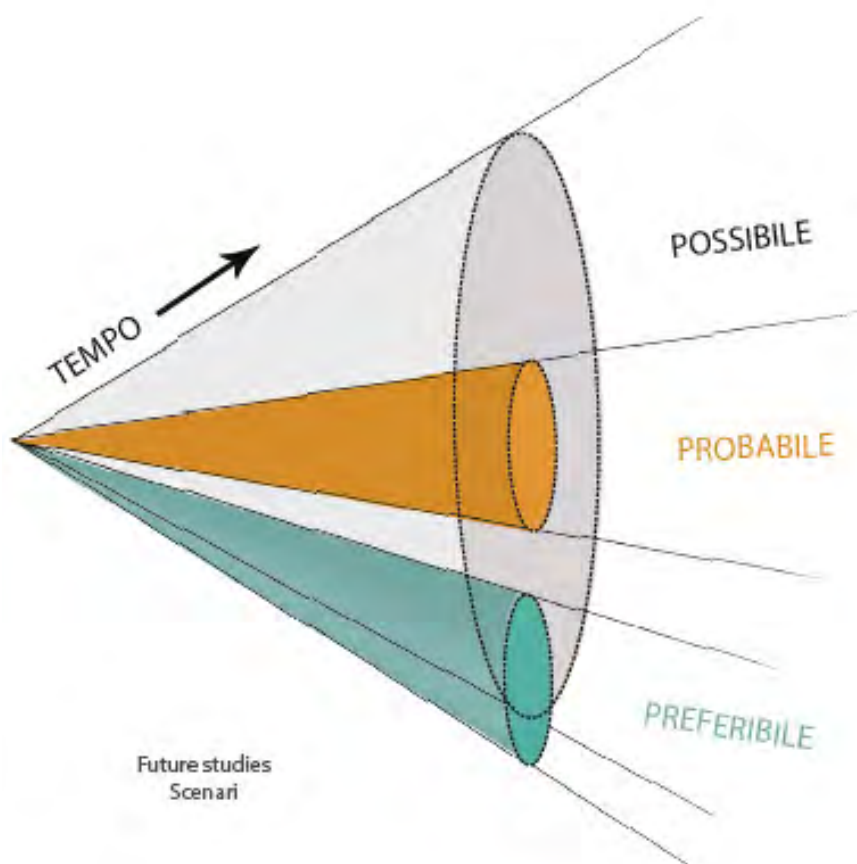


Indicatori, indici e scenari per l'analisi dei principali trend ambientali



Indicatori, indici e scenari per l'analisi dei principali trend ambientali



1. Capitale naturale



2. Cambiamenti climatici



3. Economia circolare



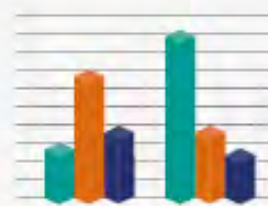
4. Ambiente e salute



Trend



Indicatori



Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Servizio Informazione, statistiche e reporting sullo stato dell'ambiente

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 ROMA
www.isprambiente.gov.it
<https://annuario.isprambiente.it>

ISPRA, Stato dell'ambiente 372/22
ISBN 978-88-448-1129-7

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica: Matteo Salomone - ISPRA – DG-STAT
Grafica di copertina: Antonella Monterisi - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Coordinamento pubblicazione online:
Daria Mazzella
ISPRA – Area Comunicazione

Settembre 2022

Il presente Rapporto è stato elaborato dal Servizio per l'informazione, le statistiche ed il reporting sullo stato dell'ambiente (DG-STAT).

Il rapporto contribuisce alla *mission* dell'Istituto "produzione e diffusione dell'informazione ambientale" tramite la valorizzazione delle principali serie storiche degli indicatori ambientali di ISPRA.

Il coordinamento è stato curato da Mariaconcetta Giunta.

Autori

Sarah Badioli², Giovanni Finocchiaro¹, Cristina Frizza¹, Alessandra Galosi¹, Renato Marra Campanale¹, Carlo Massaccesi², Michele Mincarini¹, Matteo Salomone¹

Ringraziamenti

Si ringrazia:

- si ringrazia l'Agenzia per la Coesione Territoriale e il Nucleo di Valutazione e Analisi per la Programmazione (NUVAP) - Dipartimento politiche di coesione - Presidenza del Consiglio dei Ministri, per aver sostenuto l'iniziativa;
- la rete dei coordinatori statistici e tematici (ISPRA) dell'Annuario dei dati ambientali per le informazioni fornite;
- gli esperti ISPRA: Riccardo De Lauretis (emissioni), Valeria Frittelloni (rifiuti), Costanza Mariotta (rifiuti) ed Emanuele Peschi (emissioni) per i suggerimenti forniti nell'ambito del capitolo 3 (Scenari ambientali: Un primo tentativo sull'economia circolare).

¹ ISPRA ² Assegnista di Ricerca ISPRA finanziato nell'ambito del Progetto ISPRA "Statistiche Ambientali per le Politiche di Coesione 2014-2020" - PON GOVERNANCE E CAPACITA' ISTITUZIONALE

Indice

Presentazione	IX
Introduzione	1
1. CAPITOLO 1	
INDICATORI AMBIENTALI: <i>TREND</i> E <i>NORMATIVE</i>	4
2. CAPITOLO 2	
INDICI: AMBIENTE IN SINTESI	51
2.1 Descrizione e confronto dei metodi utilizzati	51
2.2 Le tematiche ambientali emergenti e i relativi indicatori compositi	53
2.3 Conclusione	69
3. CAPITOLO 3	
SCENARI AMBIENTALI. UN PRIMO TENTATIVO SULL'ECONOMIA CIRCOLARE	75
3.1 I <i>futures studies</i> ambientali e il tema scelto, l'economia circolare	75
3.2 Il processo di studio del futuro	77
3.2.1 Il futuro tra <i>forecast</i> e <i>foresight</i>	77
3.2.2 Gli approcci al processo di <i>foresight</i>	79
3.2.3 Ricognizione dei metodi	80
3.2.4 L'approccio di ISPRA e i metodi scelti	81
3.2.5 Le fasi del processo	82
3.3 L'analisi strutturale	83
3.3.1 Introduzione al metodo	83
3.3.2 I metodi FISM e FMICMAC	84
3.3.3 La scelta delle variabili	87
3.3.4 Lo studio dei risultati	90
3.4 La <i>Trend Impact Analysis</i>	94
3.4.1 Come utilizzare i risultati dell'analisi strutturale	96
3.4.2 I fase: La creazione dello scenario base	98
3.4.3 II fase: Gli scenari alternativi	99
3.5 Conclusioni	104
Bibliografia e sitografia	107
Appendice A	109

Presentazione

I fenomeni ambientali sono di per sé dei fenomeni “complessi”, che necessitano pertanto di un approccio gestionale interdisciplinare, e allo stesso tempo armonico e integrato. Integrazione che rappresenta la chiave primaria anche quando si parla di sostenibilità globale o, in particolare, sostenibilità ambientale.

È infatti, insito nel concetto di sostenibilità la necessità di integrazione.

La nuova agenda politica europea e nazionale (PNRR, PiTE, Strategia Nazionale Economia Circolare, Strategia Nazionale Sviluppo Sostenibile, *European Green* e 8° Programma di Azione Ambientale Europeo) necessita di una governance multilivello che possa aiutare a superare un *modus operandi* settoriale, evitando ridondanze e lavorando sulla complessità anche in termini di raccolta dati e il popolamento degli indicatori per il monitoraggio.

In questo contesto, ISPRA nell’ambito di una delle sue mission storiche, la “produzione e la diffusione delle informazioni ambientali” oltre alla produzione continua di dati derivante sia dalla propria attività di monitoraggio ambientale, sia dalla propria attività di ricerca finalizzata, nonché nell’ambito del miglioramento delle statistiche ambientali in attuazione del “Progetto Statistiche Ambientali” (PON GOV 2014-20), ogni anno aggiorna il proprio core set indicatori (Banca dati Indicatori Ambientali di ISPRA) in linea con i nuovi obblighi di legge, con le più recenti evoluzioni metodologiche dei principali core set internazionali, nonché, con le più importanti esperienze di reporting ambientale a livello nazionale, comunitario e internazionale. Inoltre, approfondisce l’utilizzo di strumenti metodologici idonei all’analisi integrata degli indicatori.

Il presente rapporto analizza le principali tematiche ambientali emergenti: Capitale naturale, Cambiamenti climatici, Economia circolare, Ambiente e salute, tramite tre studi distinti. Il primo si focalizza sull’analisi nel tempo dei principali indicatori ambientali di ISPRA, in riferimento all’evoluzione normativa, il secondo fornisce un quadro d’insieme delle principali tematiche ambientali tramite l’aggregazione di indicatori elementari in indicatori compositi, l’ultimo ma non il meno importante, propone un approccio innovativo allo studio di scenari futuri che si potrebbero verificare, tramite tecniche tipiche dei cosiddetti *future studies*.

Gli studi applicativi qui presentati, mirano a fornire un contributo quantitativo soprattutto ai *decision makers*, nella lettura dei principali temi ambientali e soprattutto in chiave di previsione strategica. Infatti la conoscenza e la valutazione dei *trend* passati, anche in chiave integrata, e l’esplorazione di tendenze emergenti, nonché la pianificazione di eventi inattesi permettono di prevedere e orientare il futuro e quindi nel nostro caso le politiche ambientali. L’interesse nell’utilizzo di questi strumenti metodologici, anche in chiave istituzionale, è confermato dal fatto che sia la Commissione Europea, sia l’Agenzia Europea per l’Ambiente, principale riferimento Europeo di ISPRA, hanno previsto nei propri programmi pluriennali il *foresight* e lo studio di scenari futuri, istituendo apposite strutture e/o gruppi dedicati. Si pensi alla *Commission’s Strategic Foresight Network* coordinata dal Segretariato Generale e dal *Joint Research Center* e al Gruppo *Foresight* della rete Eionet dell’EEA, quest’ultimo finalizzato a sviluppare analisi innovative tramite scenari per un’Europa sostenibile al 2050, in linea con gli obiettivi di sostenibilità dell’Unione Europea.

Il Dirigente del Servizio per l’informazione,
le statistiche ed il reporting sullo stato
dell’ambiente

Mariaconcetta Giunta



Italia centrale, immagine catturata da Copernicus Sentinel-1B. (ESA)

Introduzione

Il documento *Indicatori, indici e scenari per l'analisi dei principali trend ambientali* propone una raccolta di tre studi il cui "filo rosso" è costituito dall'utilizzo e dalla valorizzazione dei *trend* che caratterizzano le serie storiche dei principali indicatori ambientali presenti nella Banca dati indicatori ambientali di ISPRA (<https://annuario.isprambiente.it/>).

Il rapporto analizza le principali tematiche ambientali emergenti attraverso tre differenti approcci: il primo indaga la relazione tra i *trend* degli indicatori ambientali e gli obiettivi fissati dalla normativa, il secondo propone una descrizione semplificata e comunicativa delle tendenze dei principali temi ambientali mediante indici compositi, infine, il terzo descrive la creazione di scenari ambientali, per la valorizzazione dei *trend* come strumento a sostegno della pianificazione strategica.

Il modo di interpretare e affrontare le tematiche ambientali è stato aggiornato rispetto agli anni precedenti, passando dall'impostazione basata sui primi tre macro-obiettivi del VII Programma di azione ambientale ("Proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale e il benessere", "Trasformare l'UE in un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, verde e competitiva" e "Proteggere i cittadini dell'Unione da pressioni legate all'ambiente e da rischi per la salute") alle quattro tematiche ambientali emergenti riconosciute a livello internazionale: capitale naturale, cambiamenti climatici, economia circolare, ambiente e salute. La nuova suddivisione implica una ridistribuzione degli indicatori elementari nelle nuove dimensioni individuate.

I primi due capitoli del documento analizzano le condizioni dell'ambiente e del territorio e valutano i *trend* registrati negli ultimi anni, così da dipingere un quadro completo dei punti di forza e di debolezza sullo stato dell'ambiente a livello nazionale, evidenziando le criticità su cui sarebbe opportuno focalizzare l'attenzione dei decisori politici e degli amministratori. L'obiettivo dell'osservazione delle condizioni attuali, infatti, è di supportare l'attività di pianificazione strategica per dare vita a provvedimenti di tutela efficaci che consentano di raggiungere gli obiettivi ambientali nazionali e internazionali coerentemente con quanto fissato, tra gli altri, dall'Agenda 2030 e dal *Green Deal* Europeo.

Nello specifico, il primo capitolo descrive l'andamento dei principali indicatori ambientali e dei rispettivi riferimenti normativi e propone una valutazione del *trend* tramite il calcolo del "tasso di crescita annuale composto" (*Compound Annual Growth Rate* - CAGR), utilizzato anche in ambito Eurostat, la cui finalità è di fornire una valutazione della tendenza della serie dei valori registrati negli anni monitorati, evidenziando se l'indicatore si sta muovendo nella direzione auspicabile e con quale velocità (Appendice A). Per gli indicatori per i quali è disponibile un obiettivo fornito dalle normative europee si sono anche confrontati i tassi di crescita reali con quelli teorici necessari al raggiungimento dell'obiettivo.

Il valore CAGR ottenuto è stato sintetizzato e rappresentato con una freccia che ne indica direzione ed intensità secondo lo schema proposto nella seguente tabella (Tabella 1).

Tabella 1: Categorie di valutazione e simboli associati al CAGR

SIMBOLO	Con obiettivo quantitativo	Senza obiettivo quantitativo
	Significativo progresso verso l'obiettivo	Significativo progresso verso la direzione desiderata
	Moderato progresso verso l'obiettivo	Moderato progresso verso la direzione desiderata
	Insufficiente progresso verso l'obiettivo	Insufficiente progresso verso la direzione desiderata
	Allontamento dall'obiettivo	Allontamento dalla direzione desiderata

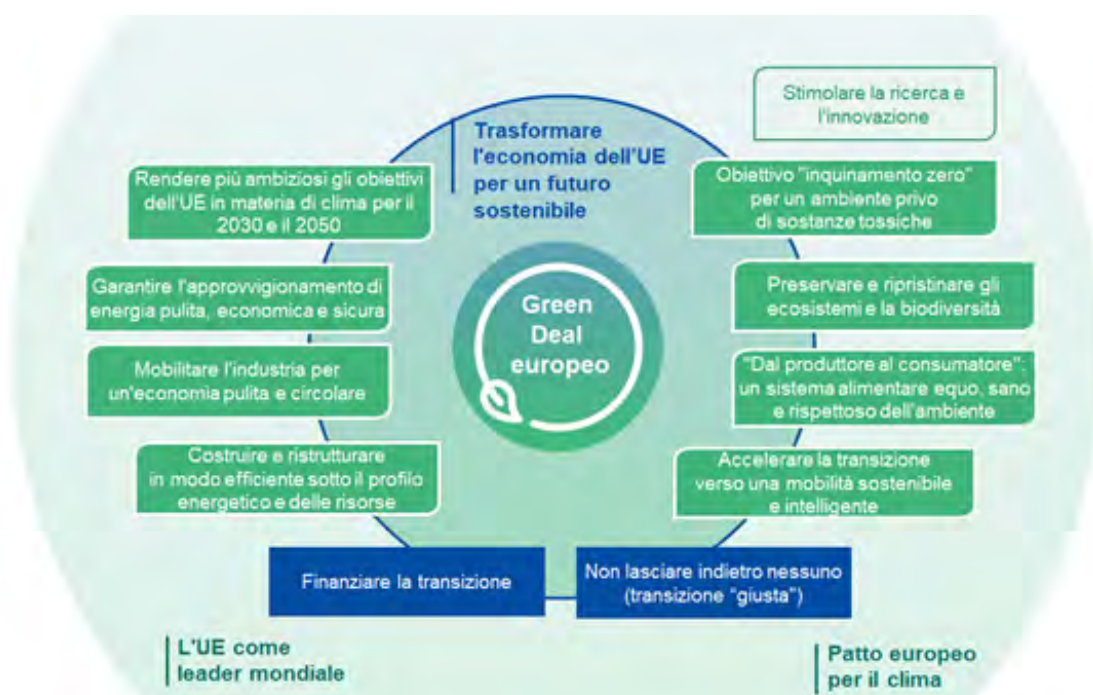
Il capitolo è strutturato in schede sintetiche che mostrano, per ognuno dei 40 indicatori ambientali, la serie storica di dati disponibile, un commento e una valutazione del *trend* registrato, eventuali obiettivi fissati da normativa e riferimenti alle sopracitate norme internazionali con appositi simboli (Agenda 2030 e *Green Deal*).

Figura 1: Simboli rappresentativi dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030



Fonte: Nazioni unite

Figura 2: Elementi del *Green Deal* europeo

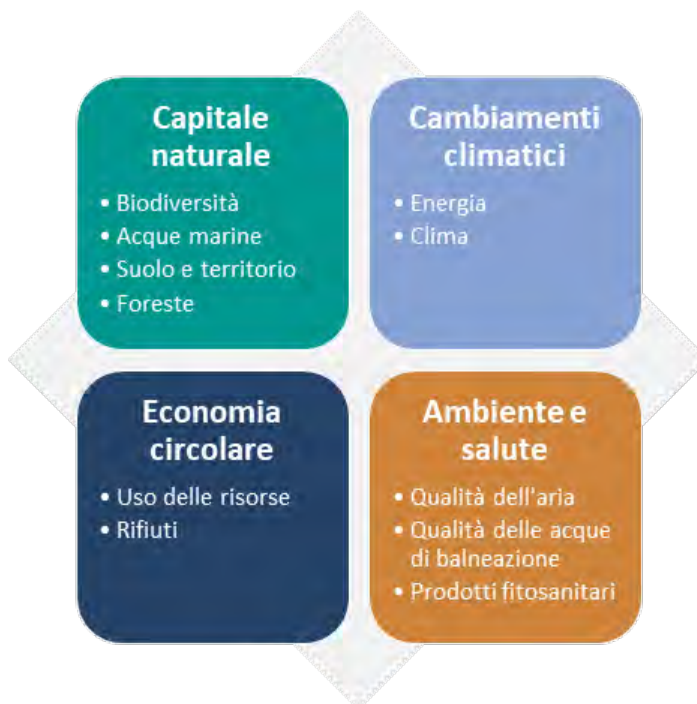


Fonte: Commissione europea

Nel secondo capitolo, i temi ambientali emergenti in Italia sono trattati con un'ottica differente basata sugli indicatori compositi, privilegiando gli aspetti comunicativi e favorendo una lettura d'insieme degli indicatori afferenti ad un'unica tematica più ampia. Il punto di forza degli indicatori compositi è la capacità di descrivere in modo sintetico e diretto i fenomeni ambientali complessi, associandoli ad un unico valore ottenuto accorpando le informazioni contenute negli indicatori elementari che li rappresentano, con il rischio tuttavia di perdere ricchezza di informazione a causa di una eccessiva stilizzazione del fenomeno. Gli indicatori compositi sono particolarmente adatti per coinvolgere nella discussione sullo stato e la tutela dell'ambiente e del territorio anche un pubblico non specializzato. Nel capitolo vengono presentati 11 indicatori compositi e 4 indici compositi (compositi delle 4 "dimensioni"), creati con il metodo AMPI (*Adjusted Mazziotta-Pareto Index*), metodologia che viene applicata anche dall'Istat nell'ambito del BES (Benessere Equo Sostenibile).

Nella Figura 3 si propone una visione d'insieme degli indicatori e indici ambientali compositi utilizzati per descrivere le quattro tematiche ambientali: Capitale naturale, Cambiamenti climatici, Economia circolare e Ambiente e salute.

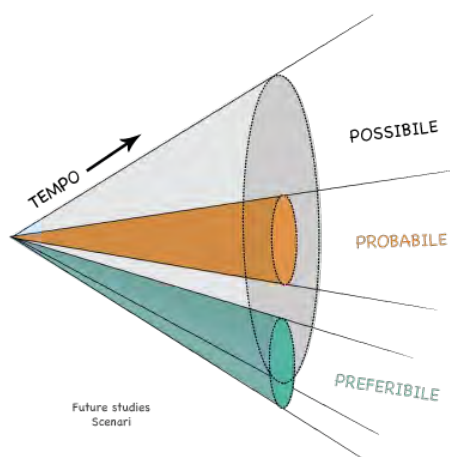
Figura 3: Indicatori e indici ambientali compositi



Fonte: ISPRA

Infine, il terzo capitolo, descrive lo studio con cui ISPRA ha tentato di inserirsi nel recente dibattito sui *futures studies* (studi sul futuro) in campo ambientale, la disciplina che cerca di creare e modellare il futuro in modo sistemico e partecipativo, esplorando i plausibili futuri alternativi. Lo studio del futuro sta diventando uno strumento sempre più utilizzato a supporto della pianificazione strategica, poiché sondare il cono del plausibile e provare a capire cosa potrebbe succedere, come potrebbero evolvere determinate situazioni o quali potrebbero essere le conseguenze di certe scelte permette di indirizzare il processo decisionale, convogliando le forze nella creazione di politiche e strategie di azione più efficaci e mirate.

Figura 4: Cono dei futuri



Fonte: ISPRA

Lo studio si propone di fornire una panoramica sul tema dei *futures studies* evidenziandone possibili approcci, strumenti e definizioni, anche con l'utilizzo di appositi *box* di approfondimento. Nella seconda parte del capitolo si descrive il primo tentativo di ISPRA allo studio del futuro secondo un approccio *foresight*, con applicazione della metodologia scelta al tema economia circolare, una delle quattro tematiche ambientali chiave sopracitate. Così come per l'osservazione della condizione ambientale attuale, si è cercato di approcciarsi al futuro sfruttando gli indicatori ambientali resi disponibili da ISPRA.

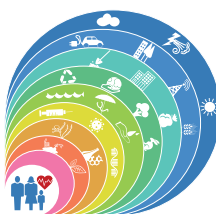
CAPITOLO 1

INDICATORI AMBIENTALI: *TREND* E NORMATIVE

Tabella 1.1: Quadro sinottico degli indicatori ambientali

Tematica ambientale	Indicatore Banca dati indicatori ambientali con serie storica	CAGR (calcolato sugli ultimi 10 anni)
 Capitale naturale	Aree protette terrestri	↗
	Aree protette marine	↗
	Pesca	↘ ↗ ↗
	Consumo di suolo	↘
	Eventi franosi principali	N.A.
	Distribuzione per uso agricolo di fertilizzanti	↗
	Certificazione di gestione forestale sostenibile	↗
	Contributo delle foreste nazionali al ciclo globale del carbonio ¹	N.A.
	Entità degli incendi boschivi ¹	N.A.
 Cambiamenti climatici	Temperatura media	↓
	Bilancio di massa dei ghiacciai	↓
	Emissioni di gas serra	↗
	Emissioni di gas serra nei settori ETS ed ESD	↗
	Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali	↗
	Produzione di energia elettrica da impianti di cogenerazione	↗
	Intensità energetica primaria e finale	↗ ↗
	Consumi finali e totali di energia per settore economico	↗ ↗
	Certificati bianchi	↗
 Economia circolare	Consumo materiale interno e Produttività delle risorse	↗
	Produzione Rifiuti urbani	↗
	Produzione Rifiuti speciali	↗
	Raccolta Differenziata	↗
	Percentuale di rifiuti urbani smaltiti in discarica	↗
	Percentuale di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio	↗
	Riciclaggio/recupero di rifiuti da costruzione e demolizione	↗

¹ L'indicatore è utile al monitoraggio anche della Tematica ambientale Cambiamenti climatici

Tematica ambientale	Indicatore Banca dati indicatori ambientali con serie storica	CAGR (calcolato sugli ultimi 10 anni)
 Ambiente e salute	Qualità dell'aria: particolato (PM10; valore limite annuale)	↑
	Qualità dell'aria: particolato (PM10; valore limite giornaliero)	↘
	Qualità dell'aria: particolato (PM2,5)	↑
	Qualità dell'aria: ozono troposferico (O ₃)	↘
	Qualità dell'aria: biossido di azoto (NO ₂)	↗
	Emissione di monossido di carbonio (CO)	↑
	Emissioni di PM2,5	↗
	Emissioni di precursori di ozono troposferico (NOX, COVNM)	↑ ↗
	Emissioni di ammoniaca dall'agricoltura	↑
	Siti contaminati di interesse nazionale (SIN)	N.A.
	Rumore: sorgenti controllate	↑
	Stato di attuazione dei piani di classificazione acustica	↘
	Distribuzione per uso agricolo dei prodotti fitosanitari	↑
	Qualità delle acque superficiali e sotterranee: inquinamento da pesticidi	↓ ↘
	Aziende agricole che aderiscono a misure ecocompatibili e che praticano agricoltura biologica	↑

Fonte: ISPRA

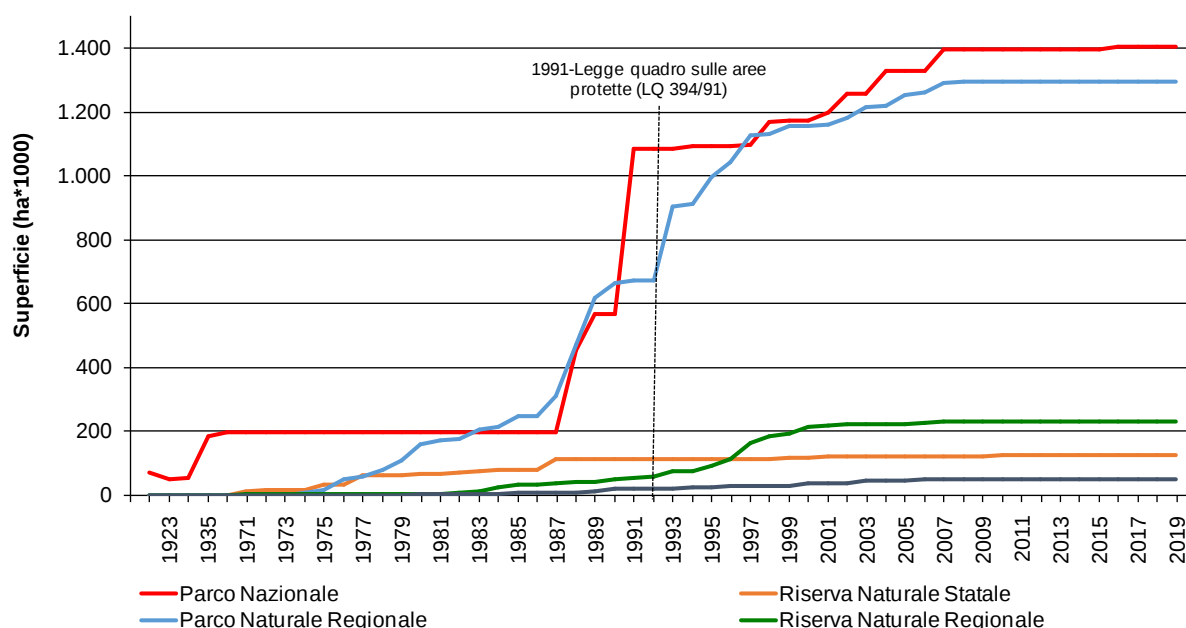
Legenda:

SIMBOLO	Con obiettivo quantitativo	Senza obiettivo quantitativo
↑	Significativo progresso verso l'obiettivo	Significativo progresso verso la direzione desiderata
↗	Moderato progresso verso l'obiettivo	Moderato progresso verso la direzione desiderata
↘	Insufficiente progresso verso l'obiettivo	Insufficiente progresso verso la direzione desiderata
↓	Allontanamento dall'obiettivo	Allontanamento dalla direzione desiderata
N.A.	Non Applicabile: per la natura intrinseca del fenomeno in esame, non è possibile valutare la tendenza in atto nel periodo considerato (10 anni) mediante il calcolo del CAGR	



Capitale naturale

AREE PROTETTE TERRESTRI



Variazione annuale della superficie cumulata delle aree protette terrestri per tipologia

Fonte: Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare: EUAP, VI aggiornamento (2010) e successive leggi e provvedimenti nazionali o subnazionali istitutivi di AA.PP.



Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità



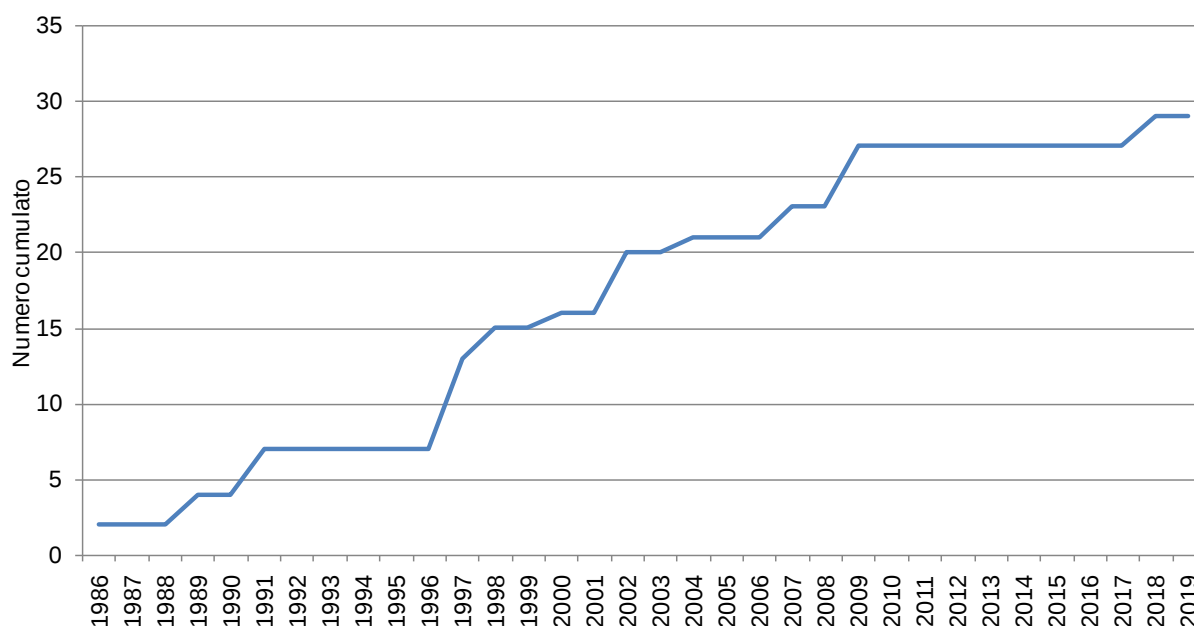
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Gli strumenti adottati a livello nazionale e internazionale per contrastare la perdita di biodiversità sono di tipo sia indiretto, che diretto. Alla prima categoria appartengono tutti gli interventi tesi a ridurre le fonti di pressione, alla seconda, invece, le azioni tese alla tutela diretta di specie ed ecosistemi, come l'istituzione di Aree Protette (Legge Quadro 394/91) e della Rete Natura 2000 (Direttiva 92/43/CEE Habitat e Direttiva 2009/147/CE Uccelli). La situazione delle Aree Protette e della Rete Natura 2000 vede un aumento delle aree tutelate, che negli ultimi anni ha interessato soprattutto l'ambiente marino.

Analisi del trend

La serie storica di istituzione delle Aree Protette terrestri, dal 1922 al 2019, mostra andamenti costantemente positivi in termini di aumento nel numero e nella superficie, soprattutto a partire dalla Legge Quadro sulle aree protette del 1991. In Italia, secondo il VI Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP) del 2010, sono state istituite 871 Aree Protette, per una superficie di oltre 3 milioni di ettari, pari a circa il 10,5% della superficie terrestre nazionale. Il solo dato numerico o di superficie protetta, tuttavia, non consente di valutare l'effettiva efficacia in termini di conservazione della biodiversità, strettamente correlata alla governance e alla gestione dei territori e degli ambiti marini tutelati. Per rafforzare il sistema delle Aree Protette italiane e la loro efficacia gestionale sarebbe necessario dare maggior impulso alle procedure di approvazione dei loro strumenti di gestione. Inoltre si attende l'aggiornamento ufficiale dell'Elenco Ufficiale delle Aree Protette, fermo al 2010, rispetto al quale si è verificato un incremento in termini di numero di aree e di superficie terrestre sottoposta a tutela, per l'istituzione di nuove aree.

