all'inquinamento atmosferico è definita pericolosità ambientale-aria ed è calcolata in funzione dell'indice di annerimento e dell'indice di erosione¹¹.

In questo studio, in particolare, è stata stimata l'erosione espressa come recessione superficiale (R), fenomeno dovuto all'azione sinergica dei fattori climatici e degli inquinanti atmosferici che favorisce i processi di dissoluzione chimica del carbonato di calcio (componente principale dei manufatti calcarei) con la conseguente perdita di materiale superficiale¹².

¹⁰ Fonte: ISPRA-ISCR

¹¹ Il modello di rischio descritto nella Carta del Rischio è stato costruito individuando tre *domini di pericolosità* (potenziale livello di aggressione del territorio in cui i monumenti sono situati): statico-strutturale, ambientale-aria e antropico. Il *rischio ambientale-aria* rappresenta il danno subito dai materiali a causa dei fattori climatici e ambientali (inquinamento atmosferico), caratteristici del territorio in cui i monumenti sono collocati e si calcola come una funzione che ha per argomenti la pericolosità ambientale aria e la vulnerabilità superficiale del bene considerato.

¹² P. Bonanni, R. Daffinà, R. Gaddi, A. Giovagnoli, V. Silli, M. Cirillo, 2006, *L'impatto dell'inquinamento atmosferico sui beni di interesse storico - artistico esposti all'aperto*, Rapporto APAT

La stima del degrado è stata realizzata, applicando l'algoritmo di Kucera¹³, nello scenario attuale e in un ipotetico scenario futuro, allo scopo di valutare se le variazioni dei parametri climatici e ambientali comporteranno un'eventuale diminuzione o un incremento del degrado per i manufatti calcarei¹⁴. La recessione superficiale nello scenario attuale è stata stimata utilizzando i dati registrati ad Ancona negli ultimi 8 anni (2003-2010). In particolare, sono state utilizzate le precipitazioni annue e l'umidità relativa medio annua, misurate presso la stazione di Falconara e le concentrazioni medie annue degli inquinanti atmosferici (NO₂, O₃, SO₂ e PM₁₀) registrate presso le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria presenti ad Ancona (Figura 4).

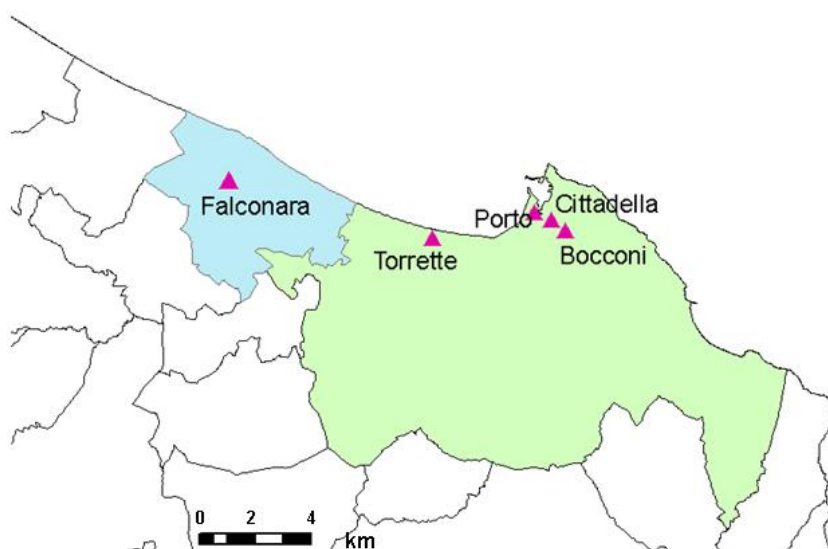


Figura 4: Localizzazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria di Ancona e della stazione meteorologica di Falconara¹⁵

Poiché i dati di concentrazione dei quattro inquinanti, necessari per l'elaborazione della recessione superficiale, non sono disponibili per tutte le centraline presenti sul territorio, il calcolo è stato realizzato nel periodo 2003-2010¹⁶ solo in corrispondenza delle stazioni di Cittadella (fondo urbano) e di Bocconi (traffico urbano) (Tabella 2).