AREE PROTETTE MARINE



Variazione annuale del numero cumulato delle 29 Aree Marine Protette

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EUAP e MATTM



Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

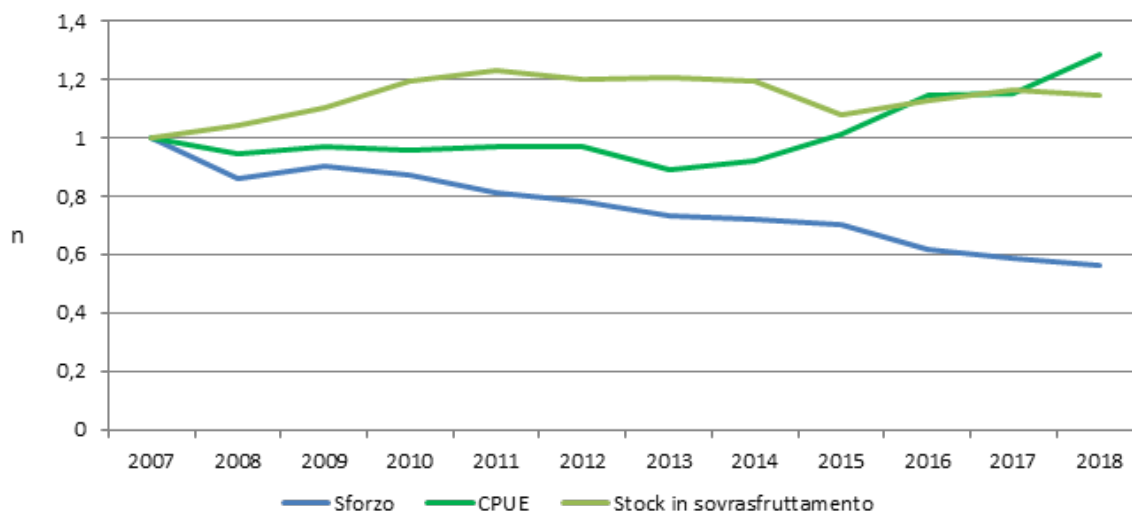
Gli strumenti adottati a livello nazionale e internazionale per contrastare la perdita di biodiversità sono di tipo sia indiretto, che diretto. Alla prima categoria appartengono tutti gli interventi tesi a ridurre le fonti di pressione, alla seconda, invece, le azioni tese alla tutela diretta di specie ed ecosistemi, come l'istituzione di Aree Protette (Legge Quadro 394/91) e della Rete Natura 2000 (Direttiva 92/43/CEE Habitat e Direttiva 2009/147/CE Uccelli). La situazione delle Aree Protette e della Rete Natura 2000 vede un aumento delle aree tutelate, che negli ultimi anni ha interessato soprattutto l'ambiente marino.

Analisi del trend

Osservando l'andamento temporale del processo di istituzione delle 29 Aree Marine Protette dal 1986 al 2019, si nota un impulso più forte a partire dagli anni '90.

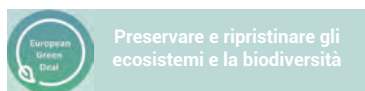
Il solo dato numerico o di superficie protetta, tuttavia, non consente di valutare l'effettiva efficacia in termini di conservazione della biodiversità, strettamente correlata alla *governance* e alla gestione dei territori e degli ambiti marini tutelati. Per rafforzare il sistema delle Aree Protette italiane e la loro efficacia gestionale sarebbe necessario dare maggior impulso alle procedure di approvazione dei loro strumenti di gestione.

PESCA



Andamento dei principali indicatori nazionali relativi alla pressione di pesca

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati di *stock assessment* validati a livello internazionale dallo STECF e dal CGPM e su dati Mably e Mipaaf - Programma Nazionale raccolta dati alieutici



Stock in sovrasfruttamento

CPUE

Sforzo

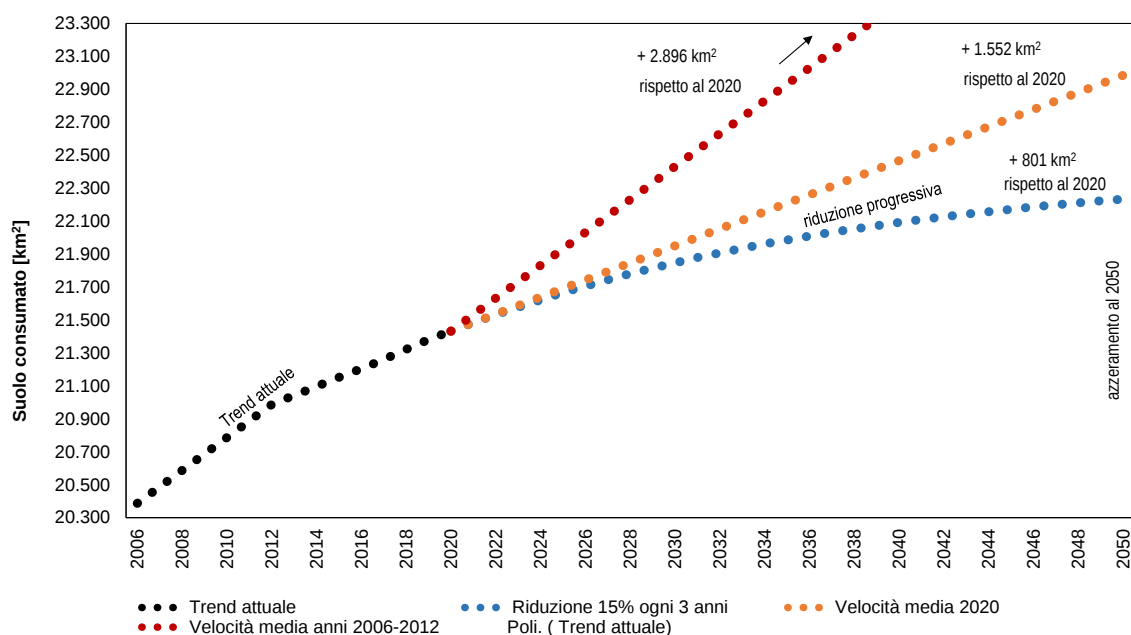
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

- Regolamento (CE) n. 2371/2002 relativo alla conservazione e allo sfruttamento sostenibile delle risorse della pesca nell'ambito della PCP.
- Regolamento (CE) n. 1967/2006 del Consiglio del 21 dicembre 2006 relativo alle misure di gestione per lo sfruttamento sostenibile delle risorse della pesca nel mar Mediterraneo e recante modifica del regolamento (CEE) n. 2847/93 e che abroga il regolamento (CE) n. 1626/94
- Regolamento (CE) n. 1224/2009 che istituisce un regime di controllo comunitario per garantire il rispetto delle norme della politica comune della pesca;
- Regolamento (UE) n. 1380/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2013 relativo alla politica comune della pesca, che modifica i regolamenti (CE) n. 1954/2003 e (CE) n. 1224/2009 del Consiglio e che abroga i regolamenti (CE) n. 2371/2002 e (CE) n. 639/2004 del Consiglio, nonché la decisione 2004/585/CE del Consiglio;
- Decreto Ministeriale del 30 gennaio 2018. Adozione dei Piani di Gestione Nazionale relativi alle flotte di pesca per la cattura delle risorse demersali nell'ambito delle GSA 9, 10, 11, 16, 17, 18 e 19. (G.U n. 81 del 7 aprile 2018). e Successive modifiche.
- Target 6 di Aichi relativo alla biodiversità (<https://www.cbd.int/article/Assessing-Progress-towards-Aichi-Biodiversity-Target-6-on-Sustainable-Marine-Fisheries>): Entro il 2020, tutti gli stock ittici di pesci, invertebrati e piante acquatiche sono gestiti e sfruttati in modo sostenibile, legalmente, e applicando un approccio ecosistemico, cosicché non vi sia sovrasfruttamento, e siano messi in atto piani di recupero e misure per le specie sovrasfruttate, le attività di pesca non abbiano impatto significativamente avversi sulle specie a rischio e sugli ecosistemi vulnerabili, e gli impatti della pesca sugli stock, specie ed ecosistemi sono entro limiti biologicamente sicuri.
- Target 14.4 degli UN Sustainable Development Goals richiede, entro il 2020, di regolare in modo efficace il prelievo ed eliminare il sovrasfruttamento, la pesca illegale, non riportata e non regolamentata, e le pratiche di pesca distruttive, implementando una gestione basata su approcci scientifici, al fine del recupero degli stock ittici nel minor tempo possibile, quanto meno a livelli che permettano il raggiungimento del Massimo Rendimento Sostenibile come determinato dalle caratteristiche biologiche degli stock stessi. A questo target è associato l'indicatore "Proporzione di stock all'interno di limiti biologicamente sostenibili" che misura la sostenibilità delle catture globali della pesca in funzione della loro abbondanza. In questo ambito uno stock la cui abbondanza sia superiore o al livello in grado di produrre il Massimo Rendimento Sostenibile viene classificato come biologicamente sostenibile.

Analisi del trend

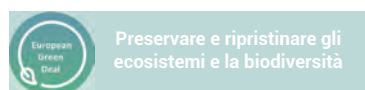
La maggior parte degli stock considerati mostra uno stato di sovrasfruttamento che è cresciuto dal 77,8% al 93,6%, a partire dal 2007 fino al 2013, indicando uno stato di non sostenibilità della pesca per la grande maggioranza degli stock valutati. Recentemente la percentuale di stock sovrasfruttati ha subito una riduzione, raggiungendo 83,7% nel 2015, per crescere ulteriormente e attestarsi al 92,7% nel 2018. La serie storica mostra inoltre una progressiva crescita dal 2007 al 2013 del numero di stock valutati mediante *stock assessment*, passati da 9 a 47 stock. Dal 2014 al 2018 gli stock valutati si attestano tra i 40 e i 43, un numero che riflette anche l'approccio metodologico introdotto che prevede l'integrazione delle informazioni degli stock valutati nell'anno di riferimento e i due anni precedenti. In generale per il periodo 2007-2018 è comunque evidente uno stato di sovrasfruttamento dei principali stock indipendentemente dall'approccio utilizzato. Per quanto riguarda, lo sforzo di pesca, in costante diminuzione dal 2004, ha registrato un aumento tra il 2008 e il 2009, passando da 25,2 a 26,5, poi ha ripreso a diminuire fino a raggiungere, nel 2018, 16,4. Le catture per unità di sforzo (CPUE) continuano ad aumentare rispetto agli anni precedenti, attestandosi a 11,7 kg/die per il 2018.

CONSUMO DI SUOLO



Trend di suolo consumato

Fonte: ISPRA



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

I Programmi di azione europei in campo ambientale e l'Agenda 21 pongono, come obiettivi generali, l'uso sostenibile del territorio, la protezione della natura e della biodiversità. La Commissione europea è da anni impegnata a favorire un uso più sostenibile del terreno e del suolo. L'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo era stato definito a livello europeo già con la Strategia tematica per la protezione del suolo del 2006 (COM(2006) 231), rilanciata a fine 2020 ribadendo che la salute del suolo è essenziale per conseguire gli obiettivi in materia di clima e di biodiversità del *Green Deal* europeo. In quest'ambito, già nel 2006 veniva sottolineata proprio la necessità di porre in essere buone pratiche per mitigare gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione del suolo. Nel 2011, con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (COM (2011)571), la Commissione Europea ha introdotto l'obiettivo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050, obiettivo ribadito in seguito con l'approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale nel 2013. Nel 2012 la Commissione europea ha presentato il rapporto *"Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing"* con una serie di buone pratiche atte a limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo e, agli inizi di novembre 2020, ha lanciato la roadmap che dovrebbe condurre alla *"New Soil Strategy - healthy soil for a healthy life"*.

Il tema del monitoraggio del territorio è presente anche nell'Agenda globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite e nei relativi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals - SDGs*), da raggiungere entro il 2030. Tra i 17 obiettivi ce ne sono alcuni che riguardano da vicino il fenomeno dell'impermeabilizzazione e del consumo di suolo (in particolare il target 11 "Rendere le città e le comunità più sostenibili" e il 15 "Proteggere, ristabilire e promuovere l'uso sostenibile degli ecosistemi terrestri la gestione sostenibile delle foreste, combattere la desertificazione, fermare il degrado del territorio e arrestare la perdita della biodiversità").

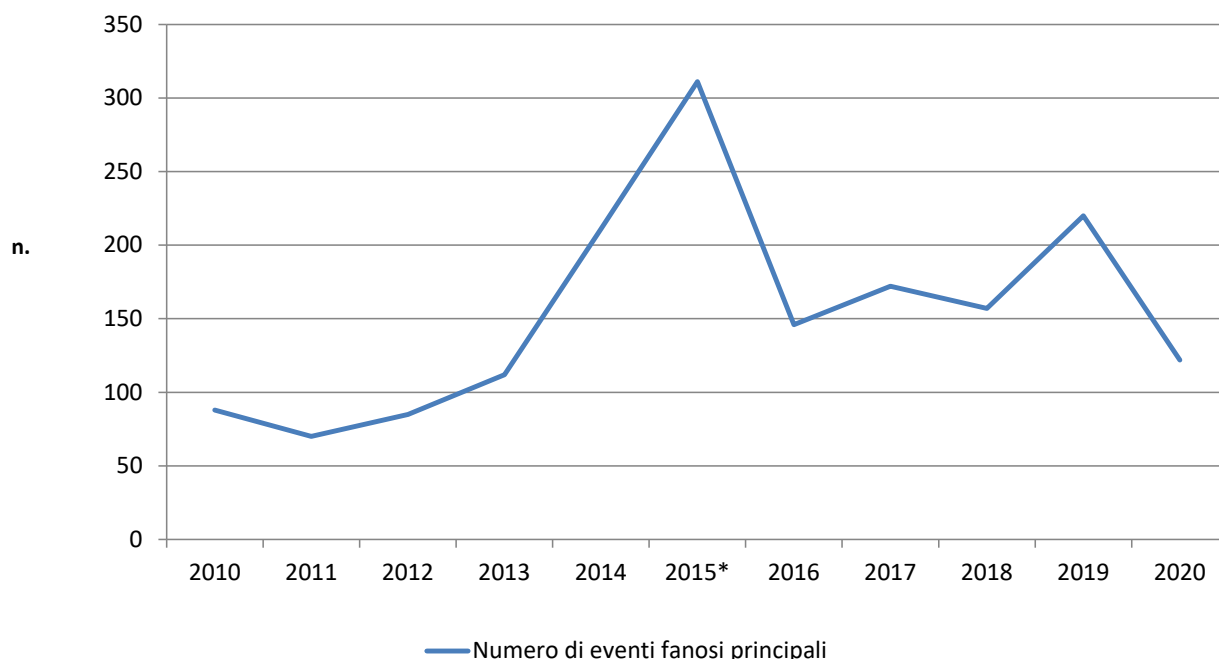
Non essendoci una specifica normativa nazionale di riferimento, non esistono obiettivi sul tema. L'Italia è comunque tenuta a rispettare gli obiettivi comunitari e quelli previsti dall'Agenda 2030 che prevedono un processo di monitoraggio costruito attraverso un sistema di indicatori, alcuni specifici sul consumo di suolo, sull'uso del suolo e sulle aree artificiali che prevedono entro il 2030 l'allineamento del consumo alla variazione demografica e il bilancio non negativo del degrado del territorio.

A livello regionale sono invece, diverse le norme che impongono obiettivi di contenimento progressivo del consumo di suolo.

Analisi del trend

Una valutazione degli scenari di trasformazione del territorio italiano, nel caso in cui la velocità di trasformazione dovesse confermarsi pari a quella attuale anche nei prossimi anni, porta a stimare il nuovo consumo di suolo in 1.552 km² tra il 2020 e il 2050. Se invece si dovesse tornare alla velocità media registrata nel periodo 2006-2012, si sfiorerebbero i 3.000 km². Nel caso in cui si attuasse una progressiva riduzione della velocità di trasformazione, ipotizzata nel 15% ogni triennio, si avrebbe un incremento delle aree artificiali di oltre 800 km², prima dell'azzeramento al 2050. Sono tutti valori molto lontani dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle attuali previsioni demografiche, imporrebbero un saldo negativo del consumo di suolo. Ciò significa che, a partire dal 2030, la "sostenibilità" dello sviluppo richiederebbe un aumento netto delle aree naturali di 318 km² o addirittura di 971 km² che andrebbero recuperati nel caso in cui si volesse anticipare tale obiettivo a partire da subito.

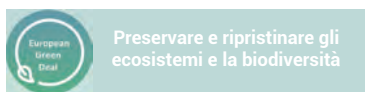
EVENTI FRANOSI PRINCIPALI



Eventi franosi principali

Fonte: ISPRA

Nota*: Il numero elevato di eventi nel 2015 è legato al contributo all'Indicatore in via sperimentale delle Regioni/Province Autonome.



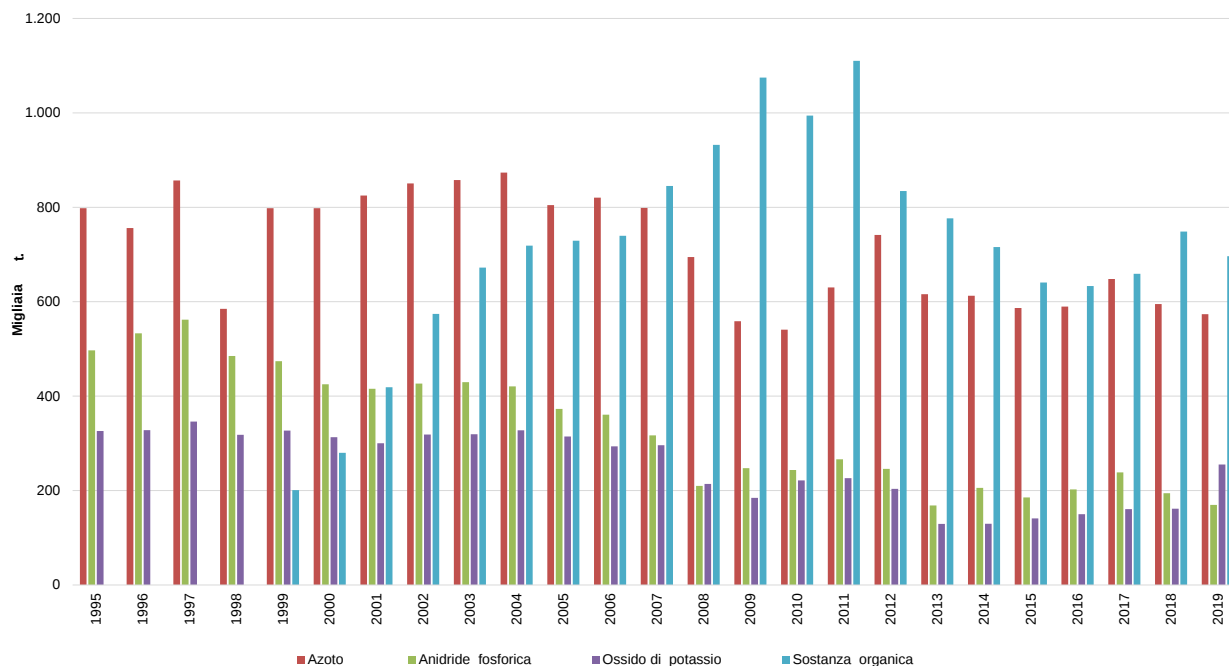
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Ad eccezione del Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923, focalizzato sul vincolo idrogeologico, la gestione dei boschi e la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani, l'Italia ha scontato fino al 1989 un forte ritardo nella promulgazione di norme che imponessero di considerare i fenomeni di origine naturale, quali frane e alluvioni, nella pianificazione territoriale e urbanistica. La Legge n. 183 del 18 maggio 1989, ispirata ai principi della Commissione De Marchi, è infatti la prima norma organica per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo che individua il bacino idrografico come base territoriale di riferimento per la protezione idrogeologica e le Autorità di bacino quali istituzioni responsabili della predisposizione del Piano di Bacino. Quest'ultimo è uno strumento fondamentale per la pianificazione territoriale e per la programmazione di opere di sistemazione ed è sovraordinato agli altri piani di livello regionale, provinciale e locale. Tuttavia fino all'evento catastrofico di Sarno del 5 maggio 1998, la Legge 183/89 non ha avuto piena attuazione, con pochi Piani stralcio adottati. Con l'emanazione del Decreto Legge n. 180 dell'11 giugno 1998, convertito nella L. 267/1998, viene impressa un'accelerazione all'individuazione, perimetrazione e classificazione delle aree a pericolosità e rischio idrogeologico per frane e alluvioni, all'adozione dei Piani stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e delle misure di salvaguardia. I PAI, redatti dalle Autorità di Bacino (ora Autorità di Bacino Distrettuali) costituiscono uno strumento fondamentale per una corretta pianificazione territoriale attraverso l'applicazione di vincoli e regolamentazioni d'uso del territorio. La legge 183/89 è stata successivamente abrogata e in parte integrata nel D. Lgs. 152/2006. I PAI sono strumenti dinamici che negli anni sono stati oggetto di integrazioni e modifiche da parte delle Autorità di Bacino, a seguito di nuovi studi e indagini, nuovi eventi idrogeologici, al completamento di interventi strutturali di mitigazione del rischio o su richiesta degli Enti locali.

Analisi del trend

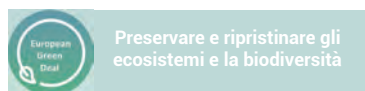
Gli eventi franosi principali, sono quegli eventi che hanno causato vittime, feriti, evacuati e danni a edifici, beni culturali, infrastrutture lineari di comunicazione primarie e infrastrutture/reti di servizi sul territorio nazionale nel corso dell'anno. Il grafico sovrastante, mostra l'andamento di tali fenomeni tra il 2010 e il 2020. Eccetto il 2015, che rappresenta un dato anomalo a causa della differente metodologia di raccolta delle informazioni, poiché in quell'anno le Regioni e le Province Autonome diedero in via sperimentale un contributo al popolamento dell'indicatore, è possibile osservare un andamento oscillante fino al 2020 correlato al regime delle precipitazioni nel corso dell'anno, al verificarsi di eventi sismici importanti e alla citata disomogeneità dei dati di base e metodi di acquisizione. Nel 2020 i principali eventi di frana sono stati 122 e hanno causato 6 morti, 22 feriti e danni prevalentemente alla rete stradale.

DISTRIBUZIONE PER USO AGRICOLO DI FERTILIZZANTI (CONCIMI, AMMENDANTI E CORRETTIVI)



Elementi nutritivi contenuti nei fertilizzanti

Fonte: Istat



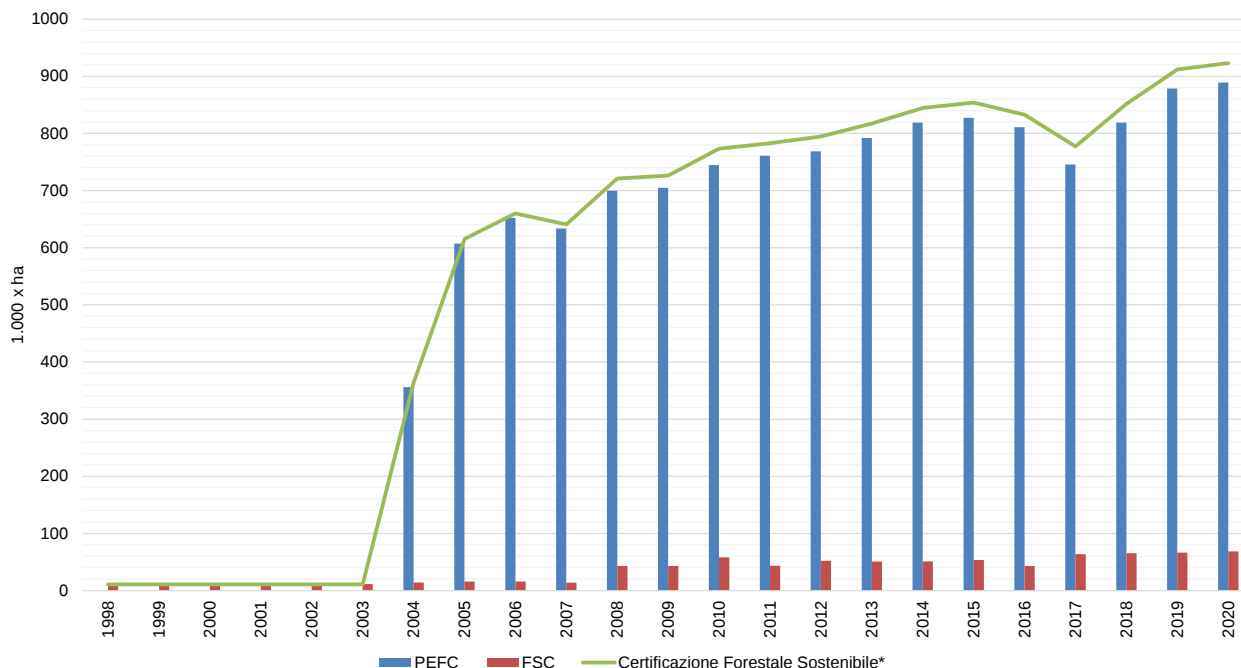
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Il Decreto legislativo 29 aprile 2010 n. 75 e s.m.i., abrogando il precedente D.Lgs. 29 aprile 2006 n. 217, disciplina la produzione e l'immissione in commercio dei fertilizzanti. La Direttiva 91/676/CEE del Consiglio (Direttiva Nitrati), del 12 dicembre 1991, reca disposizioni per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole e introduce misure specifiche per l'applicazione al terreno dei fertilizzanti azotati, con limiti per ettaro nella distribuzione degli effluenti di allevamento e nella concentrazione dei nitrati nelle acque. Di diretta emanazione sono il Decreto Ministeriale (DM) 19 aprile 1999 "Codice di buona pratica agricola", che fornisce gli indirizzi per la corretta utilizzazione dei fertilizzanti azotati e il DM 25 febbraio 2016 con le norme tecniche sull'utilizzazione degli effluenti di allevamento, delle acque reflue e del digestato. Nella prospettiva dello sviluppo dell'economia circolare, assume una forte rilevanza l'approvazione del Regolamento 5 giugno 2019 n. 2019/1009 del Parlamento europeo e del Consiglio che detta le norme per la messa a disposizione sul mercato di prodotti fertilizzanti dell'UE e abroga il precedente Regolamento (CE) 2003/2003 (abrogazione a partire dal luglio 2022). Infatti, in un contesto di tutela della salute umana, animale o vegetale, della sicurezza e dell'ambiente, oltre ai concimi ottenuti da materiali inorganici o ottenuti per via chimica, il Regolamento supporta l'esigenza di utilizzare materiali riciclati o organici nella concimazione.

Analisi del trend

L'analisi dal 2000 – 2019 degli elementi nutritivi, che agiscono direttamente sulla fertilità del suolo e delle piante, evidenzia una tendenziale riduzione dei nutrienti principali (azoto, fosforo e potassio), con entità e dinamiche diverse per ogni singolo elemento, e il contemporaneo aumento della sostanza organica, presente nei fertilizzanti di origine organica e nei concimi organo – minerali. In particolare, nel 2019 sono stati distribuiti circa 574 mila tonnellate di azoto, 255 mila tonnellate di ossido di potassio e 696 mila tonnellate di sostanza organica. Ponendo a confronto il contenuto in elementi nutritivi dei fertilizzanti con il dato della superficie nazionale concimabile fornito dall'Istat, senza nessuna analisi di correlazioni rispetto alle specifiche esigenze nutrizionali delle colture agrarie e delle variabili ambientali, nel 2019 la distribuzione media ad ettaro è di 62,9 chilogrammi di azoto, 18,8 chilogrammi di fosforo, 28,2 chilogrammi di potassio e 76,9 chilogrammi di sostanza organica.

CERTIFICAZIONE DI GESTIONE FORESTALE SOSTENIBILE



Superfici forestali certificate in Italia secondo gli schemi PEFC e FSC

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati FSC (ForestStewardship Council) e PEFC (Pan-europeanForest Certification Council)



Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Alla base degli sistemi di certificazione internazionali vi sono iniziative da parte di governi, organizzazioni non governative, opinione pubblica, aziende per tutelare il patrimonio forestale.

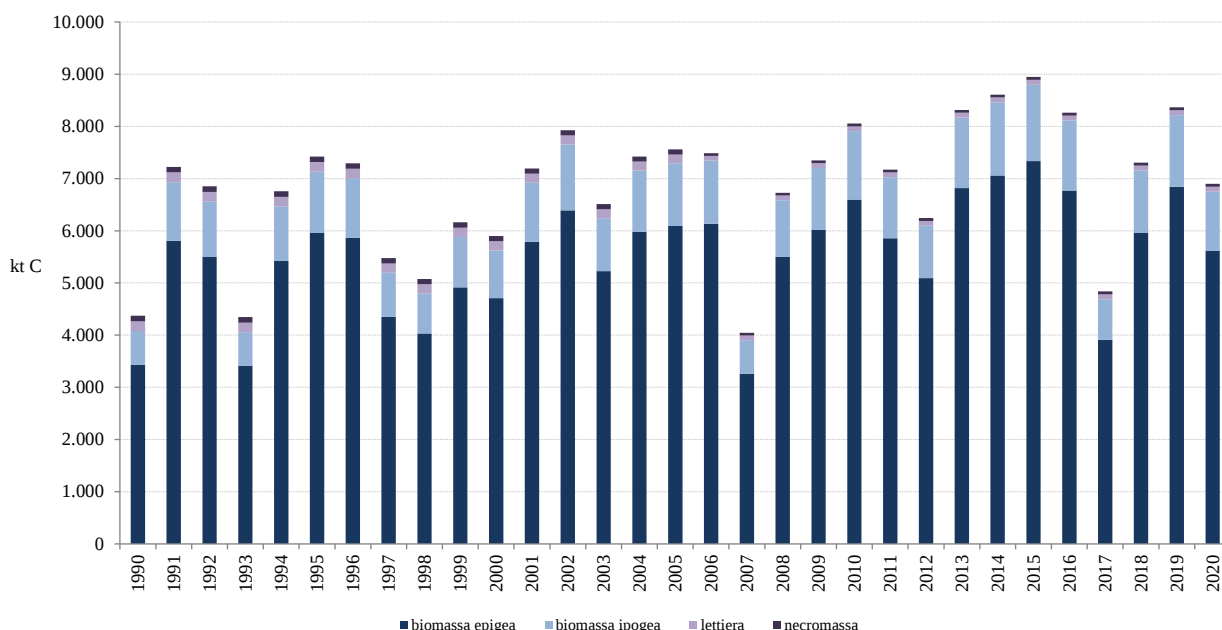
Il rispetto della vigente normativa internazionale, nazionale e regionale inerente al settore foreste è prerequisito indispensabile per l'ottenimento della certificazione. In particolare:

- Regolamento (UE) n. 995/2010 del Parlamento Europeo e del Consiglio che stabilisce gli obblighi degli operatori che commercializzano legno e prodotti da esso derivati e relativi atti attuativi
- Regolamento (CE) n. 1100/98 del Consiglio che modifica il regolamento (CEE) n. 1615/89 che istituisce un sistema europeo d'informazione e di comunicazione forestale
- D.Lgs. 34/2018 "Testo unico in materia di foreste e filiere forestali", entrato in vigore il 5 maggio 2018.

Analisi del trend

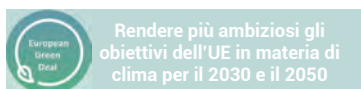
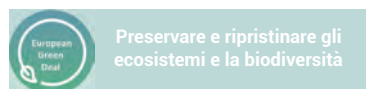
In Italia, al 31 dicembre 2020, la superficie forestale certificata secondo lo schema del *Programme for Endorsement of Forest Certification schemes* (PEFC™) è pari a 889.032 ettari (ha); mentre la superficie certificata secondo lo schema del *Forest Stewardship Council*® (FSC®) è pari a 68.486 ettari. La superficie certificata PEFC ha ripreso la crescita rispetto all'anno precedente di circa l'1,2%, mentre i dati inerenti alla certificazione FSC segnalano un incremento di circa il 3,2%. L'analisi della serie storica rileva un incremento continuo della superficie forestale certificata PEFC fino al 2015 (unica eccezione è il 2007) seguita da una flessione nel corso del 2016-2017. La superficie certificata FSC ha un andamento altalenante che registra il suo valore massimo di oltre 68 mila ettari nel 2020.