¹³ $R = 4 + 0.0059 \cdot [\text{SO}_2] \cdot \text{Rh}_{60} + 0.054 \cdot \text{Rain} \cdot [\text{H}^+] + 0.078 \cdot [\text{HNO}_3] \cdot \text{Rh}_{60} + 0.0258 \cdot \text{PM}_{10}$

con R = recessione superficiale (µm/anno); [SO₂] = concentrazione di biossido di zolfo media annua (µg/m³); [HNO₃] = concentrazione di acido nitrico media annua (µg/m³); PM₁₀ = concentrazione di particolato atmosferico media annua (µg/m³); Rh₆₀ = (R_h)-60 (%) con R_h = umidità relativa media annua; [H⁺] = concentrazione di ioni idrogeno (mg/l); Rain = precipitazioni annue (mm/anno)

¹⁴ *Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage (Multiasses)- Report 2005*

¹⁵ Fonte: ISPRA

¹⁶ I valori ottenuti nel periodo 2003-2010 non rappresentano l'andamento della recessione superficiale per quell'arco di tempo, ma indicano la teorica perdita di materiale per ciascun anno in corrispondenza delle due centraline citate

Tabella 2: Recessione superficiale (R) stimata dal 2003 al 2010 presso le centraline di Bocconi e Cittadella¹⁷

Anno	Recessione superficiale	
	Bocconi	Cittadella
	R=µm/anno	
2003	7,3	-
2004	7,4	-
2005	7,5	-
2006	7,2	-
2007	8,2	6,7
2008	-	6,7
2009	-	6,0
2010	-	6,3

Dai risultati ottenuti si può sostenere che l'impatto attuale, in termini di recessione superficiale, è compreso tra 6÷8,2 µm/anno.

Poiché in letteratura¹⁸ il valore tollerabile della velocità di deterioramento per i calcari è pari a 8 µm/anno, il degrado stimato ad Ancona è generalmente al di sotto del livello accettabile¹⁹.

Per quanto riguarda lo scenario futuro, l'elaborazione della recessione superficiale ha comportato una serie di approssimazioni dovute al fatto che sono molte le variabili in gioco per le quali non è possibile quantificare, in modo rigoroso, l'andamento nei prossimi anni.

Tuttavia, in riferimento a studi realizzati a livello internazionale proprio su questo tema²⁰ e sulla base dei livelli in aria di alcuni inquinanti misurati nelle 5 stazioni di Ancona, è stato possibile tentare un "esercizio" allo scopo di quantificare, in prima approssimazione, il potenziale degrado nel 2030²¹.

I dati di precipitazioni stimati per questo anno sono stati estrapolati dallo studio realizzato da ISPRA²², che ha fornito le previsioni delle precipitazioni e della temperatura per Ancona fino al 2100.

I risultati dei modelli applicati²³ mostrano, per il 2030, una diminuzione delle precipitazioni e un aumento della temperatura rispetto al trentennio di

¹⁷ Fonte: ISPRA

¹⁸ L'International Co-operative Programme on Effects on Materials (UNECE ICP Materials Programme) ha stabilito valori accettabili di erosione (*acceptable deterioration rate*) per alcuni dei materiali costituenti i beni culturali. La definizione della velocità tollerabile di degrado è stata calcolata sulla base di due componenti: *the tolerable corrosion before action* ricavata dallo stadio di deterioramento del materiale quando il restauro deve ancora cominciare e *the tolerable time between the maintenance* che indica il tempo accettabile tra una manutenzione/restauro e l'altra.

¹⁹ <http://www.corr-institute.se/ICP-Materials/web/page.aspx?refid=12>

²⁰ B. Denby, J. Horálek, S. E. Walker, K. Eben, J. Fiala, *Interpolation and assimilation methods for European scale air quality assessment and mapping*, Part I Review and recommendations, ETC/ACC Technical Paper 2005/7, 2005

²¹ Si è scelto di soffermarsi al 2030 in quanto la previsione dell'andamento dell'inquinamento atmosferico al 2100 risulterebbe troppo approssimativa per la variabilità dei parametri presi in considerazione (variabilità legata ai possibili interventi delle politiche sociali finalizzate al miglioramento delle condizioni del benessere umano)