CONTRIBUTO DELLE FORESTE NAZIONALI AL CICLO GLOBALE DEL CARBONIO



La variazione di *stock* di carbonio (*carbon sink*) nei diversi serbatoi forestali in Italia

Fonte: ISPRA



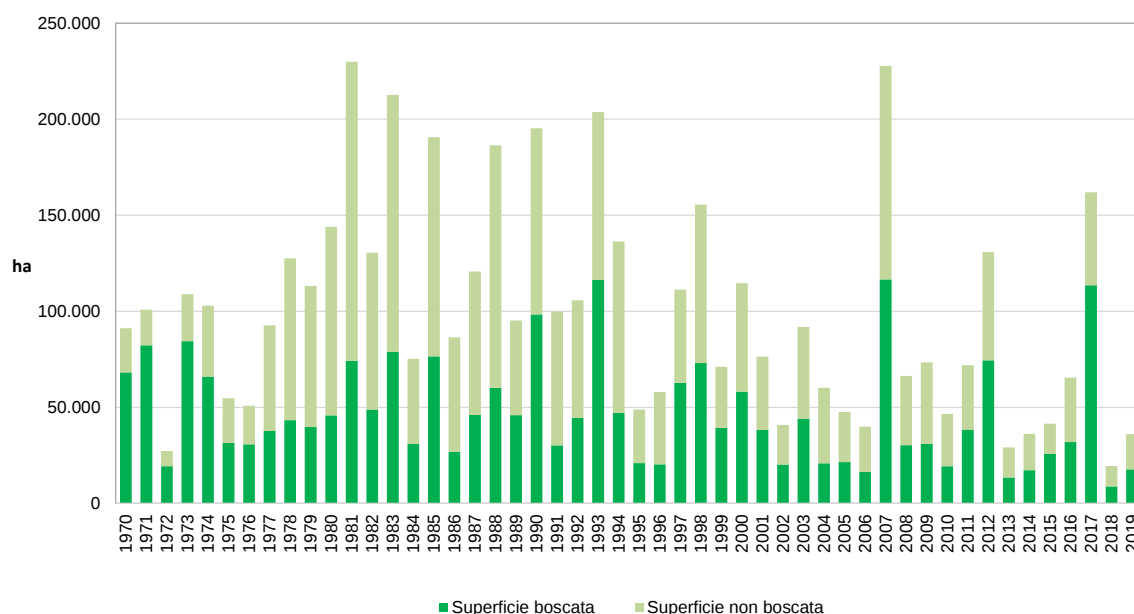
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'UNFCCC, riconoscendo che i cambiamenti climatici sono una delle minacce più serie per l'umanità, ha definito un quadro operativo per arginare il continuo aumento della concentrazione in atmosfera dei gas serra. La stessa UNFCCC - riconoscendo la funzione di mitigazione dell'effetto serra da parte delle foreste - richiede alle nazioni di adottare misure per migliorare e conservare gli ecosistemi, e segnatamente le foreste, che possono agire come riserve e assorbitori (*sink*) di gas a effetto serra. Nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e del relativo Protocollo di Kyoto, ogni Stato aderente, e iscritto nell'Annesso I deve compilare annualmente l'Inventario nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas a effetto serra, non inclusi nel Protocollo di Montreal, riportando la serie storica, dal 1990, delle emissioni nel *National Inventory Report* - NIR, secondo le linee guida redatte a livello internazionale dall'IPCC e adottate dalla Conferenza delle Parti (COP) della Convenzione. Il settore LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*), dell'Inventario nazionale, riporta le stime relative agli assorbimenti e alle emissioni di gas serra derivanti dalle attività di uso delle terre, cambiamento di uso delle terre e gestione forestale. Tra i diversi usi delle terre, quello forestale è senz'altro il più rilevante.

Analisi del trend

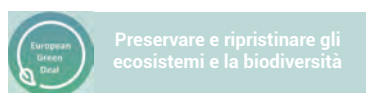
Gli *stock* di carbonio nelle foreste italiane sono in aumento, segnando un bilancio positivo tra le emissioni e gli assorbimenti di gas serra (*carbon sink*). Ciò è legato da una parte alle politiche di conservazione (con bassi indici di deforestazione) e di tutela delle foreste; dall'altra, a causa di complessi motivi economici e sociali, a una riduzione del volume dei prelievi legnosi (anche se negli ultimi anni, soprattutto a causa degli alti prezzi dell'energia, si è registrata una ripresa dei prelievi di legna a fini energetici). Un aumento del carbonio sequestrato si registra in quelle aree usate in precedenza per altri scopi e convertite poi in foreste, per via degli interventi di riforestazione (terreni già in precedenza forestali) e afforestazione (terreni in precedenza non forestali), di carattere sia intenzionale, sia naturale (colonizzazione naturale da parte di specie forestali su ex-coltivi o altro). Maggiore preoccupazione destano le emissioni legate agli incendi, che hanno un impatto sulla variazione di carbonio stoccato nei diversi serbatoi forestali. Il carbonio sequestrato dai serbatoi forestali italiani è aumentato in maniera costante, principalmente a causa dell'espansione delle superfici coperte da foreste, dovuta prevalentemente a una ricolonizzazione di aree marginali e di terre non più coltivate. Nel 2020, la variazione di *stock* di carbonio (*carbon sink*) delle foreste italiane è stata pari a 6,9 MtC (pari a 25,3Mt di CO₂); tale variazione tiene conto degli accrescimenti e delle perdite (dovute ai prelievi legnosi, agli incendi e alle cause naturali). L'andamento del *carbon sink*, nel periodo 1990-2020, è fortemente condizionato dalle superfici percorse annualmente dagli incendi, e dalla conseguente riduzione degli assorbimenti di carbonio. È particolarmente evidente, infatti, l'effetto delle perdite di biomassa dovute a incendi nel 1990, 1993, 2007 e nel 2017 sul trend del *carbon sink*. Da ciò si intuisce il ruolo chiave degli incendi sul contributo che le foreste nazionali possono dare al ciclo globale del carbonio. Nel 2020 la quantità di carbonio fissato nelle foreste italiane (*carbon stock*) è stata pari a circa 618,92 milioni di tonnellate di carbonio (MtC). Di queste, 476,39Mt C (77,0% del totale) sono stoccate nella biomassa epigea, 99,39Mt C (16,1% del totale) nella biomassa ipogea, 15,88Mt C nella necromassa (2,6% del totale) e 27,26MtC nella lettiera (4,4% del totale). La ripartizione, a livello regionale, dello *stock* di carbonio è fortemente correlata alla frazione di superficie coperta da foreste.

ENTITÀ DEGLI INCENDI BOSCHIVI



Superficie boscata e non boscata percorsa dal fuoco

Fonte: Corpo Forestale dello Stato (CFS); Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari dell'Arma dei Carabinieri (CUFA)



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

- Legge 1 marzo 1975, n. 47 recante "Norme integrative per la difesa dei boschi dagli incendi"
- Decreto-legge 10 luglio 1982, n. 428, convertito, con modificazioni, dalla legge 12 agosto 1982, n. 547, recante "Misure urgenti per la protezione civile".
- Legge 21 novembre 2000, n. 353, recante "Legge-quadro in materia d'incendi boschivi", costituisce attualmente la legge fondamentale in materia, si caratterizza per un approccio inteso a privilegiare le attività di previsione e prevenzione, anziché la fase emergenziale legata allo spegnimento degli incendi. Punto essenziale del sistema delineato dalla legge n. 353, è il "Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi" (Piano AIB), che deve essere predisposto da parte delle Regioni, responsabili della pianificazione territoriale e della gestione di tutte le risorse disponibili.
- Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile del 20 dicembre 2001 (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 26 febbraio 2002) "Linee guida relative ai piani regionali per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi"
- Linee Guida redatte nel 2018 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (in attuazione dell'art. 3 della Legge 21 novembre 2000, n. 353) "per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi" nei Parchi Nazionali e nelle Riserve Naturali Statali.

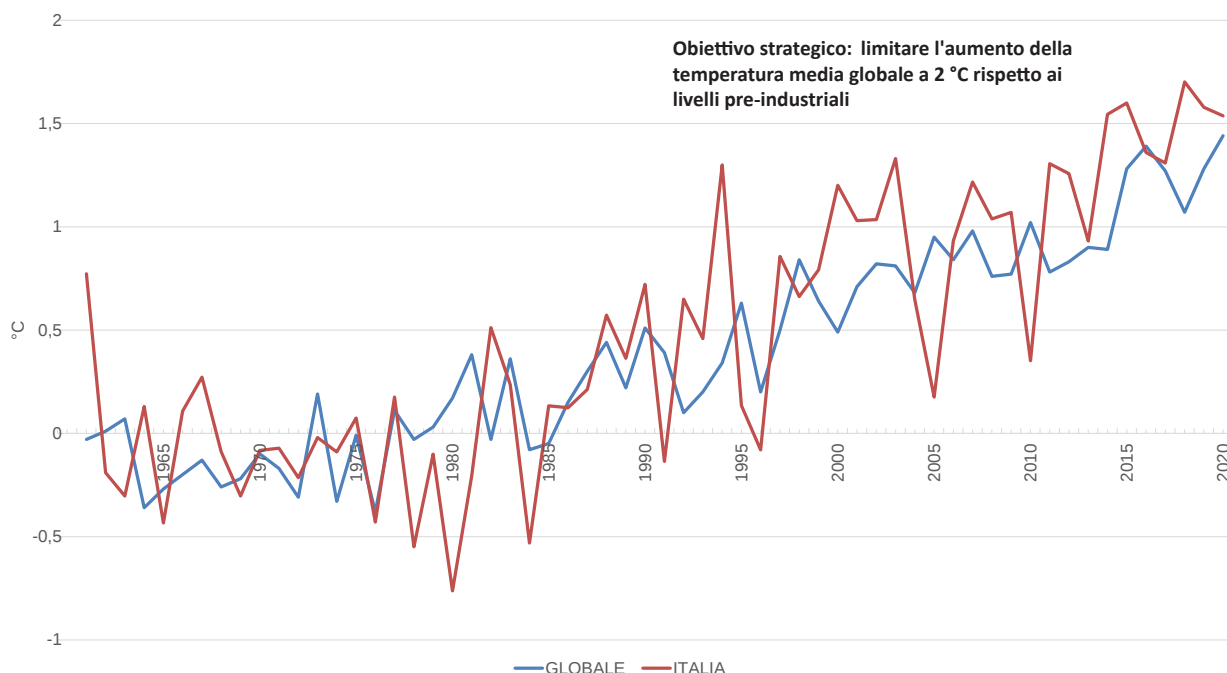
Analisi del trend

L'esame complessivo dei dati cui si fa riferimento denota un andamento altalenante del fenomeno, con anni di picco e successive attenuazioni. Si può comunque osservare un periodo notevolmente critico a metà degli anni '80, cui sono seguiti anni in cui il livello del fenomeno si è mantenuto sempre complessivamente elevato; a partire dal 2001 si è avuta nell'insieme una progressiva mitigazione con due anni di maggior impatto (2007 e 2012). I dati riferiti al 2013 e 2014 sono stati molto al di sotto delle medie storiche, ma successivamente si è riscontrata una recrudescenza del fenomeno, culminata nel 2017. Successivamente il 2018 e il 2019 hanno segnato un'attenuazione del fenomeno (più marcata nel 2018), sia rispetto alle annate precedenti, sia in termini medi.



Cambiamenti climatici

TEMPERATURA MEDIA



Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media sulla terraferma, globale e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990

Fonte: NCDC /NOAA e ISPRA



Neutralità climatica



Obiettivo



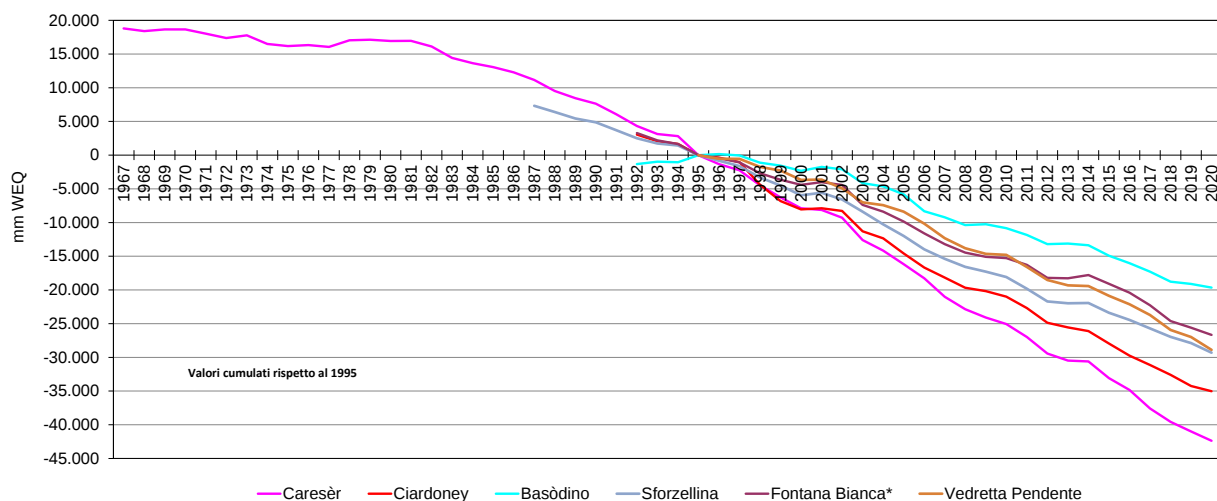
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Nessun obiettivo specifico fissato dalla normativa nazionale. A livello Europeo "Il Consiglio Europeo sottolinea l'importanza vitale di raggiungere l'obiettivo strategico di limitare l'aumento della temperatura media globale a 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali" (Dichiarazione del Consiglio dell'Unione Europea, 8/9 marzo 2007).

Analisi del trend

L'aumento della temperatura media registrato in Italia negli ultimi trenta anni è stato quasi sempre superiore a quello medio globale sulla terraferma. Nel 2020 l'anomalia, rispetto alla media climatologica 1961-1990, della temperatura media in Italia (+1,54 °C) è stata superiore a quella globale sulla terraferma (+1,44 °C). In Italia, il valore dell'anomalia della temperatura media del 2020 si colloca al 5° posto nell'intera serie. A partire dal 1985 le anomalie sono state sempre positive, ad eccezione del 1991 e del 1996. Le principali strategie e programmi politici internazionali riguardanti i cambiamenti del clima hanno come obiettivo quello di contrastare il riscaldamento in atto nel sistema climatico. La valutazione del *trend* sfavorevole mostra un allontanamento da tale obiettivo.

BILANCIO DI MASSA DEI GHIACCIAI



Bilancio di massa cumulato di alcuni ghiacciai italiani

Fonte: Comitato Glaciologico Italiano, Comitato Glaciologico Trentino SAT, Meteotrentino, Dip. Ingegneria Civile e Ambientale Università di Trento, Museo delle Scienze di Trento, Dip.ti TeSAF e Geoscienze dell'Università di Padova (Caresèr); Società Meteorologica Italiana (Ciardoney); G. Kappenberger (Basòdino); Comitato Glaciologico Italiano (Sforzellina), Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige (Fontana Bianca, Vedretta Pendente)

Legenda :

* Dal 2018, il dato di massa, del Weißbrunnferner – Ghiacciaio di Fontana Bianca è stimato in base alle misure su solo 3 paline di monitoraggio (paline P9, P10 e P16)



Neutralità climatica



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

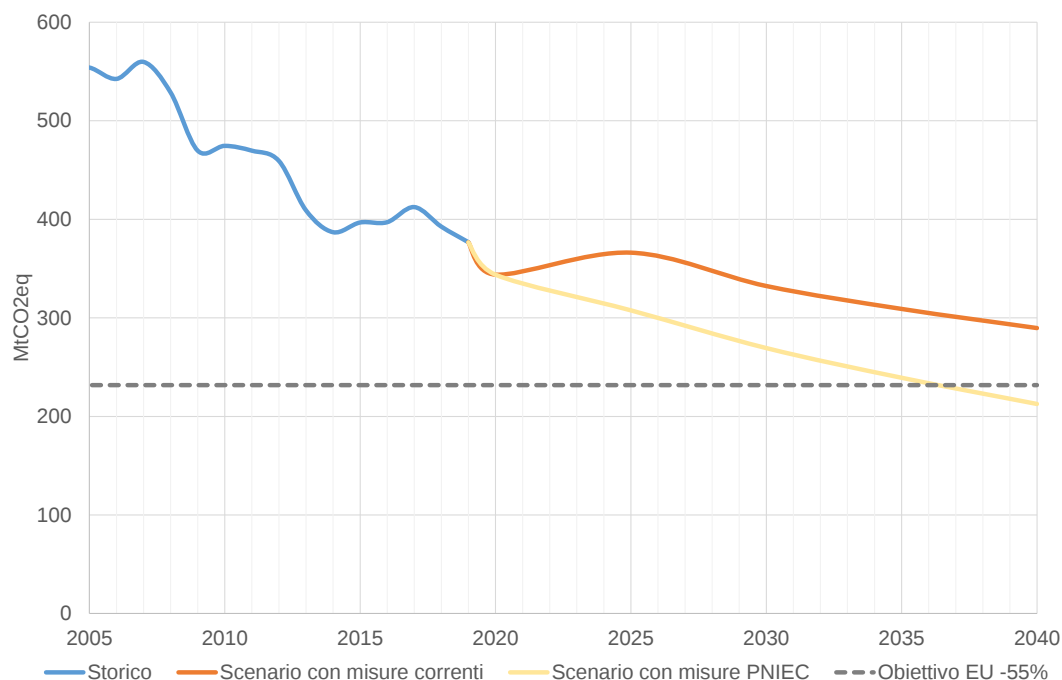
Nessun riferimento e obiettivi fissati dalla normativa

Analisi del trend

Per i corpi glaciali italiani considerati si verifica una generale tendenza alla deglaciazione e alla fusione, in particolare dall'analisi dei dati dal 1995 al 2019 emerge che per i 6 corpi glaciali analizzati a livello complessivo, il bilancio cumulato mostra perdite significative che ammontano da un minimo di oltre 19 metri di acqua equivalente per il ghiacciaio del Basòdino al massimo di quasi 41 metri per il ghiacciaio di Caresèr, per una perdita di massa media annua pari a oltre un metro di acqua equivalente.

I dati di bilancio di massa costituiscono di fatto un'indicazione fondamentale per valutare lo "stato di salute" dei ghiacciai. Attualmente in Italia è monitorato un numero limitato di ghiacciai, spesso purtroppo con serie discontinue o di entità ridotta. Di conseguenza per l'elaborazione dell'indicatore sono stati considerati 7 corpi glaciali: nelle Alpi occidentali il ghiacciaio del Ciardoney; nelle Alpi centrali il Caresèr, con la più lunga serie storica, risalente al 1967, il Basòdino, lo Sforzellina e il Fontana Bianca; nelle Alpi orientali il Dosdè orientale e il Vedretta Pendente. I corpi glaciali scelti sono stati selezionati in funzione della presenza significativa di dati storici pubblicati e di sistemi di bilancio di massa attivati da operatori qualificati. Data la loro differente ubicazione sull'arco alpino, i diversi ghiacciai possono essere considerati rappresentativi dei differenti settori climatici.

EMISSIONI DI GAS SERRA



Trend e proiezioni delle emissioni totali di gas serra (incluso LULUCF)

Fonte: ISPRA



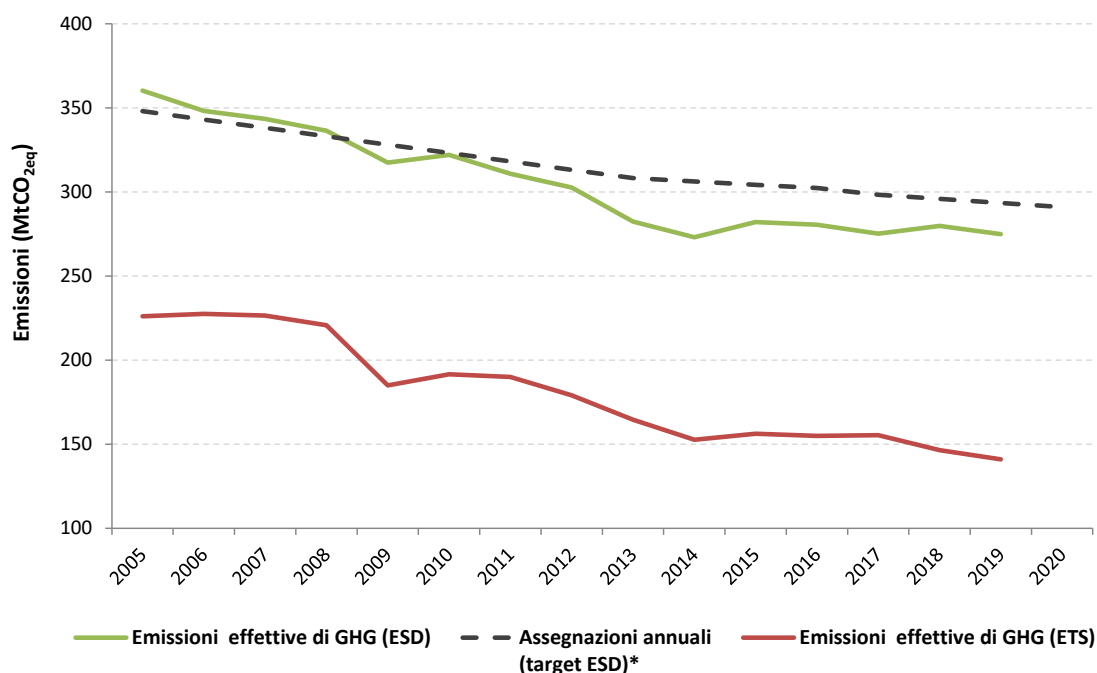
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Il Protocollo di Kyoto sottoscritto nel 1997, ratificato dalla L 120/2002, in vigore dal 2005, costituisce lo strumento attuativo della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC). L'Italia aveva l'impegno di ridurre le emissioni nazionali complessive di gas serra del 6,5% rispetto al 1990, entro il periodo 2008-2012. La Delibera CIPE n. 123 del 19 dicembre 2002 ha istituito un Comitato tecnico emissioni gas serra al fine di monitorare l'attuazione delle politiche di riduzione delle emissioni. In Italia il monitoraggio delle emissioni dei gas climalteranti è garantito da ISPRA, attraverso il Decreto Legislativo n. 51 del 7 marzo 2008 e il Decreto Legislativo n. 30 del 13 marzo 2013. Per colmare il divario 2013-2020, l'Emendamento di Doha al Protocollo di Kyoto è stato adottato l'8 dicembre 2012. L'Unione Europea e i suoi Stati membri, nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC), del Protocollo di Kyoto e successivamente in base all'Emendamento di Doha al Protocollo di Kyoto del 2012 e all'Accordo di Parigi del 2015, avevano inizialmente stabilito di ridurre le loro emissioni collettive del 40% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990. Nel dicembre 2020 il traguardo vincolante dell'Unione in materia di clima per il 2030 è stato aggiornato e ora consiste in una riduzione interna netta delle emissioni di gas a effetto serra (emissioni al netto degli assorbimenti) di almeno il 55 % rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030.

Analisi del trend

Le emissioni totali di gas a effetto serra nel periodo 1990-2019 mostrano una riduzione del 19,4%, passando da 518,7 a 418,3 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente. Dal 2018 al 2019 si stima un decremento pari a -2,7%. Considerando lo scenario a politiche correnti, le emissioni di gas serra nette stimate per il 2030, si riducono del 35% rispetto al 1990 nello scenario a politiche correnti e del 48% nello scenario PNIEC. Anche se il trend risulta positivo in tutti gli scenari in quanto in calo rispetto agli anni passati, solo lo scenario con le politiche PNIEC consente di raggiungere l'obiettivo di riduzione del 33%, ma non è comunque sufficiente a raggiungere il nuovo obiettivo che sarà previsto in ambito EU.

EMISSIONI DI GAS SERRA NEI SETTORI ETS ed ESD



Andamento delle emissioni di gas serra dai settori ETS ed ESD

Legenda * i livelli del target dal 2006 al 2012 sono calcolati come interpolazione tra gli anni 2005 e 2013 e non rappresentano obiettivi nazionali.
Fonte: ISPRA



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

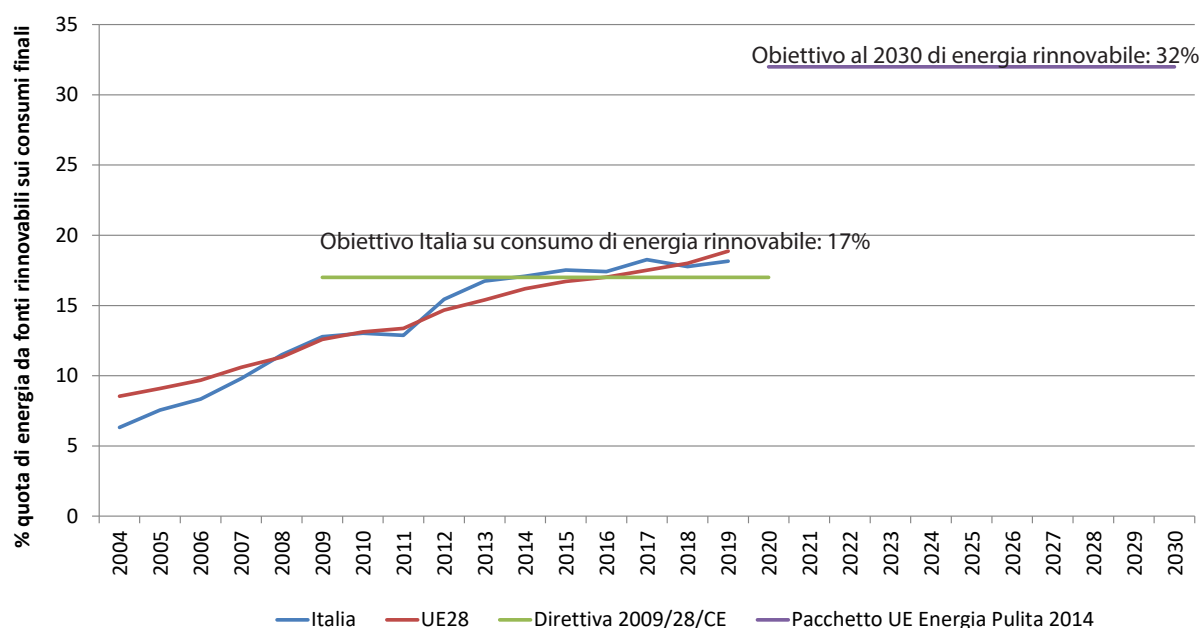
La Direttiva 2009/29/CE modifica la direttiva 2003/87/CE e ha il fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario di scambio delle quote di emissioni dei gas a effetto serra EU-ETS, ponendo un tetto unico a livello UE in materia di quote di emissioni a partire dal 2013. Le emissioni verranno diminuite annualmente dell'1,74%, riducendo il numero di quote disponibili al 2020 del 21% con riferimento all'anno base 2005. La Decisione 406/2009/CE assegna all'Italia l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra del 13% al 2020 rispetto alle emissioni 2005 per tutti i settori non coperti dal sistema ETS, ovvero piccola-media industria, trasporti, civile, agricoltura e rifiuti. La Decisione 406/2009/CE dispone inoltre che a partire dal 2013 fino al 2020 ogni Stato avrà un target annuale da rispettare (298,3 MtCO_{2eq} per il 2017).

L'Europa ha aggiornato il quadro strategico per il clima fissando l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra al 2030 del 40% rispetto al 1990, una quota di almeno 32% di energia rinnovabile e un miglioramento almeno del 32,5% dell'efficienza energetica. Gli ultimi due obiettivi saranno riesaminati dal 2023 per un possibile incremento. Per raggiungere l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra i settori interessati dal sistema di scambio delle quote di emissione (ETS) dell'UE dovranno ridurre le emissioni del 43% (rispetto al 2005), mentre i settori non ETS dovranno ridurre le emissioni del 30% (rispetto al 2005). Tali obiettivi sono stati tradotti in obiettivi vincolanti nazionali per gli Stati membri con l'adozione del Regolamento *Effort Sharing* (ESR 2018/842). Per l'Italia è prevista una riduzione delle emissioni dai settori ESR del 33% rispetto al 2005. Nell'ambito del *Green Deal* europeo, la Commissione ha proposto nel settembre 2020 di aumentare l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra per il 2030, comprese le emissioni e gli assorbimenti, ad almeno il 55% rispetto al 1990.

Analisi del trend

Le emissioni dei settori ETS nel 2019 mostrano una diminuzione del 37,6% rispetto ai livelli del 2005. Nello stesso periodo le emissioni dei settori ESD si riducono del 23,7%. Le emissioni hanno subito un rilevante calo rispetto al 2005. Tale andamento è dovuto in parte alle politiche di riduzione degli impatti dei settori industriali e all'efficientamento nel settore civile e in parte al periodo di crisi economica che ha colpito pesantemente alcuni settori responsabili di elevati livelli di emissioni di gas serra. Nel 2019 si registra una diminuzione delle emissioni rispetto al 2018, -3,8% per ETS e -1,7% per ESD. Il trend delle emissioni dei settori ESD mostra che il Paese ha già raggiunto nel 2019 l'obiettivo di riduzione assegnato al 2020.

QUOTA DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI NEI CONSUMI FINALI



Quota di energia rinnovabile nei consumi finali

Fonte: ISPRA



Neutralità climatica



Mobilizzare l'industria per una economia pulita e circolare



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Direttiva 2003/30/CE sulla promozione dell'uso dei biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti.

Direttiva 2009/28/CE che 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. Essa 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.

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. L'Europa ha aggiornato il quadro strategico per il clima fissando l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra al 2030 del 40% rispetto al 1990, una quota di almeno 32% di energia rinnovabile e un miglioramento almeno del 32,5% dell'efficienza energetica.

7° PAA – Decisione n. 1386/2013/UE.

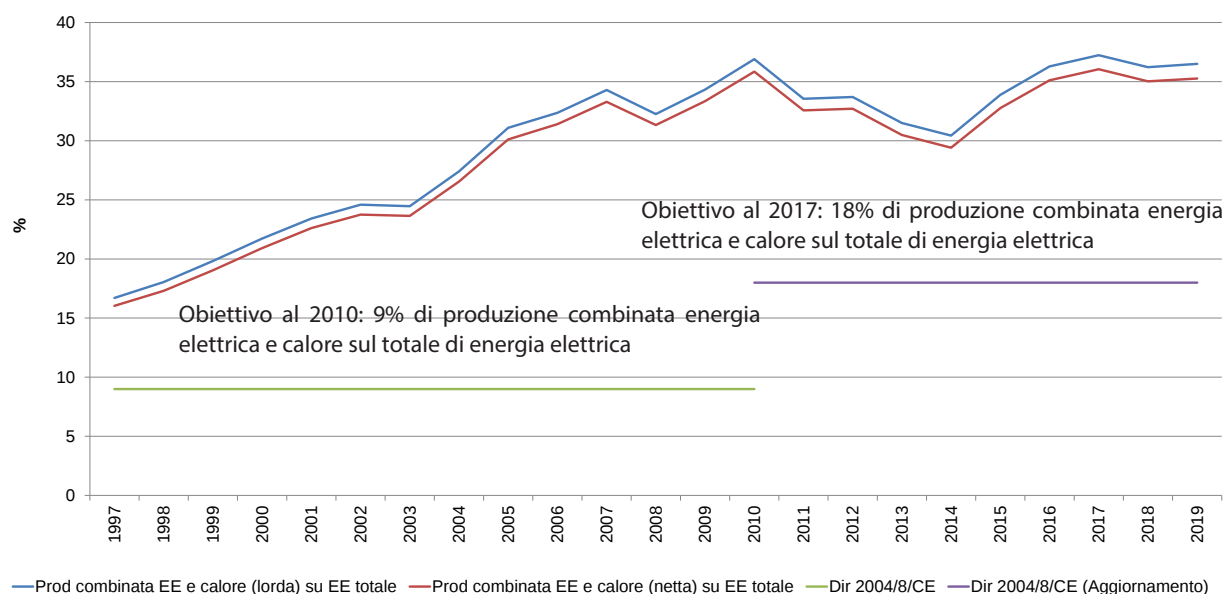
Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) adottato dall'Italia in attuazione del Regolamento 2018/1999/UE a dicembre 2019, stabilisce l'obiettivo al 2030 di una quota di energia da fonti rinnovabili del 30% sui consumi finali (del 20% sui consumi finali nel settore dei trasporti).