²² F. Desiato, A. Toreti, G. Fioravanti, P. Frascchetti, W. Perconti *Baseline Climate Scenario, Climate trends and projections*, LIFE ACT Project 2010

riferimento 1961-1990. Poiché non sono disponibili le previsioni dell'umidità relativa al 2100, nel presente lavoro si è assunto che questo parametro rimanga invariato rispetto allo scenario attuale. Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico sono state stimate le concentrazioni degli inquinanti (NO₂ e PM₁₀) nel 2030, assumendo che

il livello di inquinamento mantenga il *trend* di diminuzione registrato dal 2003 al 2010^{24 25}. I risultati ottenuti prevedono per il 2030 una diminuzione delle concentrazioni dei due inquinanti considerati, in particolare presso la stazione di Bocconi situata in una zona di traffico.

Nell'ipotesi che, come ottenuto dalle elaborazioni effettuate, si verifichi una diminuzione sia delle precipitazioni sia dell'inquinamento atmosferico, nel 2030 si riscontrerà probabilmente un lieve decremento della recessione superficiale rispetto allo scenario attuale, che risulterà più significativo nelle aree direttamente soggette alle emissioni antropiche.

Il rischio

Il potenziale rischio cui potrebbe essere soggetto un bene situato in una determinata area dipende dal suo stato di conservazione e dall'aggressione del territorio con cui il bene stesso interagisce. Per lo scenario attuale, in questo lavoro, i monumenti risultati potenzialmente più a rischio sono quelli caratterizzati da un peggiore stato di conservazione (vulnerabilità più alta).

Poiché nel 2030 la pericolosità territoriale ipotizzata non sembra cambiare significativamente rispetto a quella attuale, la variazione del rischio dovrebbe dipendere dalla vulnerabilità che, in uno scenario futuro non si può stimare (sono molte le variabili in gioco per le quali non è possibile quantificare le variazioni nei prossimi decenni).

Per una valutazione qualitativa degli indicatori di rischio sono stati ipotizzati, quindi, due scenari in cui la variabile pericolosità territoriale risulta invariata rispetto allo scenario attuale, mentre e varia la componente vulnerabilità:

- 1) la vulnerabilità rimane costante o diminuisce (lo stato di conservazione migliora), grazie a periodici interventi di manutenzione o restauro;
- 2) la vulnerabilità aumenta (peggiora lo stato di conservazione).

²³ I dati utilizzati per la stima della recessione superficiale al 2030 sono stati quelli ottenuti dai tre modelli regionali, *Regional Climate Models* (RCMs): SMHIRCA, CNRM-RM5.1, KNMI-RMCO2

²⁴ È stato calcolato un valore decrescente degli inquinanti, ottenuto sulla base del *test* di Kendall corretto per la stagionalità, al netto del fondo regionale. Si considera, infatti, che l'effetto di riduzione dell'inquinamento incida, in prima approssimazione, solo su quella quota parte di inquinamento prodotto dall'attività umana nell'area urbana che si somma al livello di fondo (considerato costante)

²⁵ G. Cattani, A. Di Menno di Bucchianico, D. Dina, M. Inglessis, C. Notaro, G. Settimo, G. Viviano, A. Marconi, *Evaluation of the temporal variation of air quality in Rome, Italy from 1999 to 2000*, Ann Ist. Super. Sanità 2010 | Vol. 46, No. 3: 242-253

Nello scenario 1, il rischio rimane costante o diminuisce. Per arrivare a questa situazione quei monumenti che sono risultati da questo primo studio più vulnerabili, dovrebbero essere sottoposti a monitoraggi programmati del loro stato di conservazione e a eventuali interventi di manutenzione, laddove necessari, allo scopo di mantenere invariato o di migliorare lo stato di conservazione delle superfici.

Nello scenario 2, il rischio aumenta. Questa eventualità potrebbe verificarsi per quei monumenti che, risultati in condizioni critiche, non vengano sottoposti a quegli interventi conservativi finalizzati a renderli meno suscettibili a qualsiasi attacco ambientale.

Le strategie di adattamento da implementare nel campo dei beni culturali consistono quindi principalmente nel monitoraggio programmato dello stato di conservazione dei monumenti. Questo approccio consentirebbe di verificare le condizioni del bene e di intervenire con opportune attività di manutenzione laddove si constatano situazioni critiche, favorendo, in tale modo, la riduzione del numero di interventi di restauro maggiormente invasivi e costosi.