Gli obiettivi sono in continua evoluzione, anche in base ai contenuti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), nelle more della ulteriore previsione delle emissioni di gas climalteranti al 2030, della riduzione dei consumi energetici e dell'ulteriore potenziamento della produzione di energia da fonti rinnovabili, ai fini della decarbonizzazione prevista per il 2050.

Analisi del trend

L'uso delle energie rinnovabili è aumentato continuamente nell'UE, con la quota raddoppiata dal 2004 quando le energie rinnovabili coprivano solo l'8,6% del consumo lordo di energia finale. Nel periodo 2004-2019 la quota di energia rinnovabile è cresciuta mediamente di 0,8 punti percentuali all'anno. A livello nazionale l'uso delle energie rinnovabili è aumentato, e la sua quota si è quasi triplicata rispetto al 2004 quando le energie rinnovabili coprivano solo il 6,3% del consumo lordo di energia finale, raggiungendo il 18,2% nel 2019, che rappresenta un valore superiore all'obiettivo del 17% da raggiungere entro il 2020. Per raggiungere il proprio obiettivo l'Italia dovrà mantenere ai livelli del 2014-2019 la quota di energia rinnovabile rispetto ai consumi finali. Fino al 2019 l'Italia è tra i 14 paesi che hanno superato il proprio obiettivo. La quota italiana è di poco inferiore alla media dell'UE-28 (18,9%), i paesi europei con le più alte percentuali di energia rinnovabile sono Svezia (56,4%), Lettonia (40%) e Austria (34%). Germania, Francia e Spagna sono rispettivamente a percentuali del 17,4%, 17,2% e 18,4%.

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA IMPIANTI DI COGENERAZIONE



Produzione di energia elettrica da impianti di cogenerazione

Fonte: ISPRA



Neutralità climatica



Mobilizzare l'industria per una economia pulita e circolare



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La Direttiva 2004/8/CE promuove la cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia, e fissa per l'Unione Europea l'obiettivo indicativo di un raddoppio del contributo della cogenerazione alla produzione complessiva di energia elettrica, dal 9% del 1994 al 18% nel 2010. La Direttiva è stata recepita in Italia attraverso il D.Lgs dell'8/2/2007 n. 20. Il Decreto del 5/9/2011 detta le misure in materia di incentivazione della Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR). Il Decreto del 4/8/2011 integra le disposizioni del Decreto Legislativo n.20/2007, ai fini della definizione dei criteri per il riconoscimento della qualifica di CAR a partire dal 1° gennaio 2011.

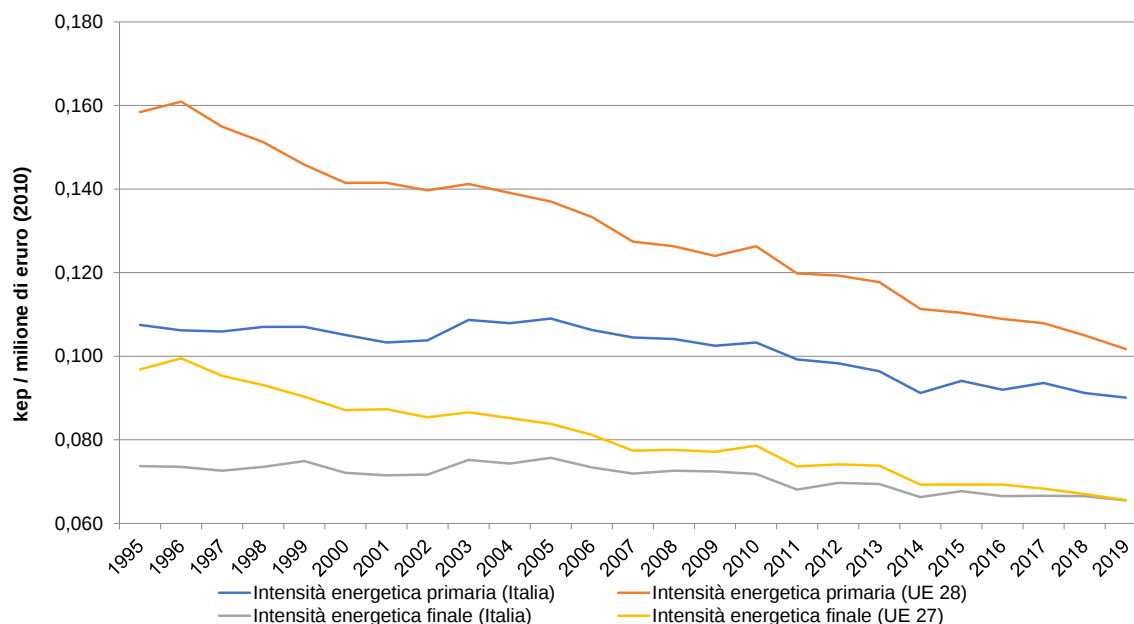
D.Lgs. 4 Luglio 2014 n.102 Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE

7° PAA- Decisione n.1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio

Analisi del trend

La quota della cogenerazione rispetto alla produzione termoelettrica lorda è passata dal 21% del 1997 al 55% del 2019 (36,5% della produzione elettrica totale lorda). Nel lungo periodo si registra un incremento della quota di energia elettrica combinata con produzione di calore. In termini assoluti la produzione lorda in cogenerazione è aumentata del 155,3% nel 2019 rispetto al 1997, mentre nello stesso periodo la produzione di sola energia elettrica è diminuita del 44,5%.

INTENSITÀ ENERGETICA PRIMARIA E FINALE



Intensità energetica primaria e finale

Fonte: ISPRA



Neutralità climatica



Primaria



Finale

Principali riferimenti normativi/Obiettivi

7° PAA – Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Analisi del trend

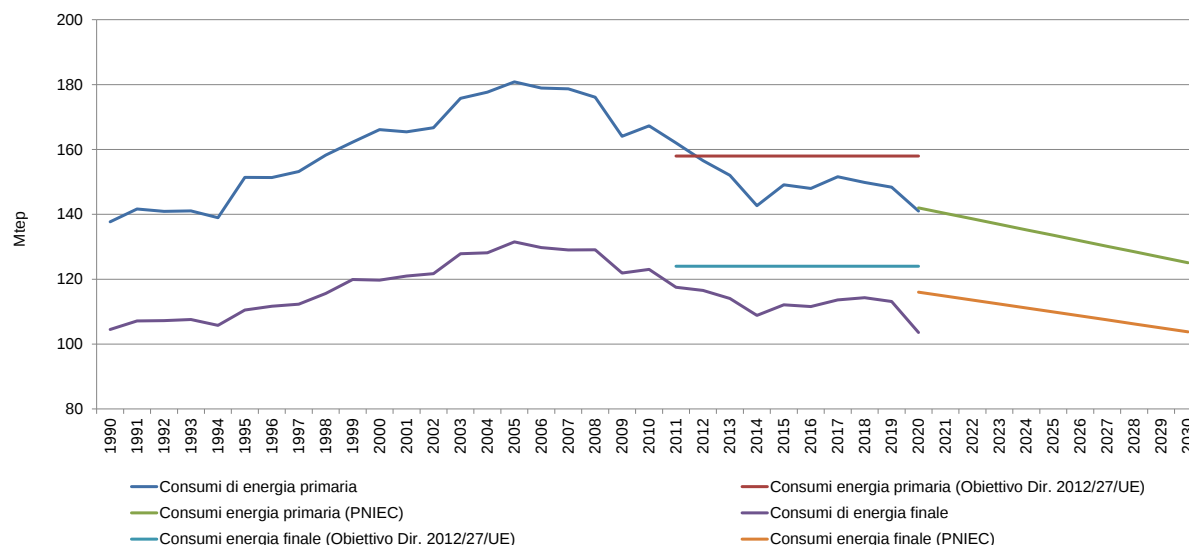
L'indicatore misura l'efficienza energetica dei sistemi economici, cioè la quantità di energia necessaria per unità di PIL prodotto. In particolare, l'intensità energetica primaria è definita dal rapporto tra il consumo interno lordo di energia e il PIL, mentre l'intensità energetica finale è definita dal rapporto tra il consumo finale di energia e il PIL.

A fronte di una considerevole variabilità annuale, su un periodo di lungo termine si osserva un andamento decrescente dell'intensità energetica finale, dovuta a una diminuzione di energia impiegata per unità di PIL prodotto. Complessivamente l'intensità energetica finale nel periodo 1995-2017 si è ridotta del 9,6%.

Dei diversi settori l'edilizia e i servizi fanno registrare un sensibile incremento dell'intensità energetica mostrando un utilizzo poco efficiente delle risorse, rispettivamente 146,6% e 47,9% dal 1995 al 2019. D'altro canto gli altri settori, soprattutto l'industria, contribuiscono alla diminuzione dell'intensità. L'intensità energetica dell'industria manifatturiera è scesa del 32,5%, mentre quelle del settore trasporti e agricoltura sono scese rispettivamente del 14,9% e del 15,3%.

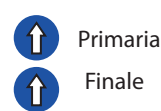
Il confronto interno all'Unione Europea evidenzia che sia l'intensità energetica primaria sia l'intensità energetica finale dell'Italia resta più bassa della media europea per effetto della storica carenza di fonti primarie di energia (che ha favorito la creazione di comportamenti e infrastrutture parsimoniose nell'uso dell'energia e una struttura produttiva non eccessivamente energivora), della forte fiscalità (che ha aumentato il costo delle fonti energetiche all'utenza finale ben oltre i valori tipici negli altri paesi), del più basso reddito pro capite, del clima relativamente mite. La serie storica dell'intensità energetica mostra che i valori europei dell'intensità primaria e finale, rispettivamente 102 e 66 tep/M€, si stanno avvicinando a quelli nazionali e che secondo una graduatoria crescente dei valori di intensità energetica primaria l'Italia si colloca al 6° posto tra i paesi europei.

CONSUMI FINALI E TOTALI DI ENERGIA PER SETTORE ECONOMICO



Consumi di energia primaria e finali

Fonte: ISPRA



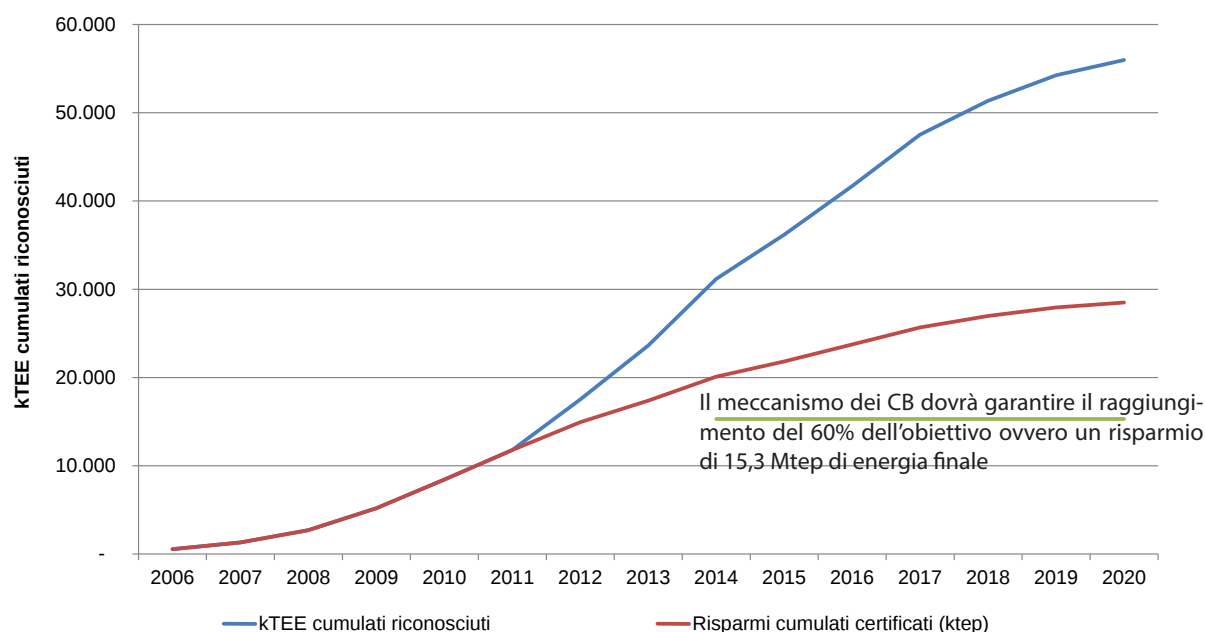
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Tra gli obiettivi del Pacchetto Clima-Energia l'Unione europea ha stabilito un obiettivo indicativo di riduzione dei consumi energetici del 20% entro il 2020 aumentando l'efficienza rispetto allo scenario tendenziale (Modello Primes 2007). Il Consiglio europeo del 23 e 24 ottobre 2014 ha approvato il quadro per il clima e l'energia 2030 che fissa, tra i principali obiettivi, la riduzione al 2030 del fabbisogno di energia primaria europeo di almeno il 32,5%, calcolato rispetto alle proiezioni tendenziali elaborate con lo scenario Primes. In attuazione della *governance* UE dell'energia, l'Italia ha inviato alla Commissione il Piano nazionale integrato per l'energia e clima - PNIEC per gli anni 2021-2030. Il PNIEC, che si basa sulle strategie e sui piani nazionali esistenti, quali la Strategia energetica nazionale adottata a novembre 2017, e assorbe i precedenti documenti programmatori, fissando i *target* al 2030 in materia di efficienza energetica, fonti rinnovabili, e riduzione delle emissioni inquinanti. In merito ai consumi di energia primaria nel PNIEC si prevede che l'Italia raggiungerà l'obiettivo indicativo di riduzione del 43% rispetto allo scenario tendenziale (Primes 2007). Sono inoltre stabiliti degli obiettivi di riduzione dei consumi di energia finale tramite regimi obbligatori di efficienza energetica definiti ai sensi dell'articolo 7 della Direttiva 2018/2002. Tali obiettivi si traducono nella riduzione dei consumi finali di energia, in ciascuno degli anni dal 2021 al 2030, di un valore pari allo 0,8% dei consumi annui medi del triennio 2016-18, mediante politiche attive. Questo obiettivo equivale a una riduzione di 0,93 Mtep/anno. Per quanto riguarda il livello assoluto di consumo di energia al 2030, l'Italia persegue un obiettivo di 125,1 Mtep di energia primaria e 103,8 Mtep di energia finale. Il PNIEC stima che, in termini di livello assoluto di consumo di energia primaria e finale al 2020, verranno superati gli obiettivi indicativi fissati ai sensi della Direttiva 2012/27/UE, pari rispettivamente a 158 Mtep e 124 Mtep. In merito ai principali riferimenti normativi nazionali per gli obiettivi al 2020 si cita il D.Lgs. n. 102/2014, modificato e integrato dal D.Lgs. 14 luglio 2020, n. 73, che contiene le disposizioni di recepimento della Direttiva 2012/27/UE, come modificata dalla Direttiva 2018/2002/UE. Per ciò che concerne l'efficienza energetica e gli obiettivi al 2030 si riporta un elenco dei principali atti normativi: Regolamento UE n. 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018 sulla governance dell'Unione dell'energia. Direttiva UE 2018/2002 (cd. Direttiva EED) sull'efficienza energetica (che modifica la precedente Direttiva 2012/27/UE), recepita dal Decreto legislativo n. 73 del 14 luglio 2020. Il decreto legislativo ha a tal fine apportato integrazioni e modifiche al D.Lgs. n. 102/2014. Direttiva (UE) 2018/844 che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica (Direttiva EPBD - *Energy Performance of Buildings Directive*), recepita dal Decreto legislativo n. 48 del 10 giugno 2020. Direttiva UE 2018/2001 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

Analisi del trend

A partire dal 1990 si registra un *trend* crescente dei consumi finali di energia, con un picco di 131,5 Mtep raggiunto nel 2005 (+25,8% rispetto al 1990). Successivamente si osserva un'inversione di tendenza, con un calo del consumo fino a 108,8 Mtep nel 2014 (-17,2% rispetto al 2005 e -4,1% rispetto al 1990). La caduta dei consumi è stata accelerata dalla crisi economica. A partire dal 2015 i consumi finali mostrano una ripresa fino al 2017, raggiungendo 113,6 Mtep (+ 4,4% rispetto al 2014) e in seguito un declino fino ai 103,6 Mtep del 2020 a causa degli effetti della pandemia da Covid-19. I consumi di energia primaria seguono lo stesso andamento dei consumi finali. Nel 2020 i consumi primari sono ammontati a 141 Mtep con un aumento del 2,4% rispetto al 1990. A partire dal 1990 i consumi di energia primaria aumentano da 137,7 Mtep a 180,8 Mtep nel 2005 (+31,3%) per poi scendere a 142,7 Mtep nel 2014 (- 21,1% rispetto al 2005). Quindi si ha una crescita fino a 151,6 Mtep nel 2017 e una nuova diminuzione fino a 141 Mtep nel 2020 (-7% rispetto al 2017).

CERTIFICATI BIANCHI



Valore cumulato TEE rilasciati e dei risparmi di energia primaria certificati [tep]

Fonte: ISPRA



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Il meccanismo dei Certificati Bianchi (o Titoli di Efficienza Energetica – TEE) è stato introdotto dai decreti ministeriali del 24 aprile 2001, con la finalità di incentivare la realizzazione di interventi di efficienza energetica negli usi finali dell'energia. Il meccanismo CB è stato gradualmente modificato nel corso degli anni, coerentemente con l'evoluzione legislativa.

In seguito agli impegni stabiliti dal Pacchetto Clima-Energia, la Strategia Energetica Nazionale (SEN 2013) ha fissato un obiettivo nazionale di risparmio di energia primaria rispetto al consumo di riferimento basato su un'evoluzione 'inerziale' del sistema (Modello Primes 2008) pari a 20 Mtep/anno al 2020, di cui 5,5 Mtep/anno da raggiungersi attraverso i risparmi incentivati dal meccanismo dei Certificati Bianchi (CB). Tali obiettivi sono stati rimodulati dal D.lgs. 102/2014 che recepisce nell'ordinamento nazionale la direttiva 2012/27/UE e ha ridefinito l'obiettivo di risparmio cumulato minimo pari a 25,5 Mtep di energia finale da conseguire nel periodo 2014-2020, stabilendo che il meccanismo dei CB dovrà garantire il raggiungimento del 60% dell'obiettivo, ovvero un risparmio di 15,3 Mtep di energia finale.

La normativa relativa ai CB ha avuto diverse revisioni al fine di potenziare il meccanismo. Tra i più recenti atti normativi si citano il DM11 gennaio 2017, il DM 10 maggio 2018 e il Decreto Direttoriale 30 aprile 2019. Il *Clean Energy Package* ha proposto nuovi obiettivi al 2030 a livello europeo, indicando un obiettivo comunitario di riduzione dei consumi del 32,5% (rispetto allo scenario di riferimento 2007, Modello Primes 2008) e ha esteso il regime obbligatorio di efficienza energetica per ogni Stato membro al 2030 (art. 7 della Direttiva 27/2012/UE). Come risulta dal Piano nazionale integrato per l'energia e il clima, per ciò che attiene all'efficienza energetica, l'Italia intende perseguire un obiettivo indicativo di riduzione dei consumi al 2030 pari al 43% dell'energia primaria e al 39,7% dell'energia finale rispetto allo scenario di riferimento Primes 2007. Tali obiettivi si traducono nella riduzione dei consumi finali di energia, in ciascuno degli anni dal 2021 al 2030, di un valore pari allo 0,8% dei consumi annui medi del triennio 2016-18, mediante politiche attive. Questo obiettivo equivale a una riduzione di 0,93 Mtep/anno.

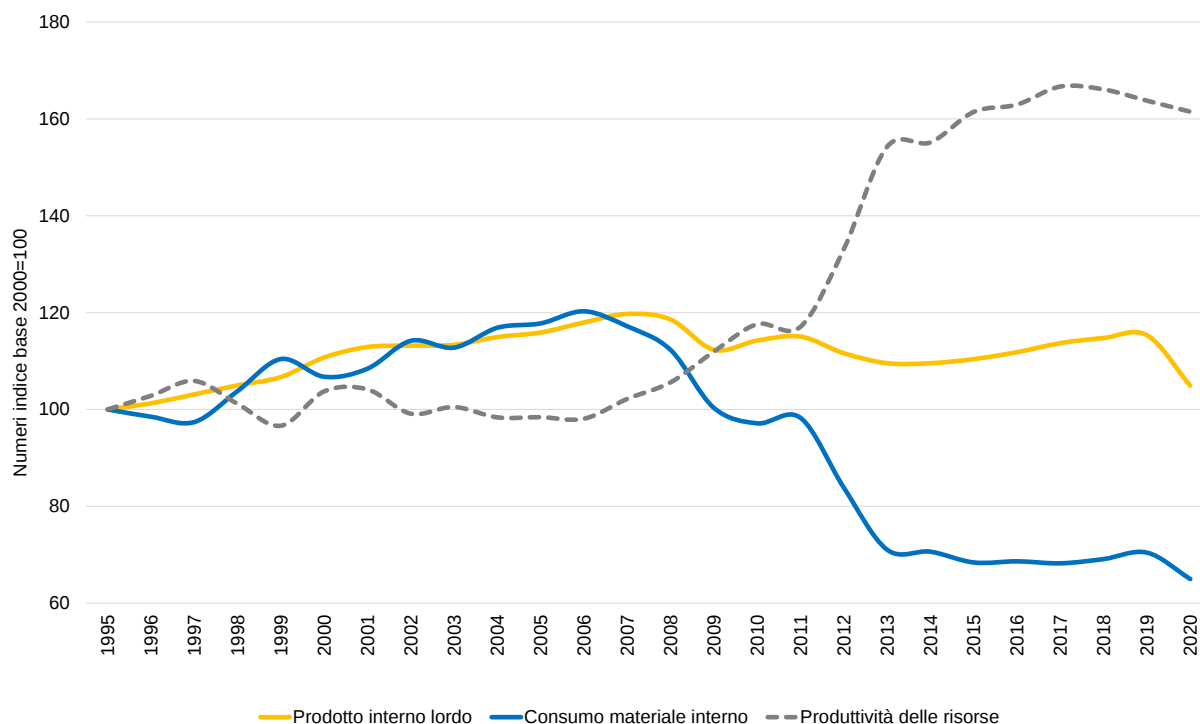
Analisi del trend

Nel periodo 2006-2020, complessivamente, sono stati certificati risparmi addizionali di energia primaria pari a circa 28,5 Mtep e riconosciuti oltre 56 milioni di titoli di efficienza energetica, registrando nel 2020 un incremento percentuale del 3,2% rispetto all'anno precedente del volume cumulato di TEE. Il valore annuale dei titoli riconosciuti nel 2020 ammonta a circa 1,7 milioni di TEE riconosciuti, pari a circa 1 Mtep di risparmi certificati, con una diminuzione del 41,1% rispetto ai titoli del 2019 (2,9 milioni di TEE). L'andamento dei titoli e dei risparmi negli ultimi anni mostra una contrazione rispetto ai volumi del 2013 e del 2014, particolarmente evidente nel 2017. La differenza tra TEE riconosciuti e risparmi certificati dal 2012 è dovuta all'introduzione del coefficiente di durabilità (tau, un coefficiente moltiplicatore del risparmio annuo, funzione della vita utile, della vita tecnica e di un tasso di decadimento dei risparmi), che anticipa negli anni di vita utile i titoli relativi ai risparmi conseguibili nel corso dell'intera vita tecnica del progetto.



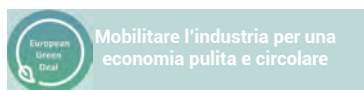
Economia circolare

CONSUMO MATERIALE INTERNO E PRODUTTIVITÀ DELLE RISORSE



Andamento della Produttività delle risorse in Italia e confronto con le sue componenti, prodotto interno lordo e consumo materiale interno

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Istat



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Non sono previsti obiettivi specifici stabiliti da normative italiane in tema di consumo materiale interno e produttività delle risorse. Gli indicatori 'Produttività delle risorse' e la sua componente 'Consumo materiale interno' sono usati a livello europeo per le politiche dell'efficienza delle risorse e dell'economia circolare.

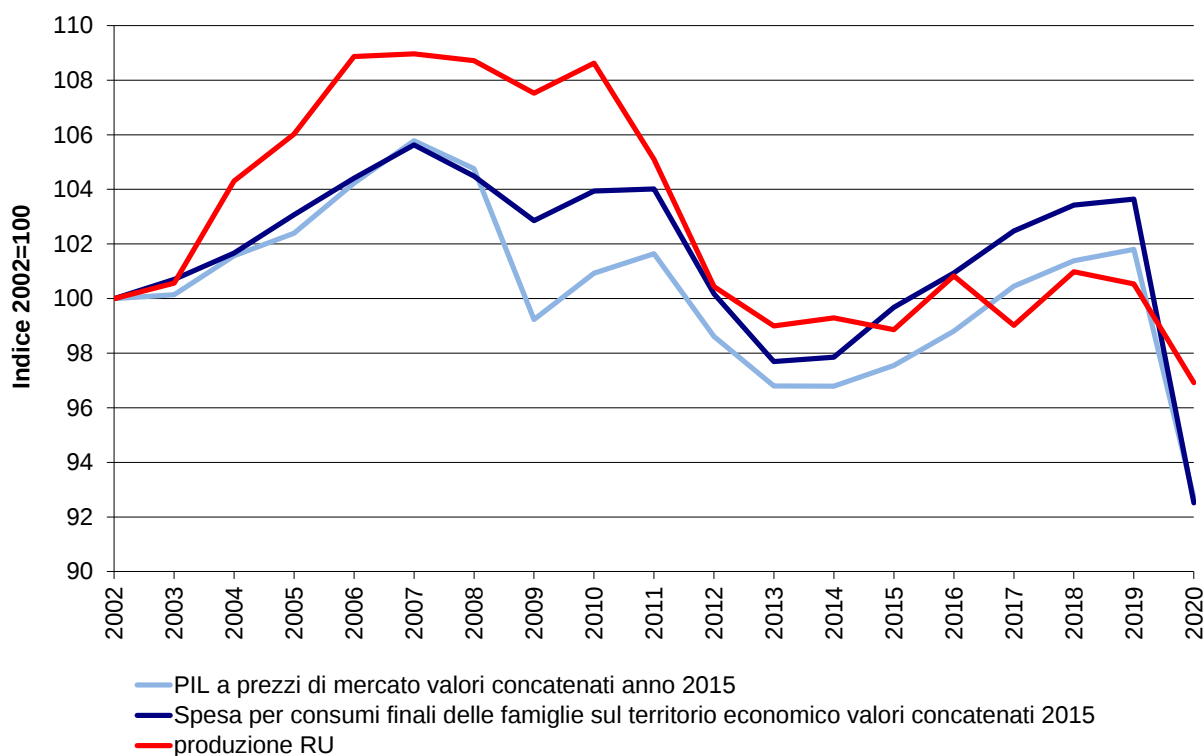
L'Agenda 2030 delle Nazioni Unite prevede negli obiettivi 8 e 12 i seguenti *target*:

- 8.4 - Migliorare progressivamente, fino al 2030, l'efficienza nell'utilizzo delle risorse globali nel consumo e nella produzione, nel tentativo di scindere la crescita economica dal degrado ambientale, in conformità con il quadro decennale di programmi sul consumo e la produzione sostenibili. I paesi sviluppati assumono un ruolo guida;
- 12.2 - Entro il 2030, raggiungere la gestione sostenibile e l'uso efficiente delle risorse naturali.

Analisi del trend

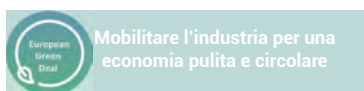
Una buona misura della sostenibilità di un'economia è la produttività delle risorse, rappresentata dal rapporto fra ricchezza prodotta (Prodotto interno lordo) e quantità di materiali utilizzati in un anno (Consumo materiale interno). Complessivamente, la produttività delle risorse è aumentata da 2,12 a 3,43 euro per chilogrammo nel periodo 1995-2020. Il dato è anche migliore di quello di altri paesi europei. Ma dobbiamo fare di più. Nei prossimi anni, le politiche legate alla transizione ecologica sul clima e sull'economia circolare possono portare a un ulteriore incremento della produttività delle risorse, grazie a un minor consumo di risorse come i combustibili fossili e i minerali non energetici.

PRODUZIONE RIFIUTI URBANI



Trend della produzione dei rifiuti urbani e dei principali indicatori socio economici

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA e Istat



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La Decisione n. 1600/2000 ha avviato una consultazione allo scopo di fissare nuovi obiettivi mirati alla prevenzione entro la fine del 2003. La Direttiva quadro sui rifiuti (Direttiva 2008/98/CE) individua la seguente gerarchia in materia di prevenzione e gestione dei rifiuti: • prevenzione; • preparazione per il riutilizzo; • riciclaggio; • recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia; • smaltimento.

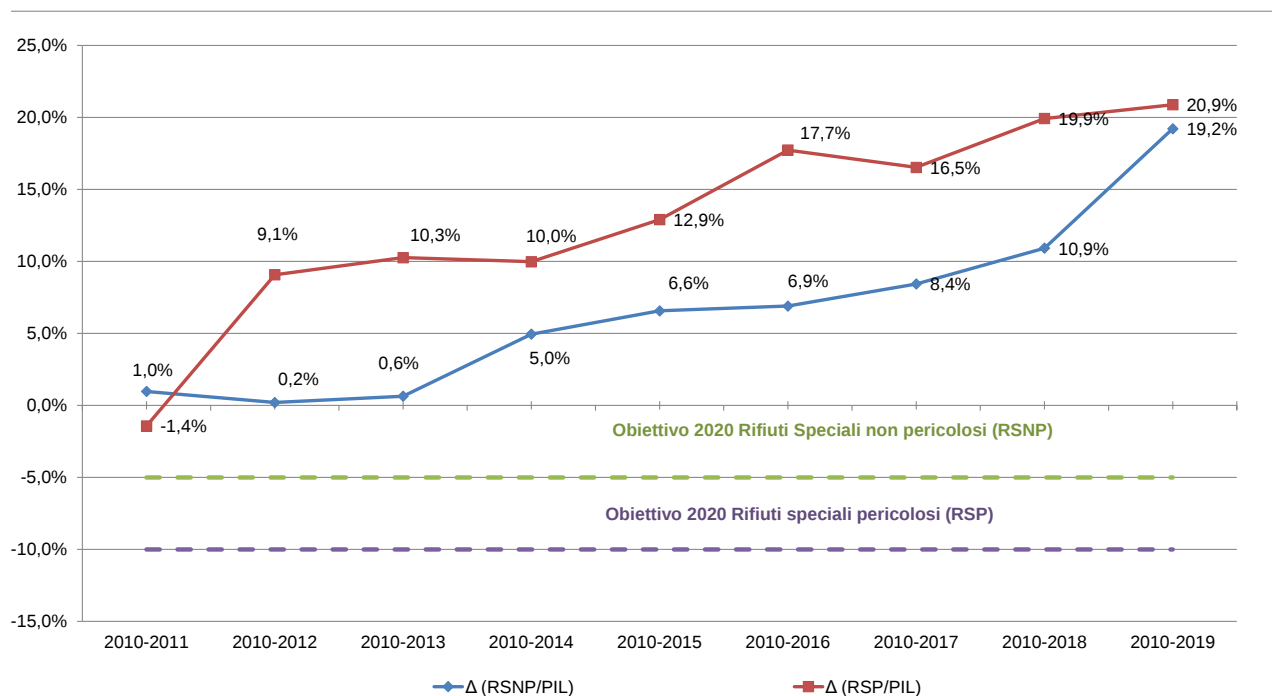
Relativamente al riutilizzo e riciclaggio dei rifiuti l'articolo 11 della direttiva, trasposto nell'ordinamento nazionale dall'articolo 181 del D.Lgs. 152/2006 così come modificato dal D.Lgs. 205/2010, prevede che gli Stati membri adottino, per i rifiuti urbani, le misure necessarie per conseguire, entro il 2020, un aumento complessivo sino a un valore pari ad almeno il 50% in peso della preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di rifiuti quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici. Con l'emanazione della Direttiva 2018/851/UE sono stati introdotti ulteriori obiettivi per la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio, da conseguirsi entro il 2025 (55%), 2030 (60%) e 2035 (65%). Il Programma nazionale di prevenzione dei rifiuti (Decreto Direttoriale 7 ottobre 2013) fissa quale obiettivo di prevenzione al 2020, rispetto ai valori registrati nel 2010, una riduzione del 5% della produzione dei rifiuti urbani per unità di PIL.

Analisi del trend

I dati sui rifiuti urbani relativi al 2020 sono fortemente influenzati dall'emergenza sanitaria da Covid-19 che ha segnato il contesto socio economico nazionale, la produzione dei rifiuti fa, infatti, registrare un calo superiore a un milione di tonnellate a causa delle misure di restrizione adottate e delle chiusure di diverse tipologie di esercizi commerciali.

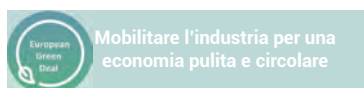
Nel 2020, la produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta a 28,9 milioni di tonnellate, in calo del 3,6% rispetto al 2019. Osservando l'andamento riferito ad un arco temporale più lungo, si può rilevare che tra il 2007 e il 2010 la produzione si è mantenuta costantemente al di sopra dei 32 milioni di tonnellate mentre, dopo il brusco calo del biennio 2011-2012 (concomitante con la contrazione dei valori del prodotto interno lordo e dei consumi delle famiglie), si è attestata a quantitativi inferiori a 30 milioni di tonnellate fino al 2015. Successivamente, ad esclusione del 2017, i valori della produzione sono nuovamente aumentati attestandosi al di sopra dei 30,1 milioni di tonnellate per poi iniziare a diminuire, in modo contenuto, nel 2019 e in modo più significativo, per effetto della pandemia, nel 2020.

PRODUZIONE RIFIUTI SPECIALI



Variazione percentuale del rapporto RSNP/PIL e RSP/PIL

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA e Istat



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La Decisione n. 1600/2002 ha avviato una consultazione allo scopo di fissare nuovi obiettivi mirati alla prevenzione entro la fine del 2003. Il D.Lgs. 152/2006 e successive modificazioni ribadisce i principi ispiratori della gerarchia europea che prevedono il seguente ordine di priorità: • prevenzione; • preparazione per il riutilizzo; • riciclaggio; • recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia; • smaltimento.

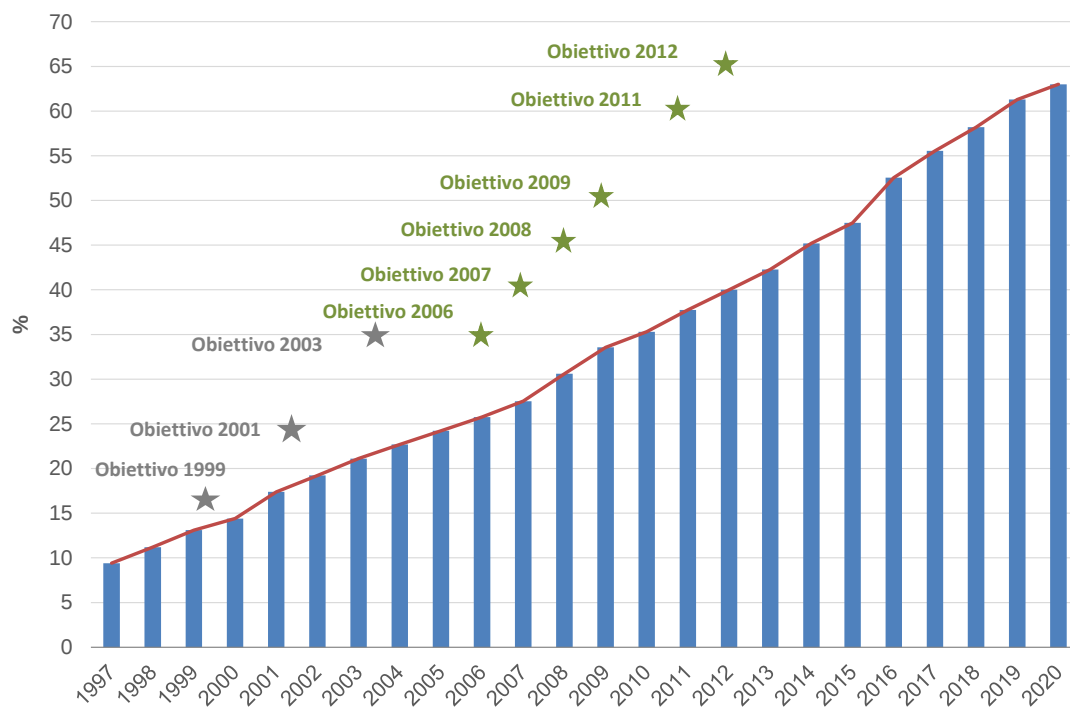
Il Programma nazionale di prevenzione dei rifiuti (Decreto Direttoriale 7 ottobre 2013) fissa i seguenti obiettivi di prevenzione al 2020, rispetto ai valori registrati nel 2010,

- riduzione del 10% della produzione dei rifiuti speciali pericolosi per unità di PIL;
- riduzione del 5% della produzione dei rifiuti speciali non pericolosi per unità di PIL. Sulla base di nuovi dati relativi alla produzione dei rifiuti speciali, tale obiettivo potrà essere rivisto.

Analisi del trend

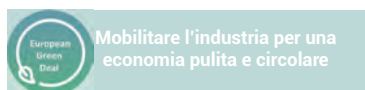
Dall'analisi dei dati si evince un forte incremento della produzione nel periodo 1997-2006, seguito da un *trend* di crescita più contenuto fino al 2008. Tra il 2008 e il 2009, a causa della grave crisi economico-finanziaria che ha investito il nostro Paese, si assiste invece a una contrazione dei quantitativi di rifiuti speciali (-5,7%). Nel 2010, la produzione nazionale dei rifiuti speciali torna nuovamente ad aumentare (+1,8%). Tra il 2011 e il 2017 si osserva un andamento altalenante della produzione di rifiuti speciali: tra il 2011 e il 2013 scende del 4,3% grazie principalmente alla riduzione dei rifiuti speciali non pericolosi prodotti da attività di costruzione e demolizione, mentre tra il 2013 e il 2014 torna ad aumentare (+4%) riallineandosi ai valori del 2011. La crescita prosegue sia nel biennio 2014 -2015 (+2,4%) sia in quello 2015 - 2016 (+2%). In particolare, l'andamento della produzione dei rifiuti speciali si conferma in crescita nell'ultimo quinquennio 2015-2019 (+16,3%), in linea con l'andamento degli indicatori socio economici.

RACCOLTA DIFFERENZIATA



Trend della percentuale dei rifiuti urbani raccolti in modo differenziato sulla totale prodotto

Fonte: ISPRA



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Il D.Lgs. 22/97 art. 24 comma 1 fissava i seguenti obiettivi: "In ogni ambito territoriale ottimale deve essere assicurata una raccolta differenziata dei rifiuti urbani pari alle seguenti percentuali minime di rifiuti prodotti: a) 15% entro due anni dalla data di entrata in vigore del decreto; b) 23% entro quattro anni dalla data di entrata in vigore del decreto; c) 35% a partire dal sesto anno successivo alla data di entrata in vigore del decreto."

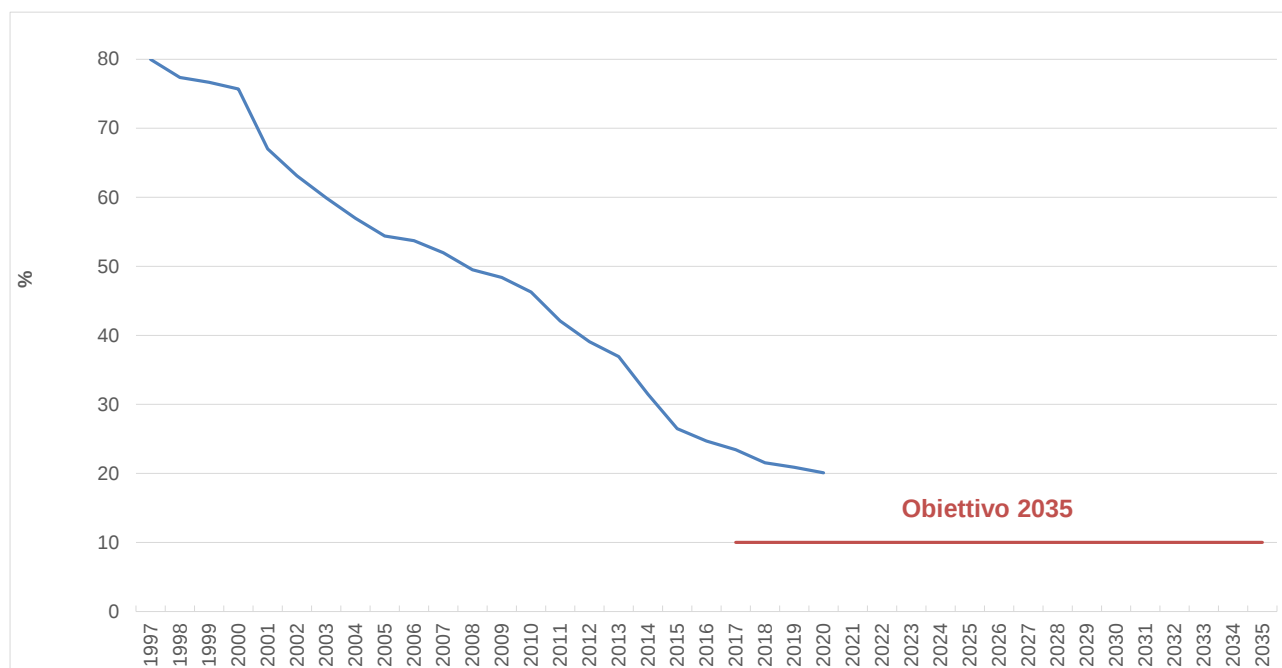
L'articolo 205, comma 1 del D.Lgs. 152/2006 e la Legge 27 dicembre 2006, n. 296 fissa i seguenti obiettivi:

- 35% entro il 31 dicembre 2006;
- 40% entro il 31 dicembre 2007;
- 45% entro il 31 dicembre 2008;
- 50% entro il 31 dicembre 2009;
- 60% entro il 31 dicembre 2011;
- 65% entro il 31 dicembre 2012.

Analisi del trend

Nel 2020 la percentuale di raccolta differenziata (RD) è pari al 63% della produzione nazionale, con una crescita di 1,8 punti rispetto al 2019. Nonostante l'incremento, non viene, tuttavia, ancora conseguito l'obiettivo fissato dalla normativa per il 2012 (65%). A seguito dell'introduzione degli obiettivi normativi con il D.Lgs. 152/2006 e dalla Legge 27 dicembre 2006, n. 296 il trend cresce a un ritmo di crescita inferiore a quello richiesto dalla normativa.

PERCENTUALE DI RIFIUTI URBANI SMALTITI IN DISCARICA



Trend della Percentuale dei rifiuti urbani smaltiti in discarica sulla quantità totale dei rifiuti urbani prodotti

Fonte: ISPRA



Mobilizzare l'industria per una
economia pulita e circolare



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

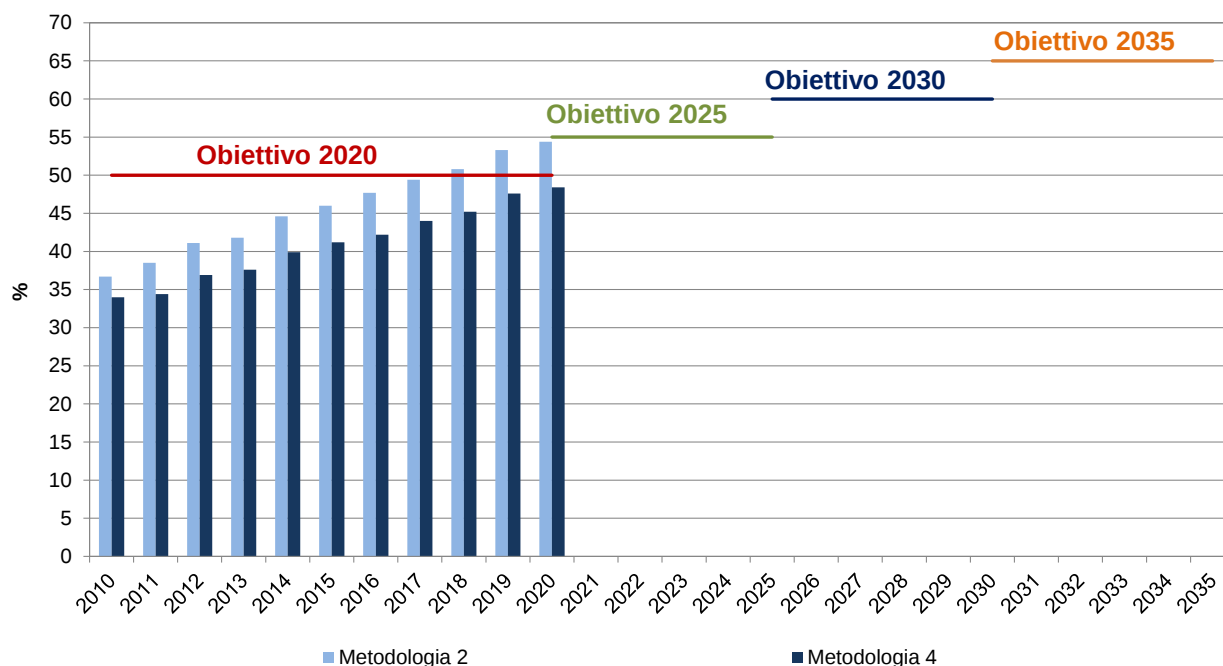
La Direttiva 2008/98/CE stabilisce i principi cardine in materia di rifiuti individuando un ordine di priorità che dovrà incoraggiare l'opzione di gestione ambientalmente migliore. In questo ordine di priorità lo smaltimento in discarica è l'opzione meno preferibile da utilizzare come forma residuale di gestione.

I criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica sono individuati dal D.Lgs. 36/2003 e, soprattutto, dal DM 27 settembre 2010 che trasporta la Decisione 2003/33/CE della Commissione europea. La Direttiva 850/2018 entrata in vigore il 4 luglio 2018, che ha modificato la Direttiva 99/31/CE, prevede la riduzione progressiva dello smaltimento in discarica dei rifiuti urbani fissando al 2035 l'obiettivo di tale riduzione al 10% del totale dei rifiuti urbani prodotti.

Analisi del trend

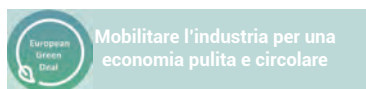
La quantità di rifiuti urbani smaltiti in discarica diminuisce di circa il 73% tra il 1997 e il 2020, affiancata da una riduzione della percentuale smaltita in discarica rispetto alla quantità prodotta di quasi 60 punti percentuali, raggiungendo nel 2020 una percentuale del 20%. Nel complesso il *trend* si può definire positivo e sulla buona strada per raggiungere il 10% previsto nel 2035.

PERCENTUALE DI PREPARAZIONE PER IL RIUTILIZZO E RICICLAGGIO



Percentuali di riciclaggio ottenute dalle simulazioni di calcolo secondo le metodologie 2 e 4

Fonte: ISPRA



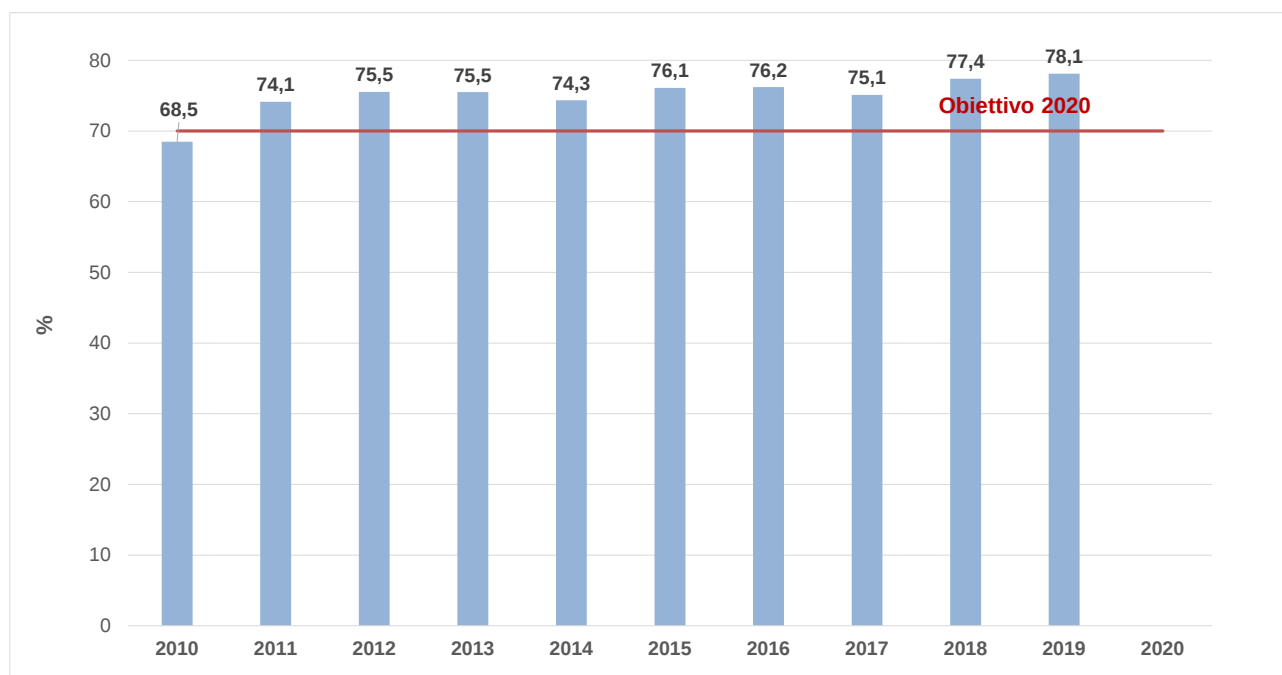
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La Direttiva 2008/98/CE ha inizialmente fissato un target per la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti urbani del 50% in peso da conseguirsi entro il 2020. Tale disposizione è stata recepita da D.Lgs. 205/2010 che ha introdotto gli obiettivi di riciclaggio all'articolo 181 del D.Lgs. 152/2006. La Decisione 2011/753/UE ha successivamente individuato le modalità di calcolo per la verifica del raggiungimento degli obiettivi, introducendo la possibilità di scegliere tra quattro metodologie. Con l'emanazione della Direttiva 2018/851/UE sono stati introdotti ulteriori obiettivi per la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio, da conseguirsi entro il 2025 (55%), 2030 (60%) e 2035 (65%). I tre nuovi obiettivi non considerano specifiche frazioni merceologiche ma si applicano all'intero ammontare dei rifiuti urbani. Per assicurare condizioni uniformi di calcolo dei nuovi obiettivi è stata emanata, in data 7 giugno 2019, la Decisione di esecuzione 2019/1004/UE. Ai fini del monitoraggio dell'obiettivo del 50% al 2020 (articolo 11, paragrafo 2, lettera a) della Direttiva 2008/98/CE) restano in ogni caso valide le precedenti metodologie.

Analisi del trend

L'obiettivo al 2020 (50%) è stato conseguito applicando la metodologia 2, che prende in considerazione solo alcune frazioni merceologiche (carta e cartone, vetro, plastica, metallo, legno e frazione organica). A partire dal 2021, tuttavia, tale approccio non potrà essere più utilizzato e dovrà essere applicata un'unica metodologia che dovrà prendere in considerazione tutte le frazioni che compongono i rifiuti urbani. Sulla base di tale metodologia unica l'obiettivo non è ancora conseguito. Il trend è positivo ma, pur riscontrandosi un progressivo aumento dei tassi di preparazione per il riutilizzo e riciclaggio dei rifiuti urbani, è richiesto un ulteriore incremento al fine di conseguire i nuovi obiettivi e limitare il divario tra quantitativi di rifiuti raccolti in modo differenziato e quantitativi riciclati.

RICICLAGGIO/RECUPERO DI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE



Andamento della percentuale di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e delle altre forme di recupero di materia, escluso il *backfilling*, dei rifiuti da costruzioni e demolizioni

Fonte: ISPRA



Mobilizzare l'industria per una
economia pulita e circolare



Obiettivo

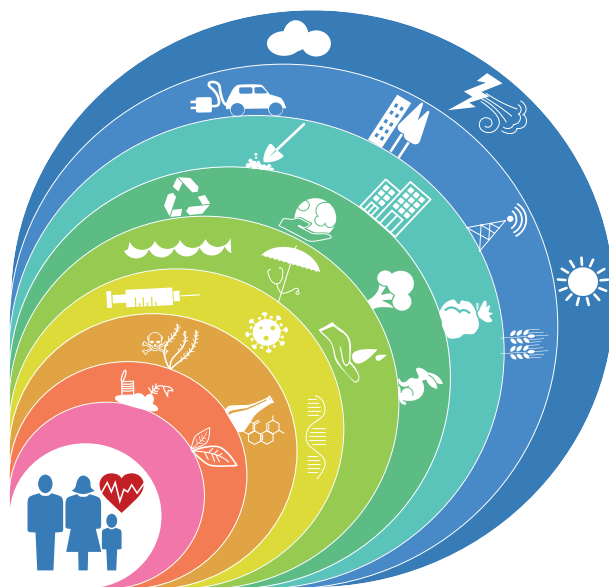


Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Al fine di tendere verso una società europea del riciclaggio con un alto livello di efficienza delle risorse, la Direttiva 2008/98/CE ha fissato precisi obiettivi per la preparazione, per il riutilizzo e il riciclaggio di specifici flussi di rifiuti, quali i rifiuti urbani e i rifiuti da costruzione e demolizione. Per questi ultimi, l'obiettivo è pari al 70% in peso da raggiungere entro il 2020. Il D.Lgs. 205/2010 ha introdotto gli obiettivi di riciclaggio all'articolo 181 del D.Lgs. 152/2006. Si segnala inoltre che la Direttiva 2018/851/UE ha inserito il nuovo punto secondo cui, entro il 31 dicembre 2024, la CE valuterà l'introduzione di obiettivi in materia di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione e le relative frazioni di materiale specifico. Le modalità di calcolo che gli Stati membri possono adottare per la verifica della conformità del raggiungimento degli obiettivi fissati dalla direttiva europea sono state individuate dalla Decisione 2011/753/CE.

Analisi del trend

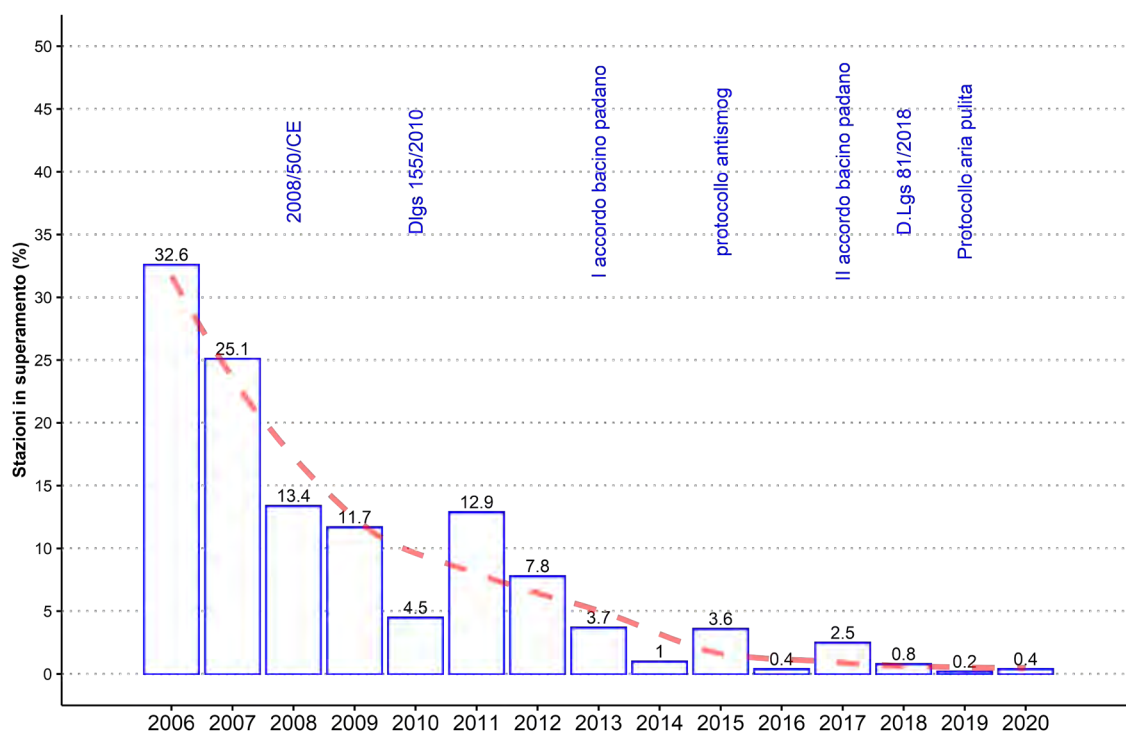
I rifiuti da operazioni di costruzione e demolizione costituiscono, in termini assoluti, il flusso più rilevante dei rifiuti speciali prodotti sia a livello europeo sia nazionale. Dall'analisi dei dati, il tasso di recupero e riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione nel 2019 si colloca al di sopra dell'obiettivo previsto dalla Direttiva 2008/98/CE (70% nel 2020), con il 78,1%.



Ambiente e salute

QUALITÀ DELL'ARIA: PARTICOLATO (PM10)

Valore limite annuale



PM10: Percentuale di stazioni che hanno superato il valore limite annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fonte: ISPRA



Inquinamento zero



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'obiettivo della Direttiva 2008/50/CE è quello di consentire la valutazione della qualità dell'aria su basi comuni, di ottenere informazioni sullo stato della qualità dell'aria al fine di combattere l'inquinamento atmosferico, di assicurare la disponibilità pubblica delle informazioni e promuovere la cooperazione tra gli Stati membri. Il D.Lgs. 155/2010, che recepisce a livello nazionale la direttiva citata, ha inoltre l'obiettivo di consentire a Regioni e Province autonome la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente. I valori limite del D.Lgs. 155/2010 rappresentano gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente da perseguire per evitare, prevenire, ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. I valori di riferimento OMS rappresentano una guida da perseguire nella riduzione dell'impatto sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico. I valori limite del particolato PM10 nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella tabella seguente.

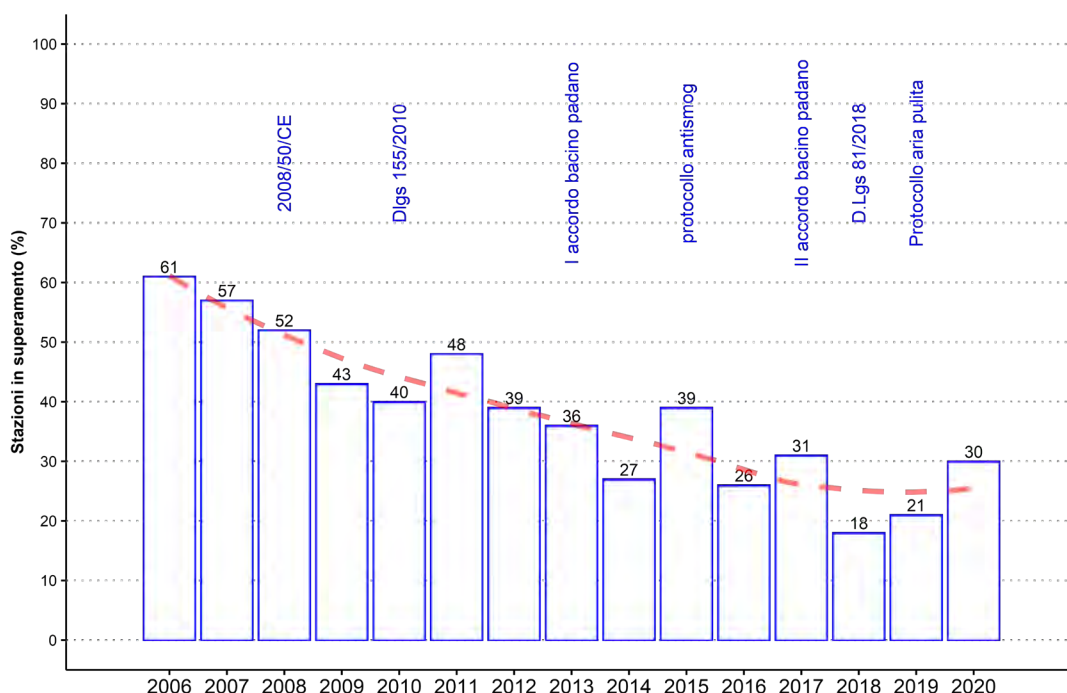
Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valore di riferimento OMS
24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 99°percentile delle medie giornaliere di un anno civile
Anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Analisi del trend

Nel periodo osservato si riduce la numerosità delle stazioni che presentano valori superiori ai limiti normativi. I dati del 2020 confermano l'andamento generalmente decrescente delle concentrazioni di PM10 in Italia. Nel 2020, il valore limite annuale, è stato superato in 2 stazioni pari allo 0,4% dei casi. Il valore di riferimento OMS annuale ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato superato nell'89% dei casi.

QUALITÀ DELL'ARIA: PARTICOLATO (PM10)

Valore limite giornaliero



PM10: Percentuale di stazioni che hanno superato il valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile)

Fonte: ISPRA



Inquinamento zero



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'obiettivo della Direttiva 2008/50/CE è quello di consentire la valutazione della qualità dell'aria su basi comuni, di ottenere informazioni sullo stato della qualità dell'aria al fine di combattere l'inquinamento atmosferico, di assicurare la disponibilità pubblica delle informazioni e promuovere la cooperazione tra gli Stati membri. Il D.Lgs. 155/2010, che recepisce a livello nazionale la direttiva citata, ha inoltre l'obiettivo di consentire a Regioni e Province autonome la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente. I valori limite del D.Lgs. 155/2010 rappresentano gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente da perseguire per evitare, prevenire, ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. I valori di riferimento OMS rappresentano una guida da perseguire nella riduzione dell'impatto sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico.

I valori limite del particolato PM10 nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella tabella seguente:

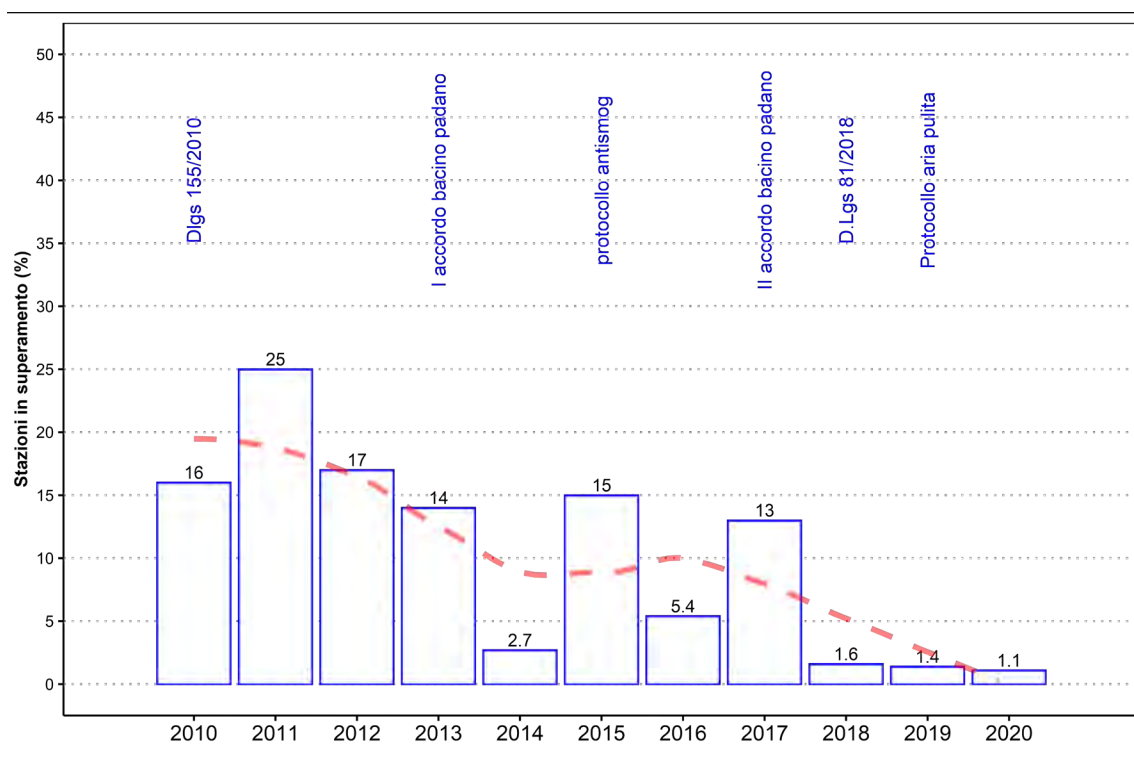
Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valore di riferimento OMS
24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 99°percentile delle medie giornaliere di un anno civile
Anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Analisi del trend

Nel periodo osservato (2006-2020) la numerosità delle stazioni che presentano valori superiori al valore limite giornaliero è diminuito, passando dal 50-60% dei primi anni di osservazione, a circa il 30% degli ultimi. Tuttavia negli ultimi cinque anni abbiamo osservato un andamento altalenante intorno a questa cifra, con un minimo del 18% nel 2018 e un massimo nel 2017 del 31%.

Nel 2020, il Valore limite giornaliero è stato superato in 154 stazioni, pari al 30% dei casi. Il valore di riferimento OMS giornaliero è stato superato nell'84% dei casi.

QUALITÀ DELL'ARIA: PARTICOLATO (PM_{2,5})



PM_{2,5}: Percentuale di stazioni che hanno superato il valore limite annuale (25 µg/m³)

Fonte: ISPRA



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'obiettivo della Direttiva 2008/50/CE è quello di consentire la valutazione della qualità dell'aria su basi comuni, di ottenere informazioni sullo stato della qualità dell'aria al fine di combattere l'inquinamento atmosferico, di assicurare la disponibilità pubblica delle informazioni e promuovere la cooperazione tra gli Stati membri. Il D.Lgs. 155/2010, che recepisce a livello nazionale la direttiva citata, ha inoltre l'obiettivo di consentire a Regioni e Province autonome la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente. I valori limite del D.Lgs. 155/2010 rappresentano gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente da perseguire per evitare, prevenire, ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. I valori di riferimento OMS rappresentano una guida da perseguire nella riduzione dell'impatto sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico. Il valore limite del particolato PM_{2,5} nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella tabella seguente:

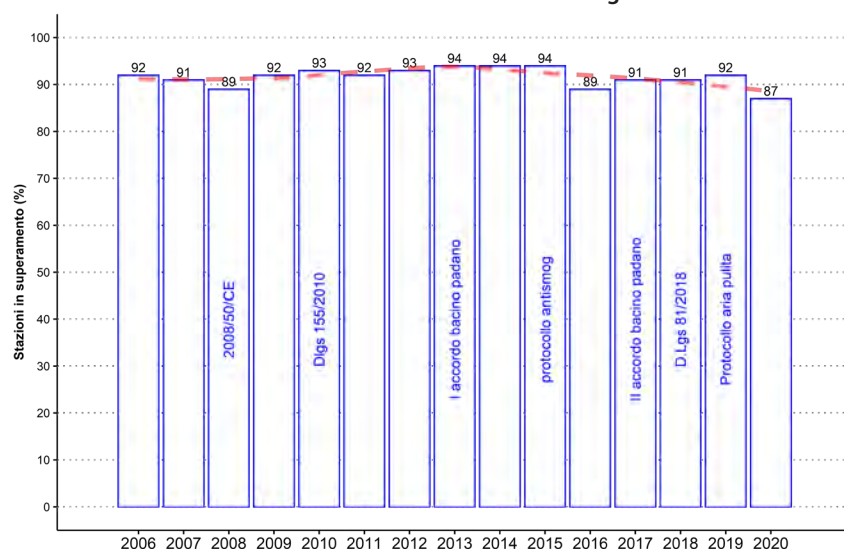
Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Data raggiungimento valore limite	Valore di riferimento OMS per esposizione umana a lungo termine	Valore di riferimento OMS per esposizione umana a breve termine
Anno civile	25 µg/m ³	1° gennaio 2015	5 µg/m ³	15 µg/m ³ da non superare più di tre giorni l'anno

Analisi del trend

Nel periodo osservato si riduce la numerosità delle stazioni che presentano valori superiori ai limiti normativi. I dati del 2020 confermano l'andamento generalmente decrescente delle concentrazioni di PM_{2,5} in Italia.

Nel 2020, il valore limite annuale è rispettato nella quasi totalità delle stazioni: sono stati registrati superamenti in 3 stazioni pari all'1% dei casi. Risulta tuttavia superato nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio il valore di riferimento annuale OMS (98,6% dei casi) che nelle linee guida recentemente aggiornate è stato ridotto a 5 µg/m³ (il valore di riferimento precedente era pari a 10 µg/m³). I superamenti del valore limite sono concentrati nell'area del bacino padano.

QUALITÀ DELL'ARIA: OZONO TROPOSFERICO (O₃)



Ozono: Percentuale di stazioni che hanno superato l'obiettivo a lungo termine (nessun superamento 120 µg/m³ media mobile massima giornaliera)

Fonte: ISPRA



Inquinamento zero



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'obiettivo della Direttiva 2008/50/CE è quello di consentire la valutazione della qualità dell'aria ambiente su basi comuni, di ottenere informazioni sullo stato della qualità dell'aria al fine di combattere l'inquinamento atmosferico, di assicurare la disponibilità pubblica delle informazioni e di promuovere la cooperazione tra gli Stati Membri. Il D.Lgs 155/2010, che recepisce a livello nazionale la direttiva citata, ha inoltre l'obiettivo di consentire a regioni e province autonome la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente. I valori limite del D.Lgs 155/2010 rappresentano gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente da perseguire per evitare, prevenire, ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente. I valori soglia di informazione e di allarme e i valori obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione dell'ozono nell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 sono riportati nella tabella seguente:

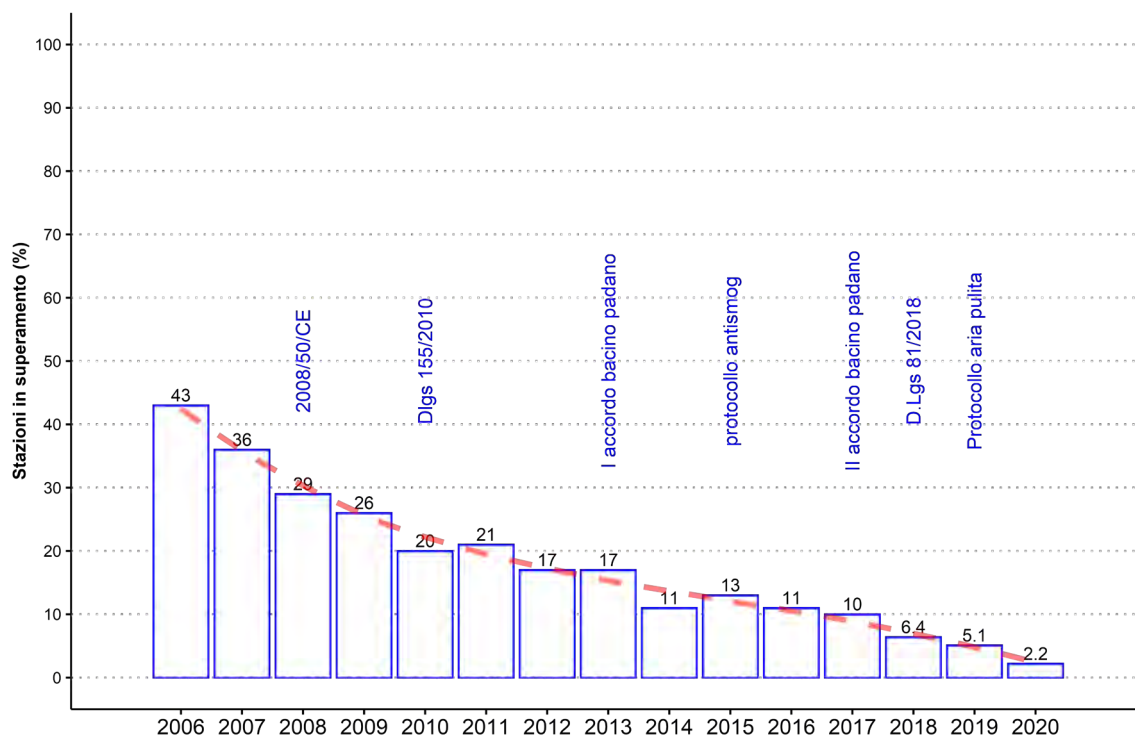
	Indicatori	Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valore di riferimento OMS per esposizione umana a breve termine
Protezione della salute umana	Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m ³	
	Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m ³	
	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (media su tre anni)	120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	
	Obiettivo a lungo termine (OLT)	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³	100 µg/m ³ come 99° percentile
Protezione della vegetazione	Valore obiettivo	1 ora cumulativa da maggio a luglio (media su 5 anni)	18.000 µg/m ³ *h come media su 5 anni	
	Obiettivo a lungo termine (AOT40v)	1 ora cumulativa da maggio a luglio	6.000 µg/m ³ *h	

Analisi del trend

I dati del 2020 confermano un andamento sostanzialmente monotono delle concentrazioni di ozono troposferico in Italia; vale la pena osservare comunque che per la prima volta dal 2016, la percentuale di stazioni che ha superato l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT) è stata pari all'87%, valore inferiore a quella degli anni precedenti, e più basso mai registrato dal 2006; il valore di un solo anno non può tuttavia essere considerato indicativo di un *trend* decrescente di lungo termine, e potrebbero essere legato a peculiarità meteorologiche e di emissioni dei precursori, queste ultime dovute al *lockdown* e alle successive restrizioni legate alla pandemia. La percentuale di stazioni in cui l'OLT è stato superato per più di 25 giorni è pari al 42%. La soglia di informazione per la protezione della salute è stata superata nel 24% delle stazioni mentre la soglia di allarme nell'1%. Il valore di riferimento OMS, pari a 100 µg/m³ come 99° percentile, è superato in 320 stazioni (pari al 98% delle stazioni con copertura temporale sufficiente). L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stato superato nella quasi totalità delle stazioni (89%).

¹ Come noto l'ozono troposferico si forma in atmosfera a partire da altri inquinanti (ossidi di azoto e composti organici volatili), emessi in larga parte da attività umane quali traffico veicolare, riscaldamento civile, produzione e uso di energia, attività industriali)

QUALITÀ DELL'ARIA: BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)



NO₂: Percentuale di stazioni che hanno superato il valore limite annuale (40 µg/m³)

Fonte: ISPRA



Inquinamento zero



Obiettivo



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'obiettivo della Direttiva 2008/50/CE è quello di consentire la valutazione della qualità dell'aria ambiente su basi comuni, di ottenere informazioni sullo stato della qualità dell'aria al fine di combattere l'inquinamento atmosferico, di assicurare la disponibilità pubblica delle informazioni e di promuovere la cooperazione tra gli Stati Membri. Il D.Lgs 155/2010, che recepisce a livello nazionale la direttiva citata, ha inoltre l'obiettivo di consentire a regioni e provincie autonome la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente. I valori limite del D.Lgs 155/2010 rappresentano gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente da perseguire per evitare, prevenire, ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente. I valori di riferimento OMS rappresentano una guida da perseguire nella riduzione dell'impatto sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico.

I valori limite del biossido di azoto nell'aria ambiente definiti dalla normativa insieme ai valori di riferimento OMS sono riportati nella tabella seguente:

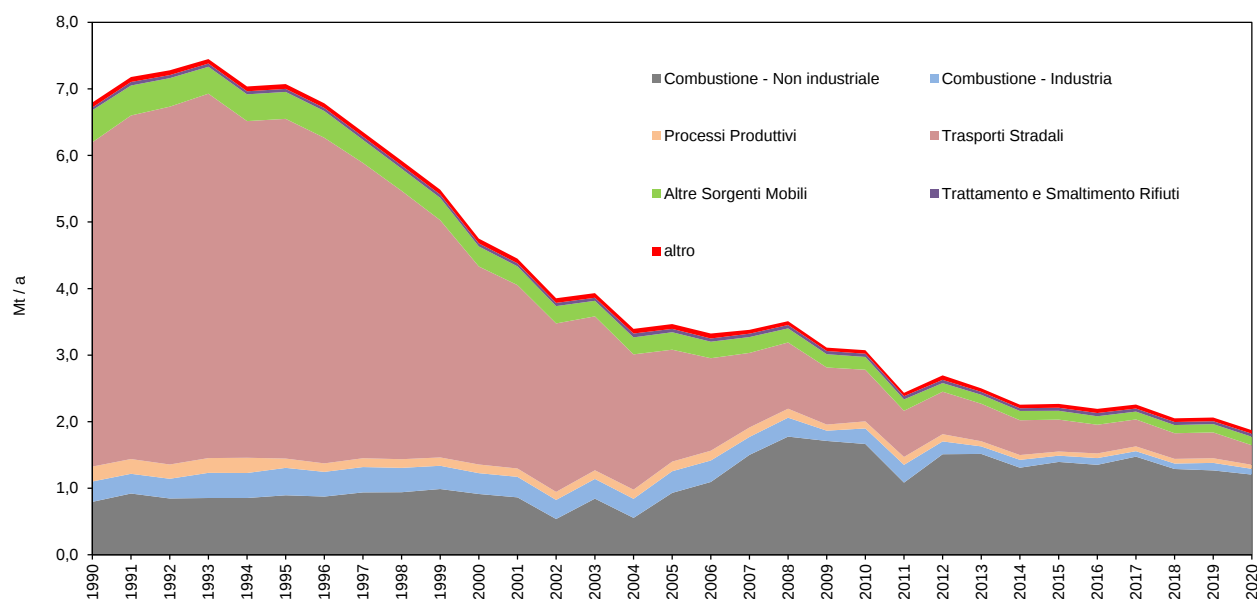
Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010	Valore di riferimento OMS
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³ da non superare in un anno civile
Anno civile	40 µg/m ³	10 µg/m ³

Analisi del trend

Nel periodo osservato si riduce la numerosità delle stazioni che presentano valori superiori ai limiti normativi. I dati del 2020 confermano l'andamento generalmente decrescente delle concentrazioni di NO₂ in Italia. Nel 2020, il valore limite annuale pari a 40 µg/m³ come media annua, è superato in 13 stazioni (2%). Il valore di riferimento OMS per gli effetti a lungo termine sulla salute umana, pari a 10 µg/m³ come media annua, è superato in 445 stazioni (76%).

Il Valore limite orario è rispettato ovunque: in nessuna stazione si è verificato il superamento di 200 µg/m³, come media oraria, per più di 18 volte. Il valore di riferimento OMS, che non prevede superamenti dei 200 µg/m³, è superato in 18 stazioni (pari al 3% delle stazioni con copertura temporale sufficiente). La quasi totalità dei superamenti sono stati registrati in stazioni orientate al traffico, localizzate in importanti aree urbane.

EMISSIONI DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)



Emissioni nazionali di CO per settore di provenienza

Fonte: ISPRA



Inquinamento zero



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'Italia, come Parte della Convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lungo raggio (CLRTAP), è tenuta all'aggiornamento e alla comunicazione annuale dell'inventario nazionale delle emissioni inquinanti in atmosfera, che contempla, tra i vari inquinanti, anche il monossido di carbonio.

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 ("Norme in materia ambientale") disciplina, nella parte quinta, la tutela dell'aria e la riduzione delle emissioni in atmosfera. In particolare l'Allegato I della parte V stabilisce valori limite di emissione del monossido di carbonio da impianti produttivi. Il Decreto è stato aggiornato dal D.Lgs. n.128/2010 e ha subito ulteriori modifiche a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs 4 marzo 2014, n. 46.

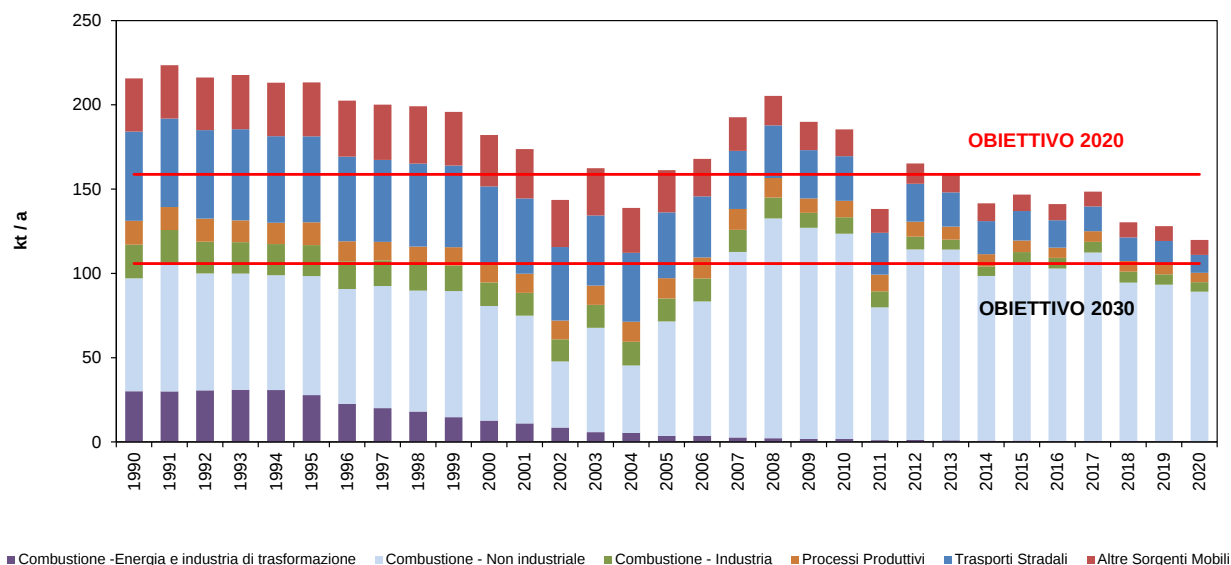
Inoltre numerose Direttive sono state emanate negli anni a livello europeo con il fine di ridurre le emissioni degli inquinanti derivanti dal traffico veicolare leggero e pesante che hanno avuto come conseguenza una significativa riduzione delle emissioni da tali fonti.

Analisi del trend

Complessivamente le emissioni di monossido di carbonio risultano in diminuzione, soprattutto a partire dai primi anni Novanta (-72,5% tra il 1990 e il 2020), andamento dovuto in gran parte alle emissioni del settore del trasporto stradale, che si riducono del 94%.

Nonostante il trend complessivo sia in decrescita, dall'analisi di dettaglio settoriale, si evidenziano degli incrementi, in particolare un forte aumento dal 1990 delle emissioni dagli impianti di riscaldamento residenziali (+51,5%) dovuto alla combustione di legna; rappresentando ciò una criticità soprattutto in relazione agli ambienti urbani, si attribuisce allo stato una valutazione "media" e non propriamente "positiva".

EMISSIONI DI PARTICOLATO (PM_{2,5})



Trend delle emissioni nazionali di PM_{2,5}

Legenda * i livelli del target dal 2006 al 2012 sono calcolati come interpolazione tra gli anni 2005 e 2013 e non rappresentano obiettivi nazionali.
Fonte: ISPRA



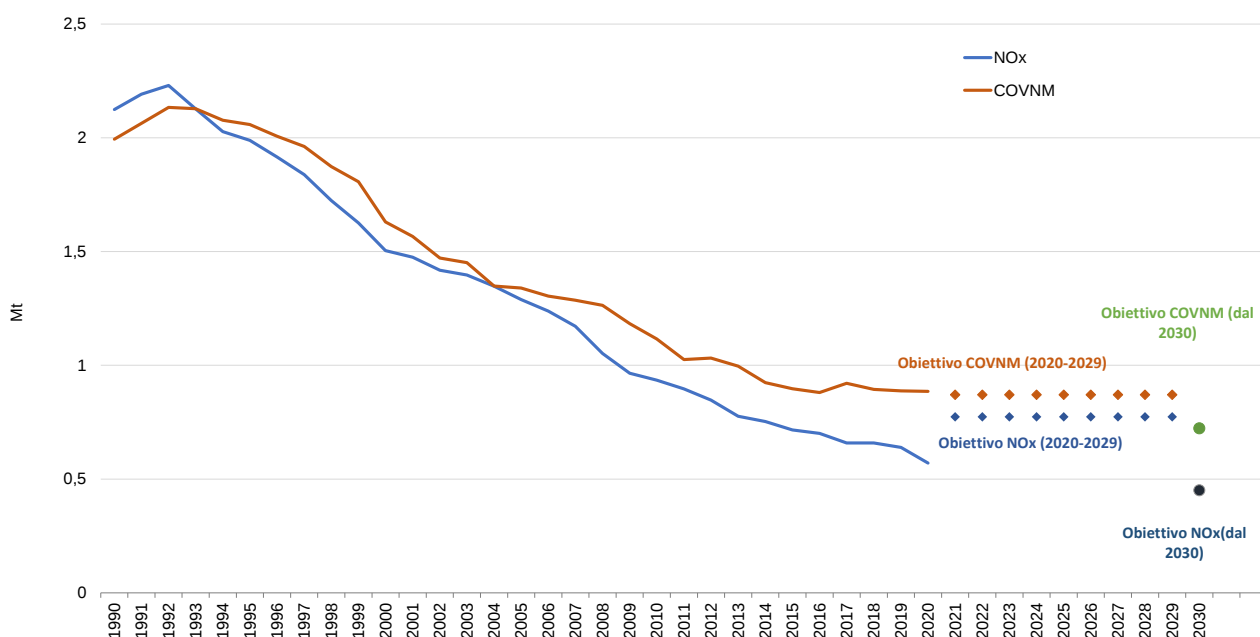
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La normativa nazionale di riferimento per la tutela dell'aria e la riduzione delle emissioni in atmosfera è il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 ("Norme in materia ambientale", parte quinta). Il Decreto è stato successivamente aggiornato dal D.Lgs. 128/2010 e ha subito ulteriori modifiche a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs. 4 marzo 2014, n. 46 sugli impianti industriali. Numerose normative limitano le emissioni di particolato in determinati settori, in particolare nei trasporti stradali e nell'industria. Per quanto riguarda le sorgenti stazionarie, la Direttiva 2010/75/UE indica i valori limite di emissione di particolato per combustibili solidi, liquidi e gassosi nei grandi impianti di combustione. Per gli impianti di combustione medi, la Direttiva (UE) 2015/2193 stabilisce norme anche per il controllo delle emissioni atmosferiche, al fine di ridurre i rischi potenziali per la salute umana e per l'ambiente. Per le sorgenti mobili, i provvedimenti più recenti in merito alle emissioni di materiale particolato derivano dal Regolamento CE 715/2007 relativo all'omologazione dei veicoli a motore riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (Euro 5 ed Euro 6) e dal Regolamento CE 595/2009 relativo all'omologazione dei veicoli a motore e dei motori riguardo alle emissioni dei veicoli pesanti (Euro VI). La nuova Direttiva NEC 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio (recepita con il Decreto legislativo 81 del 2018), concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, definisce gli impegni nazionali di riduzione delle emissioni rispetto al 2005, applicabili dal 2020 al 2029 e a partire dal 2030: rispettivamente impegni di riduzione del 10% e del 40%.

Analisi del trend

I livelli di emissione del PM_{2,5} sono pari nel 2020 a 133 kt, al di sotto dell'obiettivo fissato per il 2020 (159 kt), riducendosi nel periodo 1990-2020 del 42,2%. Nonostante il trend complessivo sia in decrescita, dall'analisi di dettaglio settoriale, si evidenziano degli incrementi, in particolare le emissioni provenienti dalla combustione non industriale crescono del 32,6% tra il 1990 e il 2020, a causa dell'aumento registrato nella combustione di legna negli impianti di riscaldamento residenziali che, nel 2020, rappresenta il settore più importante con il 66,6% di peso sulle emissioni totali.

EMISSIONI DI PRECURSORI DI OZONO TROPOSFERICO (NO_x E COVNM)



Trend delle emissioni nazionali di composti organici persistenti

Fonte: ISPRA



NO_x



COVNM

Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Il Protocollo di Göteborg del 1999 della Convenzione del 1979 sull'inquinamento transfrontaliero a grande distanza, modificato nel 2012, è rivolto alla riduzione dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'ozono troposferico (la Comunità europea aderisce al protocollo con la Decisione del Consiglio 2003/507/CE).

La Direttiva (UE) 2015/2193 (recepita con il Decreto legislativo 183 del 2017) si applica agli impianti di combustione medi e stabilisce norme per il controllo delle emissioni nell'aria di biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x) e polveri, al fine di ridurre le emissioni nell'aria e i rischi potenziali per la salute umana e per l'ambiente derivanti da tali emissioni.

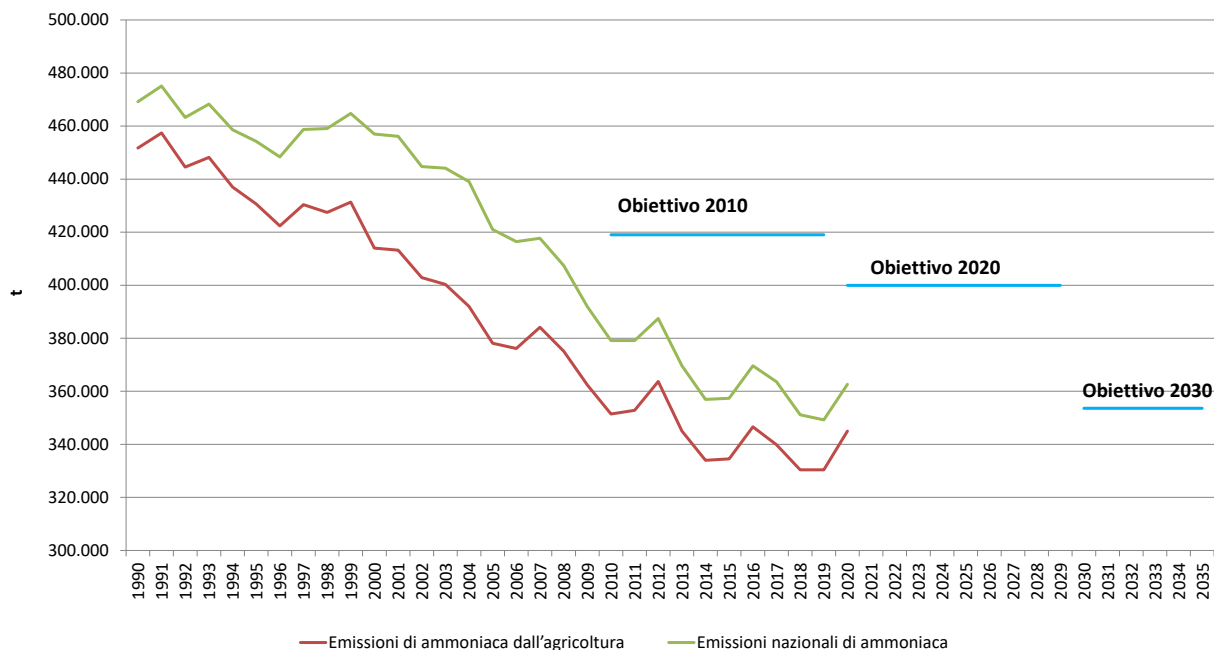
La Direttiva NEC 2001/81/CE (recepita con il Decreto legislativo 171 del 2004) è abrogata a decorrere dal 1° luglio 2018.

La nuova Direttiva NEC 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio (recepita con il Decreto legislativo 81 del 2018), concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, definisce gli impegni nazionali di riduzione delle emissioni rispetto al 2005, applicabili dal 2020 al 2029 e a partire dal 2030: per NO_x rispettivamente impegni di riduzione del 40% e del 65%; per NMVOC rispettivamente impegni di riduzione del 35% e del 46%.

Analisi del trend

Nel periodo 1990 - 2020 le emissioni dei precursori dell'ozono troposferico registrano una marcata riduzione (-73,1% per NO_x, e -55,6% per COVNM), legata soprattutto alla forte diminuzione delle emissioni nei due settori dei trasporti (trasporto stradale e altre sorgenti mobili) e all'uso dei solventi (in particolare per COVNM). Gli ossidi di azoto raggiungono la percentuale di riduzione, imposta a partire dal 2020 dalla Direttiva 2016/2284 (-40%), già nel 2014: la riduzione stimata rispetto al valore del 2005, nel 2020 è pari a -55,7%. I COVNM, invece, con un decremento nel 2020 rispetto al 2005 del 33,9%, risultano ancora al di sopra del limite imposto seppure verso il raggiungimento (-35%).

EMISSIONI DI AMMONIACA DALL'AGRICOLTURA



Andamento dell' emissioni di ammoniaca

Fonte: ISPRA



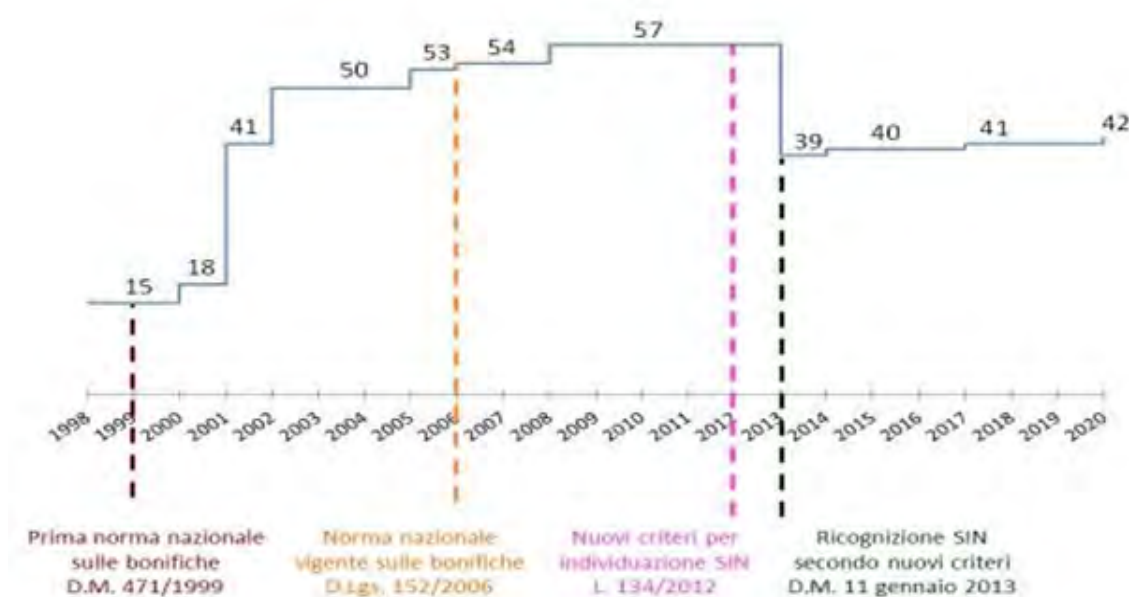
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Convenzione UNECE sull'inquinamento transfrontaliero a lungo raggio (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP); D.Lgs. 81/18, in recepimento della Direttiva NEC (2016/2284). La Direttiva NEC (2016/2284 del 14/12/2016 che abroga e sostituisce la Direttiva NEC (2001/81/CE)) fissa l'obiettivo di riduzione del 5% di emissioni di ammoniaca per ogni anno dal 2020 al 2029 (come stabilito dall'aggiornamento del Protocollo di Göteborg del 2012) e del 16% a partire dal 2030, rispetto alle emissioni del 2005. Il Protocollo di Göteborg (1999), nell'ambito della Convenzione UNECE sull'inquinamento transfrontaliero a lungo raggio (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP), e dalla Direttiva NEC (2001/81/CE), recepita con il D.Lgs. 171/04 fissa l'obiettivo di riduzione per l'anno 2010, pari a 419 migliaia di tonnellate (kt).

Analisi del trend

Nell'ambito della Direttiva NEC 2016/2284 relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici, l'Italia ha rispettato il limite di emissione nazionale di ammoniaca fissato per l'anno 2020. Infatti, nel 2020, l'emissione nazionale di ammoniaca è pari a 362,63 kt e risulta essere inferiore rispetto all'obiettivo nazionale pari a 399,93 kt calcolato come riduzione del 5% delle emissioni rispetto al 2005. Il raggiungimento dell'obiettivo è dipeso prevalentemente dalle emissioni del comparto agricolo, che rappresentano oltre il 90% delle emissioni totali di ammoniaca. La Direttiva NEC (2016/2284) ha stabilito anche gli obiettivi di riduzione anche al 2030. In particolare per l'Italia tale obiettivo è pari a 353,62 kt di emissioni nazionali di ammoniaca (calcolate come riduzione del 16% di emissioni rispetto al 2005). Nel 2020, il settore agricoltura è responsabile dell'emissione in atmosfera di 344,99 kt di NH_3 , pari al 95,1% del totale nazionale, registrando una riduzione del 8,8% rispetto al 2005, contribuendo quindi in modo decisivo al raggiungimento dell'obiettivo prefissato per l'ammoniaca complessiva per il 2020.

SITI CONTAMINATI DI INTERESSE NAZIONALE (SIN)



Identificazione dei Siti di Interesse Nazionale

Fonte: ISPRA



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

L'art. 36-bis della Legge 07 agosto 2012 n. 134 ha apportato alcune modifiche ai criteri di individuazione dei SIN (art. 252 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.). Sulla base di tali criteri è stata effettuata una ricognizione degli allora 57 siti classificati di interesse nazionale e, con il D.M. 11 gennaio 2013, il numero dei SIN è stato ridotto a 39. La competenza amministrativa sui siti che non soddisfano i nuovi criteri è passata alle rispettive Regioni.

La sentenza del TAR Lazio n. 7586/2014 del 17.07.2014 ha determinato il reinserimento dell'area del territorio del Bacino del Fiume Sacco tra i Siti di Interesse Nazionale, pertanto la titolarità dei relativi procedimenti di caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica è stata nuovamente attribuita al MITE. A fine 2016 le procedure di consultazione sono terminate ed è stata pubblicata la perimetrazione del SIN. La legge n. 205 del 27.12.2017 ha individuato il SIN Officina Grande Riparazione ETR di Bologna.

La legge n.120 del 11.09.2020 ha individuato il SIN Area vasta di Giugliano.

Ad oggi il numero complessivo dei SIN è di 42.

Analisi del trend

I siti d'interesse nazionale, ai fini della bonifica, sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali. (Art. 252, comma 1 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.).

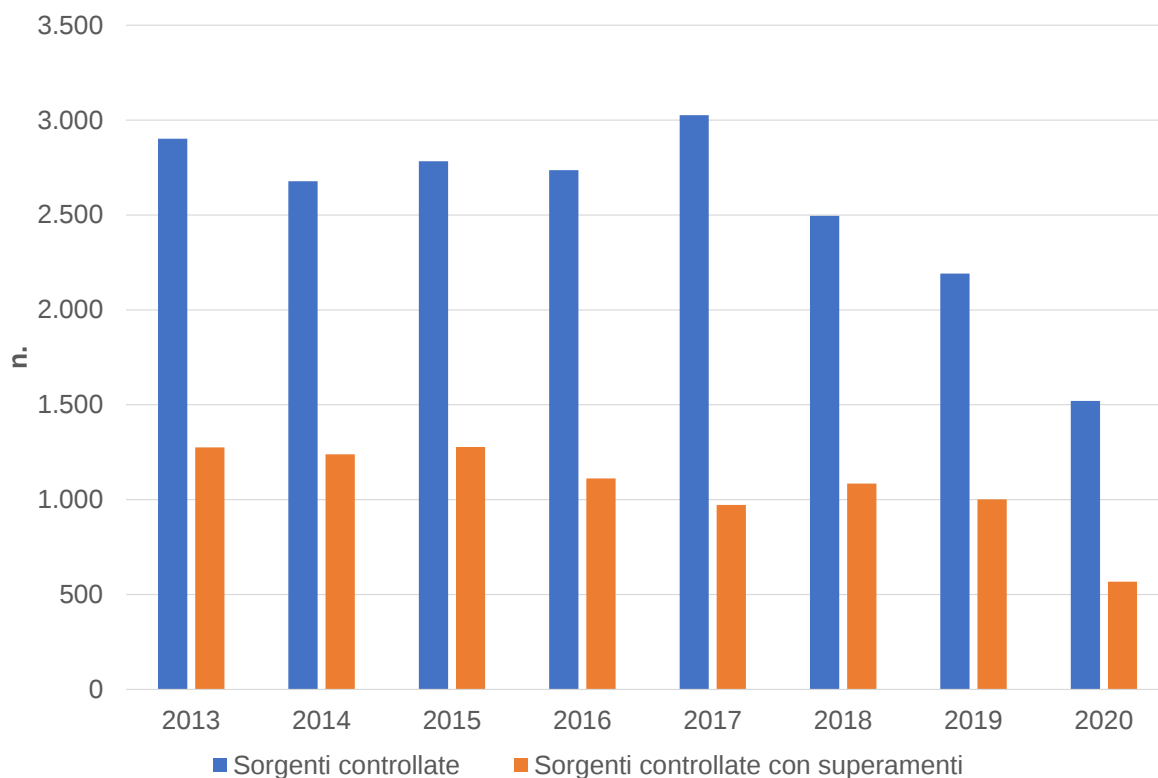
I siti d'interesse nazionale sono stati individuati con norme di varia natura e di regola sono stati perimetrati mediante decreto del MATTM, d'intesa con le regioni interessate.

La procedura di bonifica dei SIN è attribuita alla competenza del MATTM, che può avvalersi anche di ISPRA, delle ARPA/APPA, dell'Istituto Superiore di Sanità ed altri soggetti qualificati pubblici o privati.

Per alcuni SIN la perimetrazione interessa sia aree a terra che aree marine.

La perimetrazione dei SIN può variare nel tempo incrementando o riducendo le superfici coinvolte sulla base di nuove informazioni sulla contaminazione potenziale e/o accertata di nuove aree o sulla base di una più accurata definizione delle zone interessate dalle potenziali sorgenti di contaminazione.

RUMORE: SORGENTI CONTROLLATE



Trend delle sorgenti controllate e di quelle per le quali si è riscontrato un superamento dei limiti

Fonte: ISPRA, ARPA/APPA



Inquinamento zero



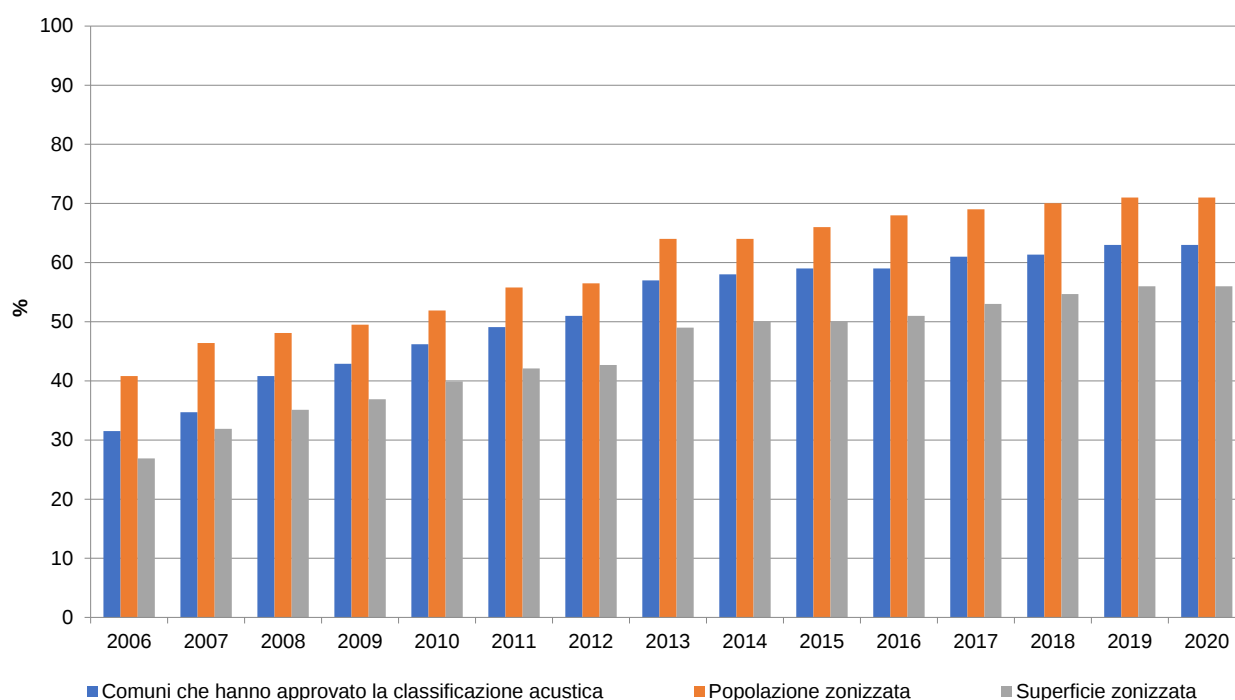
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

Nella Tabella C del DPCM 14/11/97, in ottemperanza a quanto disposto dalla LQ 447/95, sono individuati i valori limite assoluti di immissione, in funzione delle sei classi acustiche del territorio (I - VI) e dei periodi di riferimento della giornata, diurno (06:00 - 22:00) e notturno (22:00 - 06:00). Nei comuni in cui non è stato approvato un Piano di classificazione acustica valgono, in via transitoria, i limiti individuati dal DPCM 1 marzo 1991. Per le infrastrutture di trasporto i valori limite di immissione sono fissati con specifici decreti attuativi all'interno delle fasce di pertinenza, mentre all'esterno delle stesse, le infrastrutture di trasporto concorrono al raggiungimento dei valori limite assoluti di immissione di cui alla Tabella C del DPCM 14/11/1997, definiti sul territorio dai comuni nei propri Piani di classificazione acustica. Ad oggi sono stati emanati i seguenti decreti attuativi: DM 31/10/97 per il rumore aeroportuale, DPR 18/11/98 n. 459 per il rumore ferroviario e DPR 30/03/2004 n. 142 per il rumore stradale, mentre non è stato ancora emanato il decreto per le infrastrutture portuali.

Analisi del trend

Nel 2020, sono state controllate da parte delle ARPA/APPA 1.520 sorgenti di rumore, di cui 1.119 controllate a seguito di esposto; nel 37,4% delle sorgenti controllate è stato rilevato almeno un superamento dei limiti normativi, valore inferiore rispetto a quello riscontrato nel 2019 (-8,3 punti percentuali) e negli anni passati (43,5% nel 2018, 40,6% nel 2016, 45,9% nel 2015 e 46,3% nel 2014).

STATO DI ATTUAZIONE DEI PIANI DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA



Trend dei comuni che hanno approvato la classificazione acustica

Fonte: ISPRA, ARPA/APPA



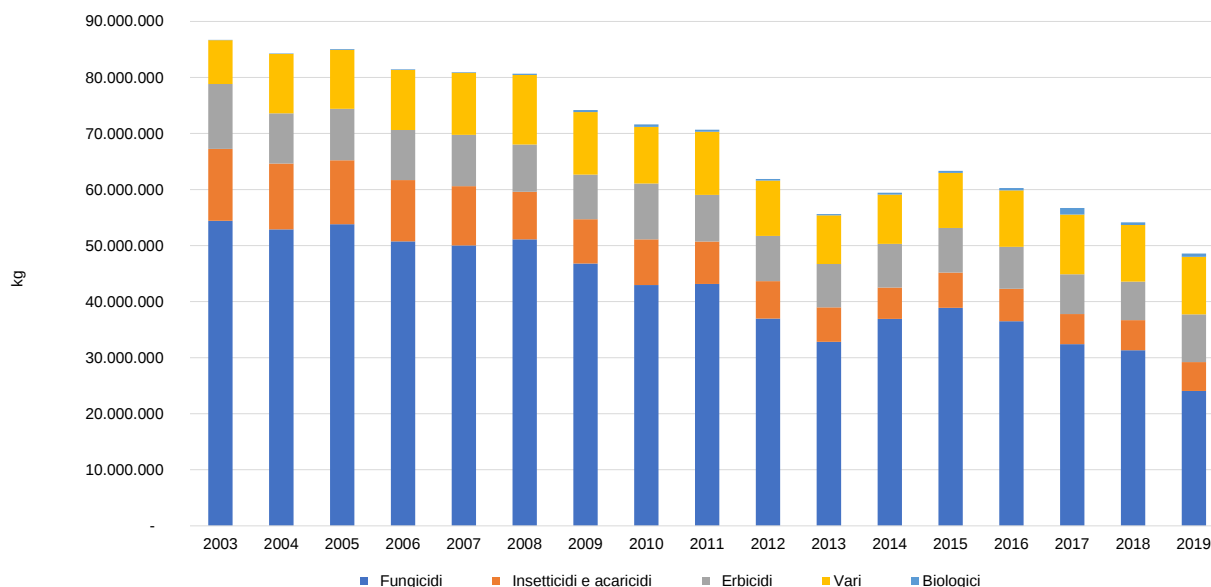
Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La LQ 447/95 prevede l'obbligo per i comuni di procedere alla classificazione acustica del territorio di competenza (art. 6, c.1, lett. a)), ovvero alla distinzione del territorio comunale in sei classi omogenee, definite dalla normativa sulla base della prevalente ed effettiva destinazione d'uso, e all'assegnazione, a ciascuna zona omogenea, dei valori limite acustici, su due riferimenti temporali, diurno e notturno (DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"). La LQ 447/95 assegna alle regioni il compito di definire i criteri con cui i comuni procedono alla classificazione acustica del proprio territorio (art. 4, c.1, lett.a)). In assenza di classificazione acustica del territorio comunale valgono, in via transitoria, i limiti definiti dal DPCM 1 marzo 1991 (LQ, art. 15).

Analisi del trend

La risposta da parte delle Amministrazioni comunali nei confronti del prioritario strumento finalizzato alla tutela dall'inquinamento acustico previsto dalla LQ 447/95 è medio-buona. Nel 2020 si rileva, rispetto al 2019, un aumento di 8 Comuni che hanno approvato il Piano di classificazione acustica, confermando il dato del 63%, precedentemente rilevato, dei comuni italiani che hanno approvato il Piano. Tra il 2006 e il 2020 si registra un incremento di circa 31 punti percentuali dei comuni zonizzati (2.552 nel 2006 (31,5%) a fronte di 4.964 nel 2020 (62,8%).

DISTRIBUZIONE PER USO AGRICOLO DEI PRODOTTI FITOSANITARI (ERBICIDI, FUNGICIDI, INSETTICIDI, ACARICIDI E VARIE)



Quantità di principi attivi contenute nei prodotti fitosanitari per categoria e per anno

Fonte: Istat



Dal produttore al consumatore



Inquinamento zero



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

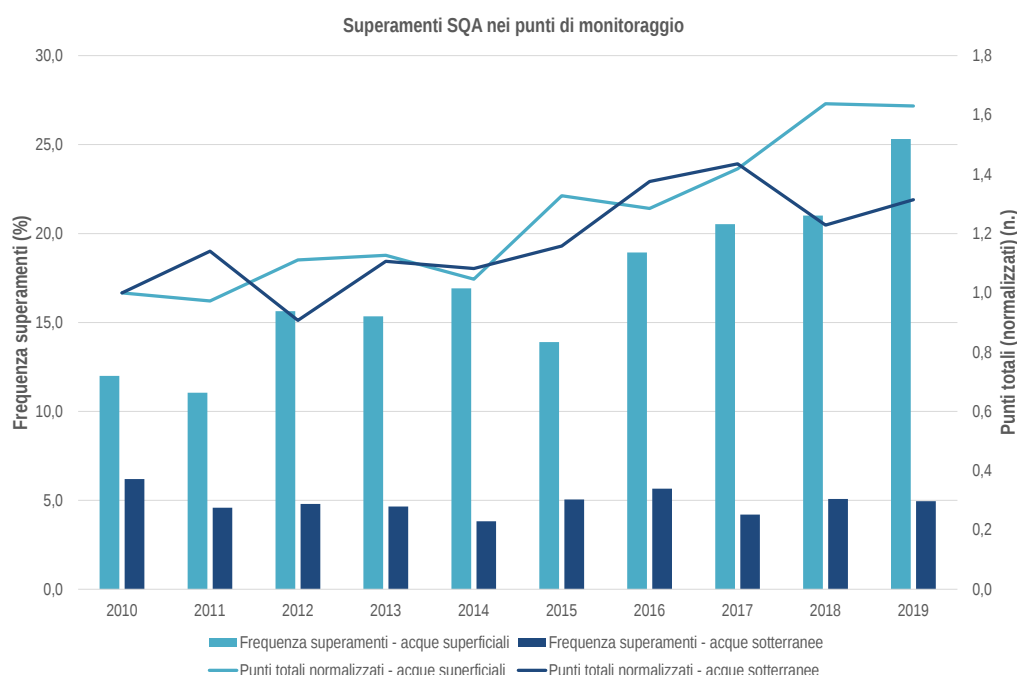
Regolamento (CE) n. 1107/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che abroga le direttive del Consiglio 79/117/CEE e 91/414/CEE.

Direttiva 2009/128/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi. Regolamento (CE) n. 1185/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 novembre 2009 relativo alle statistiche sui pesticidi. Decreto Legislativo 14 agosto 2012, n. 150. Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi. Decreto Interministeriale 22 gennaio 2014. Adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, ai sensi dell'articolo 6 del decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150. Decreto Interministeriale 10 marzo 2015. Linee guida di indirizzo per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile e per la riduzione dell'uso di prodotti fitosanitari e dei relativi rischi nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette. Decreto Interministeriale 15 luglio 2015. Modalità di raccolta ed elaborazione dei dati per l'applicazione degli indicatori previsti dal Piano d'Azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. Decreto Legge 9 febbraio 2012, n. 5, coordinato con la legge di conversione 4 aprile 2012, n. 35, recante: «Disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo». [Art. 28 - Modifiche relative alla movimentazione aziendale dei rifiuti e al deposito temporaneo] Decreto Ministeriale del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali 10 dicembre 2013, n.15414. Modifica del Decreto ministeriale 22 dicembre 2009, n. 30125, e ss.mm.ii., recante "Disciplina del regime di condizionalità ai sensi del Regolamento (ce) n. 73/2009 e delle riduzioni ed esclusioni per inadempienze dei beneficiari dei pagamenti diretti e dei programmi di sviluppo rurale". Con il Settimo programma di azione per l'ambiente (Decisione n. 1386/2013/UE del 20/11/2013) la politica comunitaria, entro il 2020, si pone come obiettivo l'uso sostenibile di prodotti fitosanitari e che questi non abbiano effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente. In questo contesto si inseriscono altri importanti provvedimenti. In primo luogo, la Direttiva 2009/128/CE del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei prodotti fitosanitari e in particolare a livello nazionale il Piano d'azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

Analisi del trend

Nel 2019 sono stati immessi in commercio circa 111 mila tonnellate di prodotti fitosanitari (p.f.), con una diminuzione del 14,6% rispetto al 2014, anno di entrata in vigore del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN). Per quanto riguarda il contenuto in principi attivi (p.a.), pari a circa 48,6 mila tonnellate, si registra un calo complessivo dal 2014 del 18,3%, pari a -10.854 t. Dall'analisi di un periodo più ampio (2003-2019), la distribuzione dei prodotti fitosanitari presenta una contrazione di mercato del 29,7%. Cala il quantitativo di tutte le categorie di fitosanitari acquistati ad eccezione dei vari. La distribuzione delle trappole, anch'essa associata a criteri di difesa innovativi e a minor impatto sull'ambiente, non sembra incontrare un riconoscimento positivo da parte del mercato passando da circa 626 mila a 309 mila unità seppur con oscillazioni periodiche. Nel periodo 2003-2019 si assiste, nel complesso, a una accentuata contrazione dei consumi in p.a. (-44,4%), con dinamiche diverse e talora irregolari per le varie categorie. Diminuiscono notevolmente i p.a. di tutte le categorie (fungicidi -55,8 %, insetticidi e acaricidi -59,9 %, erbicidi -26,4%) a esclusione dei vari e dei biologici, che continuano ad aumentare. Tale andamento è influenzato da scelte e necessità di natura tecnica e agronomica (andamento climatico), ma non si possono escludere strategie commerciali delle industrie produttrici.

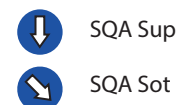
QUALITÀ DELLE ACQUE - INQUINAMENTO DA PESTICIDI



Superamenti degli Standard di Qualità (SQA) nei punti di monitoraggio

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle Regioni, Province autonome, ARPA/APPA

Nota: La frequenza dei superamenti rappresenta la percentuale dei punti di monitoraggio in cui la concentrazione media dei pesticidi supera gli SQA. Il numero dei punti di monitoraggio è normalizzato all'anno di inizio del trend e corrisponde a 1.209 per le acque superficiali, 2.275 per le acque sotterranee



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

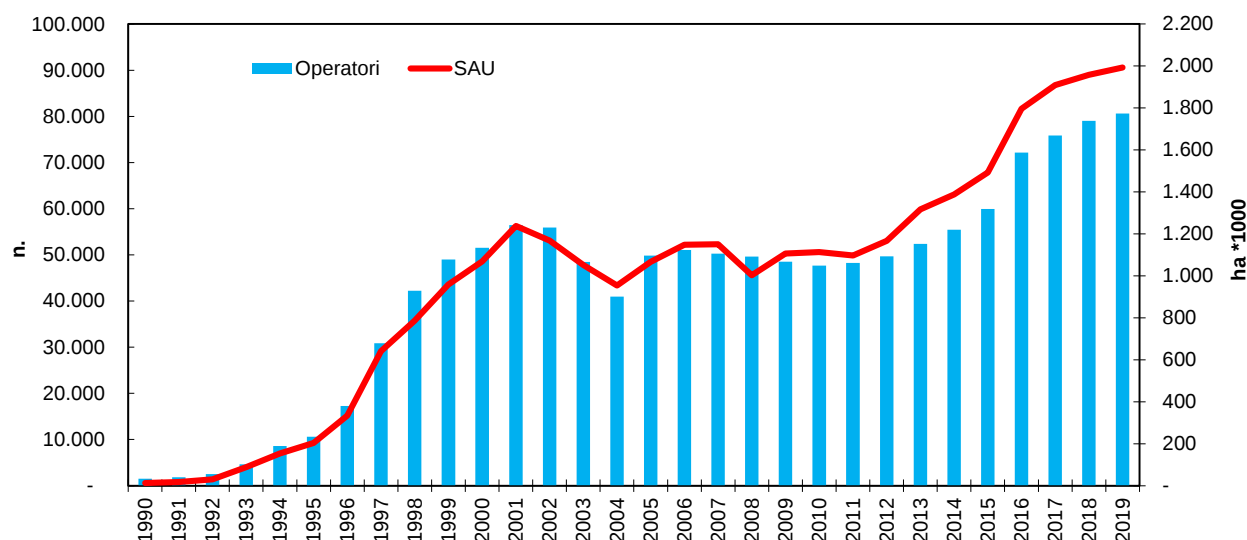
Il monitoraggio dei pesticidi nelle acque viene eseguito nel rispetto dei compiti stabiliti dal Piano di Azione Nazionale (Decreto ministeriale n. 35 del 22 gennaio 2014) ai sensi della Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei pesticidi, al fine di acquisire informazioni sullo stato di qualità della risorsa idrica, di individuare eventuali effetti non previsti adeguatamente nella fase di autorizzazione e non adeguatamente controllati nella fase di utilizzo. I pesticidi, da un punto di vista normativo, comprendono i prodotti fitosanitari (Regolamento CE 1107/2009), utilizzati per la protezione delle piante e per la conservazione dei prodotti vegetali e i biocidi (Regolamento UE 528/2012) impiegati in vari campi di attività (disinfettanti, preservanti, pesticidi per uso non agricolo, ecc.). In alcuni casi i due tipi di prodotti utilizzano gli stessi principi attivi. Il monitoraggio si inserisce nel quadro più ampio della disciplina per la tutela delle acque, che con la Direttiva 2000/60/CE e le direttive derivate, stabilisce standard di qualità ambientale per le acque superficiali (Direttiva 2008/105/CE e Direttiva 2013/39/UE, recepita in Italia con il D.Lgs. 172/15) e i limiti di qualità per la protezione delle acque sotterranee (Direttiva 2006/118/CE recepita con il D.Lgs. 30/09). La normativa di riferimento relativa alle specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato chimico delle acque è rappresentata dalla Direttiva 2009/90/CE (recepita in Italia con il D.Lgs. 260/2010), la quale fissa criteri minimi di efficienza per i metodi di analisi e stabilisce le regole per comprovare la qualità dei risultati delle analisi. L'analisi dei *trend* di contaminazione risponde a quanto predisposto dalla Direttiva 2009/128/CE, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi e che definisce un Piano di azione nazionale.

Analisi del trend

Il monitoraggio segnala una presenza diffusa di pesticidi nelle acque, con un aumento nel tempo delle frequenze di rilevamento, correlate, tuttavia, all'efficacia del monitoraggio intesa come ampiezza della rete, numero di campioni analizzati e sostanze cercate. Si può affermare con ragionevole confidenza che si è ancora in una fase transitoria in cui l'entità e la diffusione dell'inquinamento non sono sufficientemente noti, tenendo inoltre conto che il fenomeno è in continua evoluzione per l'immissione sul mercato di nuove sostanze.

Nelle acque superficiali si assiste a una tendenza in crescita. L'incremento è particolarmente rilevante nel 2019 e corrisponde al 20% in più rispetto al 2018. Tale aumento della contaminazione è in parte dovuto ai nuovi limiti normativi, particolarmente severi, stabiliti per un gruppo di sostanze dalla Direttiva 2013/39/UE ed entrati in vigore con l'ultimo monitoraggio effettuato. L'andamento è pressoché stabile nelle acque sotterranee, con valori intorno al 5%. La possibile spiegazione va ricercata nelle dinamiche lente del comparto, in particolare, delle falde profonde.

AZIENDE AGRICOLE CHE ADERISCONO A MISURE ECOCOMPATIBILI E CHE PRATICANO AGRICOLTURA BIOLOGICA



Evoluzione del numero di operatori controllati e di superficie agricola utilizzata con il metodo biologico

Fonte: MiPAAF (SINAB)



Principali riferimenti normativi/Obiettivi

La normativa di base che regola il settore dell'agricoltura biologica è il Regolamento (CE) n. 834/2007 relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici: esso stabilisce i principi e i criteri generali dell'agricoltura biologica, il funzionamento del sistema di controllo, le modalità di etichettatura e le regole per l'importazione da Paesi terzi. Nel 2018, dopo anni di consultazioni e trattative, è stato pubblicato il Regolamento (UE) 848/2018, relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il Regolamento (CE) n. 834/2007. Simile al precedente Regolamento, ma prevede controlli più restrittivi contro le frodi, l'importazione solo di prodotti conformi, produzioni più strettamente legate al suolo, detta nuove regole sulle sementi, introduce la certificazione di gruppo, migliora lo scambio di informazioni intra-comunitarie e il benessere degli animali.

A livello nazionale, nel 2016 il MiPAAF ha elaborato il Piano strategico nazionale per lo sviluppo del sistema biologico. Il Piano, sviluppato per rispondere alle esigenze del sistema biologico italiano, contiene azioni che si articolano in un arco temporale di medio periodo, fino al 2020.

La Strategia dell'Unione Europea "Dal produttore al consumatore. Il nostro cibo, la nostra salute, il nostro pianeta, il nostro futuro" (meglio nota "Farm to Fork Strategy"; COM(2020) 381 final del 20.05.2020) e la Strategia sulla biodiversità per il 2030 (COM(2020) 380 final del 20.05.2020) prevedono un aumento considerevole della superficie biologica europea entro il 2030, nello specifico raggiungere almeno il 25% dei suoli agricoli della UE coltivati secondo lo standard biologico entro il 2030.

Pertanto, anche la PAC post 2020, il cui avvio è stato posticipato al 2023, dovrà essere adeguata al fine di garantire che i Piani Strategici nazionali riflettano pienamente l'ambizione del Green Deal e della strategia Farm to Fork, promuovendo l'uso di pratiche sostenibili, come l'agricoltura di precisione, l'agricoltura biologica, l'agro-ecologia, l'agro-silvicoltura e standard più stringenti per il benessere degli animali e premiando gli agricoltori per le loro prestazioni ambientali e climatiche.

Analisi del trend

Dal 1990 ad oggi l'agricoltura biologica italiana è cresciuta in maniera significativa, sia in termini di superfici sia per numero di operatori. In particolare, dal 2010 l'incremento registrato è di oltre 879 mila ettari e 29 mila operatori biologici, pari rispettivamente a +69% e +79%. Secondo l'ultima revisione EUROSTAT, nel 2019 l'Italia si pone al 5° posto nell'Europa(28) per percentuale di superficie agricola destinata a biologico. In base ai dati che gli Organismi di controllo operanti in Italia nel settore dell'agricoltura biologica e le Amministrazioni regionali hanno fornito al Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, nel 2019 le superfici investite e in conversione bio sono pari a 1.993.236 ettari, registrando un incremento del 2% rispetto al 2018. Gli operatori del settore per il 2019 sono 80.643 con un aumento del 2% rispetto al 2018. Rispetto al totale della superficie coltivata in Italia (Istat SPA 2016), il biologico arriva a interessare il 15,8% della SAU nazionale e il 6,2% delle aziende agricole.



Italia, il delta del Po, immagine catturata da Copernicus Sentinel-2. (ESA)

CAPITOLO 2

INDICI: AMBIENTE IN SINTESI

Anche quest'anno si è scelto di fornire una valutazione aggiuntiva dei *trend* ambientali elaborando un set di indicatori composti, ossia indicatori aggregati sintetici. Gli indicatori composti ben si adattano alla rappresentazione di quei fenomeni ambientali complessi che sono rappresentati da un sottoinsieme di indicatori nazionali della Banca dati indicatori ambientali di ISPRA. Nel capitolo si descrivono, nello specifico, 11 indicatori composti utili a misurare le 4 tematiche ambientali emergenti, e 4 Indici composti relativi alle dimensioni: Capitale naturale, Cambiamenti climatici, Economia circolare e Ambiente e salute. Gli indicatori composti sono stati costruiti partendo dall'aggregazione di indicatori elementari (metodo *Adjusted Mazziotta-Pareto Index*, come descritto in seguito), mentre i 4 indici composti sono frutto dell'aggregazione degli indicatori composti appartenenti alle 4 dimensioni individuate, utilizzando sempre il metodo AMPI.

Scegliere di costruire indicatori composti significa privilegiare gli aspetti comunicativi rispetto a quelli di approfondimento: la sintesi favorisce una lettura d'insieme di andamenti di indicatori diversi a discapito della ricchezza dell'informazione, poiché potrebbe nascondere i valori reali degli indicatori "elementari" e delle loro relazioni. Nonostante ciò, l'aggregazione degli indicatori può rappresentare la base informativa per orientare eventuali azioni politiche di *governance* nonché il monitoraggio delle conseguenze di tali azioni.

La costruzione di un indicatore composto consiste nell'opportuna aggregazione di un certo numero di indicatori "elementari" che si ritengono rappresentativi di aspetti diversi di uno stesso fenomeno multidimensionale. In altre parole, si tratta di un processo per fasi, che hanno sia natura concettuale che metodologica (OECD, 2008). In ogni fase della costruzione di un indicatore composto devono essere prese decisioni, quali la selezione degli indicatori elementari, la normalizzazione dei dati, il sistema di pesi e i metodi di aggregazione, tutto ciò costituisce una fonte di incertezza che va ad influire sul punteggio dell'indicatore stesso. Per analizzare la variabilità degli indicatori composti rispetto ai differenti metodi di aggregazione, il composto denominato Biodiversità, caratterizzato da disponibilità di dati in serie storica abbastanza ampia, è stato costruito con 4 differenti metodologie:

- Metodo tassonomico di *Wroclaw*
- *Mean-Min Function* (MMF)
- *Jevons Index*
- *Adjusted Mazziotta-Pareto Index* (AMPI)

Tranne il metodo di *Wroclaw*, che è incentrato sul calcolo della distanza da un valore obiettivo fissato, gli altri approcci si basano sostanzialmente nell'aggregazione attraverso il calcolo di una qualche media corretta dei valori degli indicatori elementari.

Per valutare l'impatto della sola funzione di aggregazione nella costruzione degli indicatori, per la normalizzazione dei dati è stato utilizzato per tutti e quattro i casi considerati, il metodo min-max (riadattato nel caso del metodo AMPI):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i(x_{ij})}{\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij})}$$

2.1 Descrizione e confronto dei metodi utilizzati

Il **metodo tassonomico di *Wroclaw*** si basa sulla distanza di ogni unità da un'unità reale o potenziale a cui viene attribuito il risultato migliore in tutti gli indicatori elementari utilizzati oppure un valore teorico (Maggino, 2006). Indicando con y_{ij} il valore raggiunto dalla unità i nell'indicatore elementare j e con y_{Mj} il valore teorico posto come obiettivo per quello specifico indicatore elementare, l'indicatore composto è determinato dalla somma delle distanze euclidee

$$D_i = \sqrt{\sum_j (y_{ij} - y_{Mj})^2}$$

dall'ipotetica unità ideale, normalizzata dividendo il valore ottenuto per una misura di variabilità di tali distanze, pari alla media maggiorata da 2 deviazioni standard:

$$W_i = \frac{D_i}{\bar{D} + 2\sigma}$$

(dove con $\bar{D}$ indichiamo la media delle distanze e con σ la deviazione standard). Tale indice assume valore minimo quando la distanza tra l'unità i e quella ideale è inferiore a quella di ogni altra unità, ossia quando l'unità i è la più prossima ad un valore ottimale ipotizzato; non è invece definito il limite superiore, che rappresenta la posizione dell'unità con performance peggiore.

La definizione della unità ideale rappresenta il punto più problematico di questo modello, poiché potrebbe portare a valori incoerenti o irraggiungibili. In questo studio è stata creata un'unità ideale che rappresenta un obiettivo raggiungibile, seguendo i seguenti steps:

- 1) Calcolare la mediana dei valori dell'indicatore elementare;
- 2) $A = \text{media}(\text{mediana}, \text{ultima osservazione})$
- 3) Calcolare la variazione assoluta dei valori dell'indicatore elementare (valore anno $(i+1)$ – valore anno (i));
- 4) Calcolare media e mediana della variazione assoluta;
- 5) $B = (\text{ultima osservazione}) + [\text{media}(\text{variazione media}, \text{variazione mediana})] * 9$;
- 6) $\text{OBIETTIVO} = \text{Max}(A, B)$.

Quindi per le variabili con un andamento negativo viene selezionato il valore A, cioè un valore a metà tra l'ultima osservazione e l'osservazione mediana, mentre per le variabili con andamento positivo si seleziona il valore B, ottenuto come valore dell'ultima osservazione accresciuto della media tra crescita media e crescita mediana supposta costante per i successivi 9 anni, ossia al 2030. Si è scelta la media perché il tasso di crescita medio è fortemente influenzato dalle osservazioni estreme, mentre la mediana a volte è troppo bassa o addirittura nulla.

Il metodo *mean-min* (MMF) proposto da Casadio, Tarabusi e Guarini (Casadio Tarabusi & Guarini, 2013) si propone di costruire una funzione che includa i due casi estremi di penalizzazione, ossia la penalizzazione nulla rappresentata dalla media aritmetica ponderata e la penalizzazione massima rappresentata dal valore minimo, e che possa tener conto di tutti gli altri casi intermedi attraverso la scelta di due parametri $0 \leq a \leq 1$ e $b \geq 0$.

Cioè, l'intervallo di definizione della funzione è $\min(z) \leq F(z) \leq M_z$

$$F_i = M_{z_i} - a \left\{ \sqrt{M_{z_i} - \min_j(z_{ij}) + b^2} - b \right\}$$

Attraverso la scelta dei due parametri si dovrebbe ottenere la funzione più idonea ai dati in oggetto, nel nostro caso i valori sono entrambi fissati a 0,5.

L'**indice di Jevons**, proposto originariamente come indice dei prezzi dall'economista inglese *Jevons* verso la metà dell'Ottocento, è costruito come media geometrica di numeri indice, cioè di rapporti (Mazziotta & Pareto, 2012). Per continuità con il metodo seguito per la normalizzazione negli altri metodi considerati, piuttosto che il metodo di *Jevons* è stata apportata una modifica all'indice utilizzando la media geometrica degli indici normalizzati con il metodo min-max. In questo caso per evitare il problema dei valori nulli, che annullerebbero la media geometrica, si somma a tutti gli indicatori normalizzati il valore 1. Il metodo usato nelle scorse edizioni dell'annuario è il metodo AMPI (Mazziotta & Pareto, 2020), secondo cui la matrice degli indicatori elementari dei dati viene normalizzata calcolando

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_{x_j}}{\max_{x_j} - \min_{x_j}} * 60 + 70$$

I valori Min e Max sono determinati in base ad un valore di riferimento R_{x_j} adeguatamente scelto e corretto per un valore $\Delta = \frac{\sup x_i - \inf x_i}{2}$.

Quindi risulta:

$$Min_{xj}=R_{xj}-\Delta$$

$$Max_{xj}=R_{xj}+\Delta$$

Considerando la media (μ_i) e la deviazione standard (σ_i) dell'unità i-esima e il coefficiente di variazione cv_i , si calcola l'indicatore AMPI

$$Ampi_i = \mu_i \pm \sigma_i * cv_i$$

In Tabella 2.1 si propone un confronto tra i metodi di aggregazione appena descritti proponendo, per ogni coppia di metodi, la differenza media assoluta tra graduatorie, l'indice di cograduazione di *Spearman* e la percentuale casi con differenze tra i ranghi <-2 o >2 .

Tabella 2.1: Confronto dei metodi di aggregazione

	Wroclaw - MMF	Wroclaw - Jevons	Wroclaw - AMPI	MMF - Jevons	MMF - AMPI	Jevons - AMPI
Differenza media assoluta	3,18	3,18	3,18	0,47	0,47	0,00
Correlazione di <i>Spearman</i>	0,63	0,63	0,63	0,99	0,99	1,00
% casi con diff. ranghi <-2 o >2	47,06	52,94	52,94	0	0	0

Fonte: ISPRA

I risultati ottenuti con il metodo di *Wroclaw* si differenziano notevolmente rispetto agli altri. Tale prodotto si può ricondurre, come già evidenziato, alla differente funzione di aggregazione utilizzata del metodo che si basa su una distanza da un obiettivo dato o stimato, piuttosto che su una media penalizzata degli indicatori elementari, ed inoltre non prevede alcuna penalizzazione per compensare la sostituibilità degli indicatori elementari. La correlazione di *Spearman* tra la graduatoria ottenuta con il metodo di *Wroclaw* e quelle prodotte dagli altri indicatori è di 0,63, mentre negli altri indici esaminati troviamo una correlazione tra i ranghi prossima all'unità, ad indicare uno stesso comportamento delle funzioni di aggregazione.

Alla luce dei risultati appena descritti e per continuità con le precedenti elaborazioni, l'indice composito è stato calcolato attraverso il metodo AMPI, che oltre a rispettare le proprietà desiderabili di un indice composito, ha il vantaggio di mantenere un livello di semplicità tale da rendere agevole la comunicazione verso un pubblico non specialistico.

2.2 Le tematiche ambientali emergenti e i relativi indicatori compositi

Uniformandosi al nuovo approccio ai temi ambientali, per il calcolo degli indicatori compositi sono state considerate le 4 tematiche emergenti fulcro delle politiche nazionali e internazionali, ossia Capitale naturale, Cambiamenti climatici, Economia circolare e Ambiente e salute. Gli indicatori elementari sono stati selezionati tenendo conto anche delle indicazioni degli obiettivi del VII Programma di Azione Ambientale. Nello specifico, la dimensione Capitale naturale può essere associata al macro-obiettivo 1 "Proteggere, conservare e migliorare il capitale umano", la dimensione Ambiente e salute al terzo macro-obiettivo "Proteggere i cittadini italiani da pressioni legate all'ambiente e da rischi per la salute" e le restanti due tematiche Cambiamenti climatici e Economia circolare al macro-obiettivo 2 "Trasformare l'Italia in un'un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, verde e competitiva".

In totale si propongono 15 compositi. Si rimanda alla tabella 2.2 per una breve descrizione, considerando la seguente relazione dimensioni-indicatori compositi:

- Capitale naturale: indicatori compositi denominati *Biodiversità, Acque marine, Suolo e Territorio, Foreste*;
- Cambiamenti climatici: indicatori compositi denominati *Energia, Clima*;
- Economia circolare: indicatori compositi denominati *Uso delle risorse, Rifiuti*;
- Ambiente e salute: indicatori compositi denominati *Qualità dell'aria, Qualità delle acque di balneazione, Prodotti fitosanitari*.

Nella tabella 2.2 per ogni indicatore composito sono riportati gli indicatori elementari e il rispettivo indicatore della Banca dati indicatori ambientali (<https://annuario.isprambiente.it/>), specificando sia la lunghezza della serie disponibile sia quella effettivamente utilizzata, e la polarità, ossia il segno della relazione che intercorre tra l'indicatore elementare e l'obiettivo che si intende misurare. Inoltre, sono riportati i 4 Indici compositi, uno per ogni dimensione, frutto dell'aggregazione degli indicatori compositi afferenti alla singola dimensione.

Tabella 2.2: Indicatori e indici composti

Indice composito Capitale naturale (2007-2018)						
Indicatore composito	Indicatore Banca dati	Indicatore "elementare"	Unità di misura indicatore elementare	Serie storica disponibile	Polarità	Serie storica del composito
Biodiversità	Diffusione di specie alloctone animali e vegetali	Numero di specie alloctone	n. cumulato	1901-2019	-	2007-2018
	Aree protette terrestri	Numero di aree protette terrestri	Superficie cumulata (ha*1.000)	1922-2019	+	
	Aree protette marine	Numero di aree protette marine	n.	1986-2019	+	
	Rete natura	Superficie totale annua delle Zone di Protezione Speciale ZPS in Italia	Superficie (ha*1.000)	2003-2020	+	
		Superficie totale annua dei SIC e delle ZSC	Superficie (ha*1.000)	2003-2020	+	
Acque marine	Stock ittici in sovra sfruttamento	Stock ittici in sovra sfruttamento	%	2007-2019	-	2007-2018
	Consistenza dell'attività di pesca	Sforzo	GT*giorni medi/1.000.000	1996-2018	-	
		CPUE	kg	1996-2018	-	
	Aree marine protette	Numero di aree protette marine	n.	1986-2019	+	
Suolo e territorio	Impermeabilizzazione e consumo di suolo	Impermeabilizzazione e consumo di suolo pro capite	m²/ab	2006-2012; 2015-2020	-	2015-2020
	Frammentazione del territorio naturale e agricolo	Copertura del territorio per classi di frammentazione	%	2012, 2015-2020	-	
Foreste	Certificazione di gestione forestale sostenibile	Stima della Superficie forestale totale sostenibile	ha*1.000	1998-2020	-	1998-2019
	Contributo delle foreste nazionali al ciclo globale del carbonio	Variazione dello stock di carbonio (<i>carbon sink</i>) nei diversi serbatoi forestali in Italia	Mt C	1990-2019	-	
	Entità degli incendi boschivi	Superficie percorsa dal fuoco	ha	1970-2019	-	
		Incendi	n.	1970-2019	-	
Indice composito Cambiamenti climatici (2006-2019)						
Indicatore composito	Indicatore Banca dati	Indicatore "elementare"	Unità di misura indicatore elementare	Serie storica disponibile	Polarità	Serie storica del composito
Energia	Emissioni di gas serra (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCS, PFCS, SF ₆): disaggregazione settoriale	Emissioni nazionali di GAS SERRA	MtCO ₂ eq	1990-2019	-	2006-2019
	Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali	Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali	%	2004-2019	+	
	Intensità energetiche finali settoriali e totale	Intensità energetica primaria del PIL ai prezzi di mercato a valori concatenati 2015	ktep/M€ 2015	1990-2019	-	
	Certificati bianchi	Certificati bianchi (GSE)	ktep (cumulati)	2006-2020	+	
Clima	Temperatura media	Anomalie medie annuali della temperatura media in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990	°C	1961-2020	-	2006-2019
	Bilancio di massa dei ghiacciai	Bilancio di massa cumulato	mmWEQ	1967-2020	+	
	Onde di calore	Anomalie medie annuali del numero di giorni con onde di calore (WSDI) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990	n.	1961-2020	-	
	Stato di salute delle popolazioni di uccelli migratori	Media dei passaggi mediani presso le stazioni di monitoraggio del Codirosso	n.	1988-2020	-	

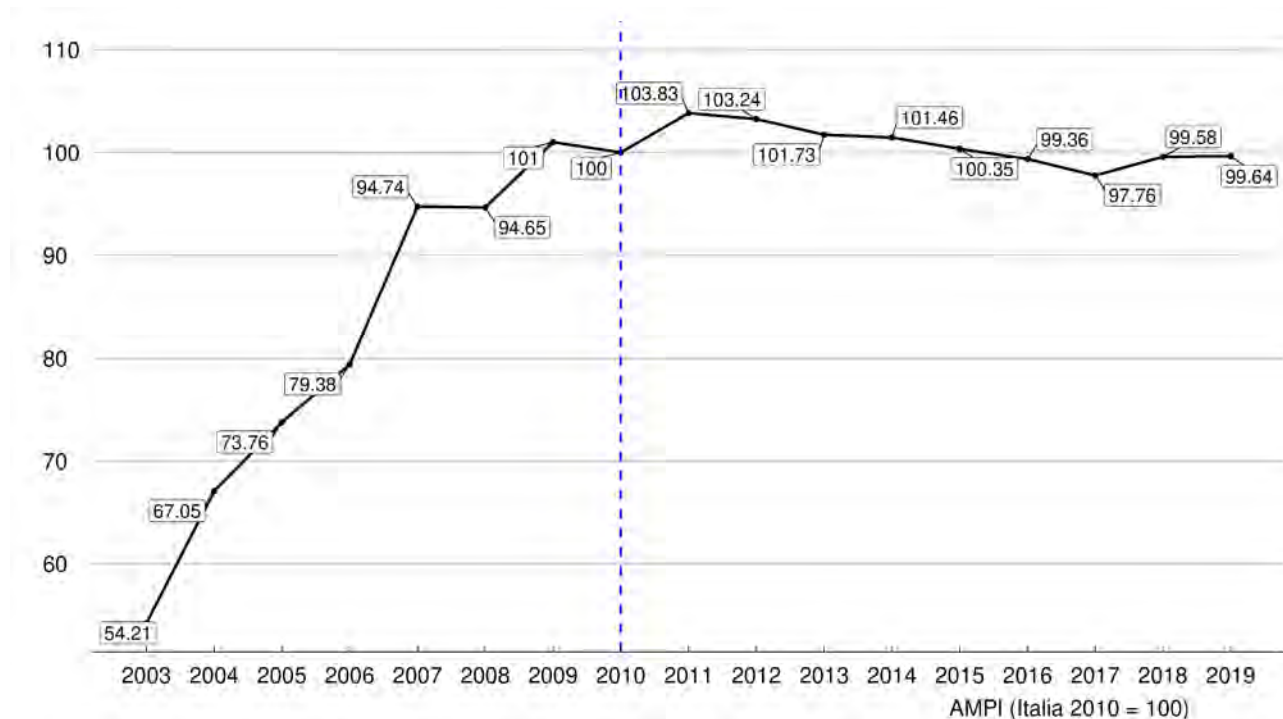
Indice composito Economia circolare (2010-2019)						
Indicatore composito	Indicatore Banca dati	Indicatore "elementare"	Unità di misura indicatore elementare	Serie storica disponibile	Polarità	Serie storica del composito
Uso delle risorse	Flussi di materia e produttività delle risorse	Produttività delle risorse	€/kg	2000-2020	+	2010-2019
	Tasso di uso circolare dei materiali	Tasso di uso circolare dei materiali	%	2004-2019	+	
	Licenze e prodotti/servizi certificati con marchi ECOLABEL UE	Licenze e prodotti/servizi certificati con marchi ECOLABEL UE	n.	1998 - 2021	+	
	Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali	Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali	%	2004-2019	+	
	CO ₂ nella prospettiva della produzione e del consumo	Carbon Footprint	kg pro capite	2008-2019	-	
	Material Footprint	Material Footprint	t pro capite	2008-2019	-	
Rifiuti	Produzione di rifiuti urbani	Produzione di rifiuti urbani	t*1.000	2004-2019	-	2010-2019
	Produzione di rifiuti speciali	Produzione di rifiuti speciali	t*1.000	2005-2019	-	
	Produzione di rifiuti urbani per unità di PIL	Produzione di rifiuti urbani per unità di PIL	t*1.000/milioni euro	2004-2019	-	
	Percentuale di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti urbani	Percentuale di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti urbani	%	2010-2019	+	
	Riciclaggio/Recupero di rifiuti da costruzione e demolizione	Percentuale di rifiuti da Costruzione e demolizione riciclata	%	2010-2019	+	
	Quantità di rifiuti urbani smaltiti in discarica, totale e per tipologia	Quantità totale di rifiuti urbani smaltiti in discarica	t*1.000	2004-2019	-	
	Quantità di rifiuti avviati al compostaggio e alla digestione anaerobica	Quantità di rifiuti avviati al compostaggio	t	2010-2019	+	
		Quantità di rifiuti avviati alla digestione anaerobica	t	2010-2019	+	
	Quantità di rifiuti avviati al trattamento meccanico biologico	Quantità di rifiuti avviati al trattamento meccanico biologico	t	2003-2019	+	
	Quantità di rifiuti speciali smaltiti in discarica, totale e per tipologia	Quantità totale di rifiuti speciali smaltiti in discarica	t*1.000	1997-2019	-	
	Quantità di rifiuti speciali recuperati	Quantità di rifiuti speciali recuperati	t*1.000	2003-2019	+	

Indice composito Ambiente e salute (2013-2019)						
Indicatore composito	Indicatore Banca dati	Indicatore "elementare"	Unità di misura indicatore elementare	Serie storica disponibile	Polarità	Serie storica del composito
Qualità dell'aria	Qualità dell'aria ambiente: particolato (PM10)	PM10 percentuale di stazioni che hanno superato il valore di riferimento OMS giornaliero	%	2006-2020	-	2010-2019
	Qualità dell'aria ambiente: particolato (PM2,5)	PM2,5 percentuale di stazioni che hanno superato il valore di riferimento OMS annuale	%	2010-2020	-	
	Qualità dell'aria ambiente: ozono troposferico (O ₃)	O ₃ percentuale di stazioni che hanno superato l'obiettivo a lungo termine	%	2006-2020	-	
	Qualità dell'aria ambiente: biossido di azoto (NO ₂)	NO ₂ percentuale di stazioni che hanno superato il valore di riferimento OMS annuale	%	2006-2020	-	
	Emissioni di monossido di carbonio (CO): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Emissioni di monossido di carbonio (CO)	kt/a	1990-2019	-	
	Emissioni di particolato (PM10): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Emissioni di particolato (PM10)	kt/a	1990-2019	-	
	Emissioni di sostanze acidificanti (SO _x , NO _x , NH ₃): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Emissioni di sostanze acidificanti (SO _x , NO _x , NH ₃)	kt H+/a	1990-2019	-	
	Emissioni di precursori di ozono troposferico (NO _x e COVNM): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Emissioni di COVNM	kt/a	1990-2019	-	
	Emissione di benzene (C ₆ H ₆): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Emissioni di benzene (C ₆ H ₆)	t/a	1990-2019	-	
Qualità delle acque di balneazione	Classificazione delle acque di balneazione	Classificazione delle acque di balneazione	%	2013-2020	+	2013-2020
	Concentrazione di <i>ostreopsis ovata</i>	Percentuale dei siti con presenza di <i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> a livello nazionale	%	2010-2020	-	
Prodotti fitosanitari	Distribuzione per uso agricolo dei prodotti fitosanitari (erbicidi, fungicidi, insetticidi, acaricidi e vari)	Principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari	kg	2003-2019	-	2010-2019
	Qualità delle acque superficiali e sotterranee: inquinamento da pesticidi	Superamenti degli Standard di qualità ambientale SQA nelle acque superficiali	%	2010-2019	-	
		Superamenti degli Standard di qualità ambientale SQA nelle acque sotterranee	%	2010-2019	-	
	Aziende agricole che aderiscono a misure ecocompatibili e che praticano agricoltura biologica	Superficie Agricola Utilizzata (SAU) Biologica	ha	1990-2019	+	

Fonte: ISPRA

L'indicatore composito denominato **Biodiversità**, utile a monitorare la perdita di biodiversità e il degrado dei servizi ecosistemici è stato realizzato aggregando 5 indicatori elementari: *Superficie di aree protette terrestri*; *Numero di aree protette marine*; *Superficie delle Zone di Protezione Speciale ZPS*; *Superficie dei Siti di importanza comunitaria - SIC e delle Zone Speciali di Conservazione - ZSC*; *Numero di specie alloctone*. L'indicatore è stato costruito prendendo in considerazione i dati per il periodo 2003-2019.

Figura 2.1: Indicatore composito Biodiversità (2003-2019)



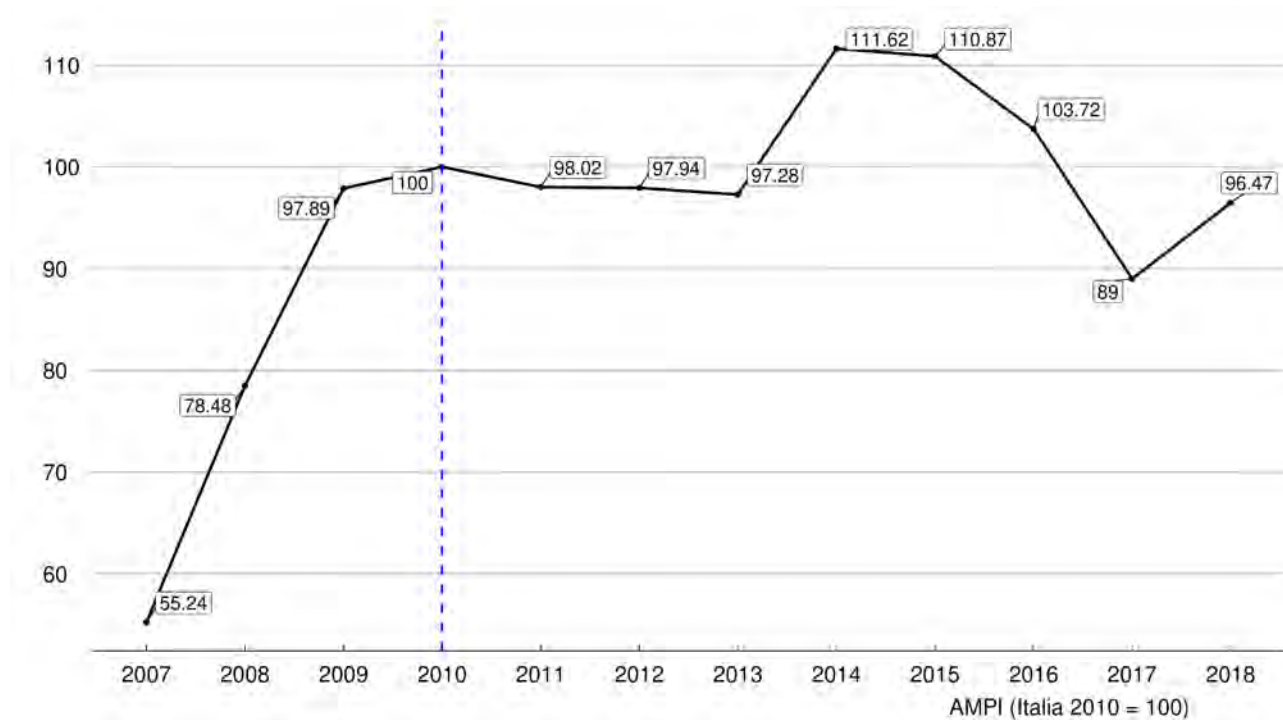
Fonte: ISPRA

L'applicazione del metodo AMPI ha mostrato (Figura 2.1) un lievissimo calo del valore del composito da 100 del 2010, anno di riferimento, a 99,64 del 2019, evidenziando dunque una situazione pressoché stazionaria. Nello specifico, si registra una lieve ripresa negli ultimi due anni monitorati dopo la diminuzione registrata negli anni 2012-2017, andamento dovuto principalmente al miglioramento dell'indicatore elementare *Aree marine protette* e al ridotto tasso di variazione in senso negativo dell'indicatore *Numero di specie alloctone* registrato negli ultimi due anni.



L'indicatore composito denominato **Acque marine** è utile a monitorare l'impatto delle pressioni sulle acque marine verificando il raggiungimento o mantenimento del buono stato ambientale delle acque, così come richiesto dalla Direttiva quadro sulla strategia marina. Per costruire il composito sono stati selezionati tre indicatori relativi alla pesca, ossia *Stock ittici in sovrasfruttamento*, *Sforzo* e *CPUE (Catch Per Unit of Effort)* e un indicatore sul *Numero di aree marine protette*, utilizzato anche nel composito precedentemente descritto. La serie storica disponibile copre il periodo 2007 - 2018.

Figura 2.2: Indicatore composito Acque marine (2007-2018)



Fonte: ISPRA

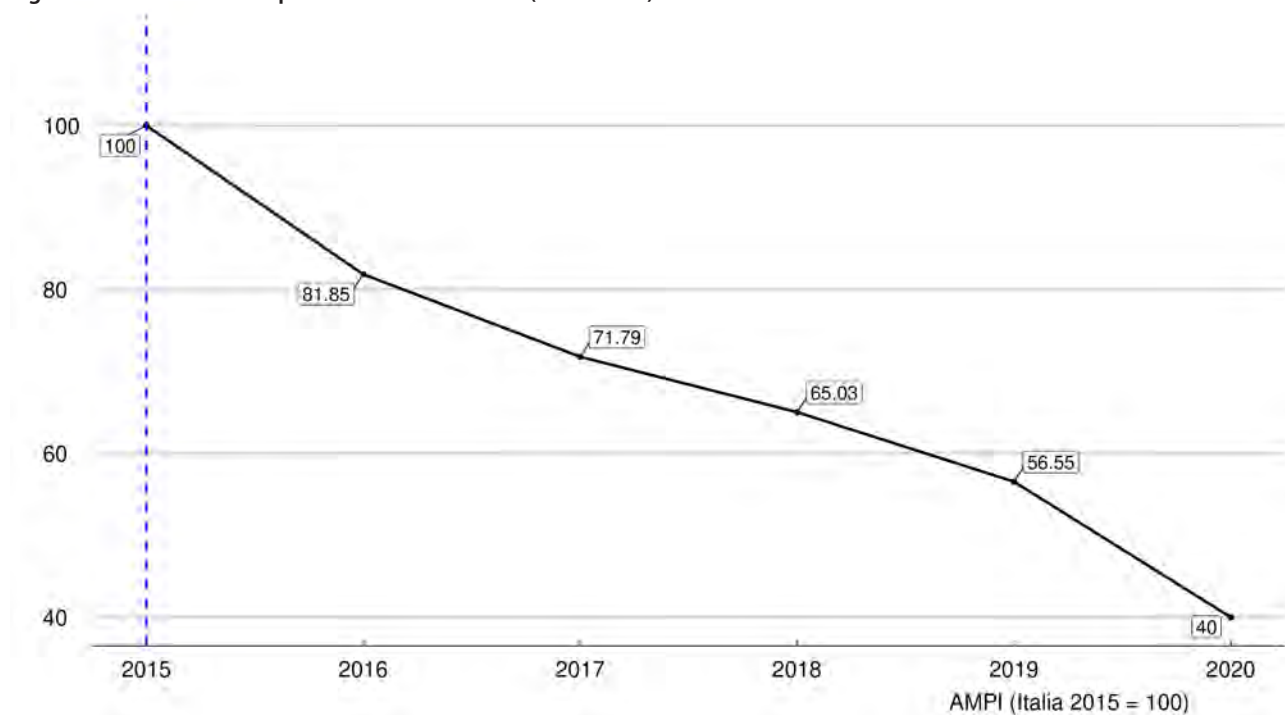
In Figura 2.2 si mostra l'andamento del composito Acque marine, per il quale si registra un *trend* in crescita dal 2010, anno di riferimento con valore 100, al 2014 e un successivo calo più marcato che porta al raggiungimento del valore 89 nel 2017, a causa delle pressioni subite dallo *stock* ittico.





Per valutare la sostenibilità della gestione del territorio italiano, è stato costruito l'indicatore composito **Suolo e territorio** utilizzando gli indicatori elementari *Impermeabilizzazione e consumo di suolo* e *Copertura del territorio per classi di frammentazione*. I dati disponibili hanno permesso di calcolare l'indicatore composito per il periodo 2015-2020.

Figura 2.3: Indicatore composito Suolo e territorio (2015-2020)

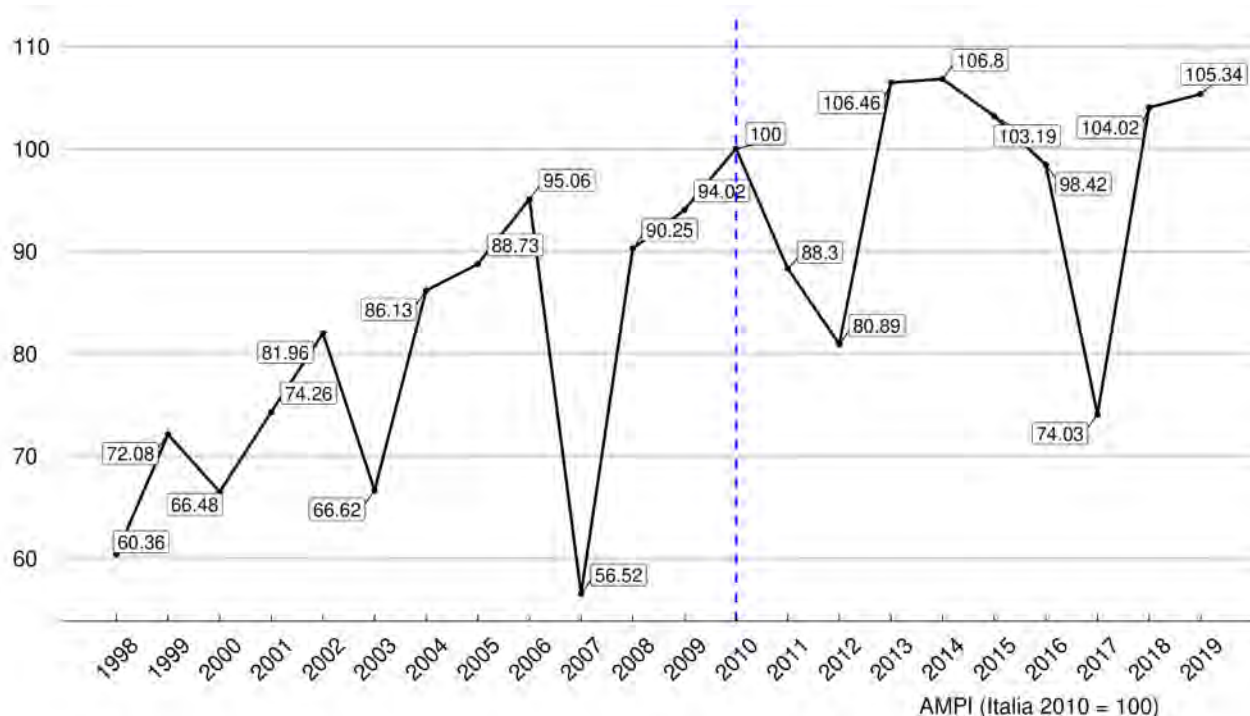


Fonte: ISPRA

L'incremento registrato nei sei anni in analisi sia per il consumo di suolo, sia per la frammentazione del territorio determina in Figura 2.3 un andamento negativo dell'indice AMPI, il cui valore passa da 100 nel 2015 (anno di riferimento) a 40 nel 2020, coerentemente con l'andamento negativo dei due indicatori elementari.

L'indicatore composito denominato **Foreste** è stato costruito per valutare la sostenibilità della gestione delle foreste, nel rispetto della loro biodiversità e dei relativi servizi, con l'obiettivo di rafforzare la loro capacità di risposta anche ai cambiamenti climatici. Il metodo AMPI è stato applicato a 4 indicatori elementari sul periodo 1998-2019: *Stima della superficie forestale totale sostenibile, Variazione dello stock di carbonio (carbon sink) nei diversi serbatoi forestali in Italia, Superficie percorsa dal fuoco ed Incendi.*

Figura 2.4: Indicatore composito Foreste (1998-2019)



Fonte: ISPRA

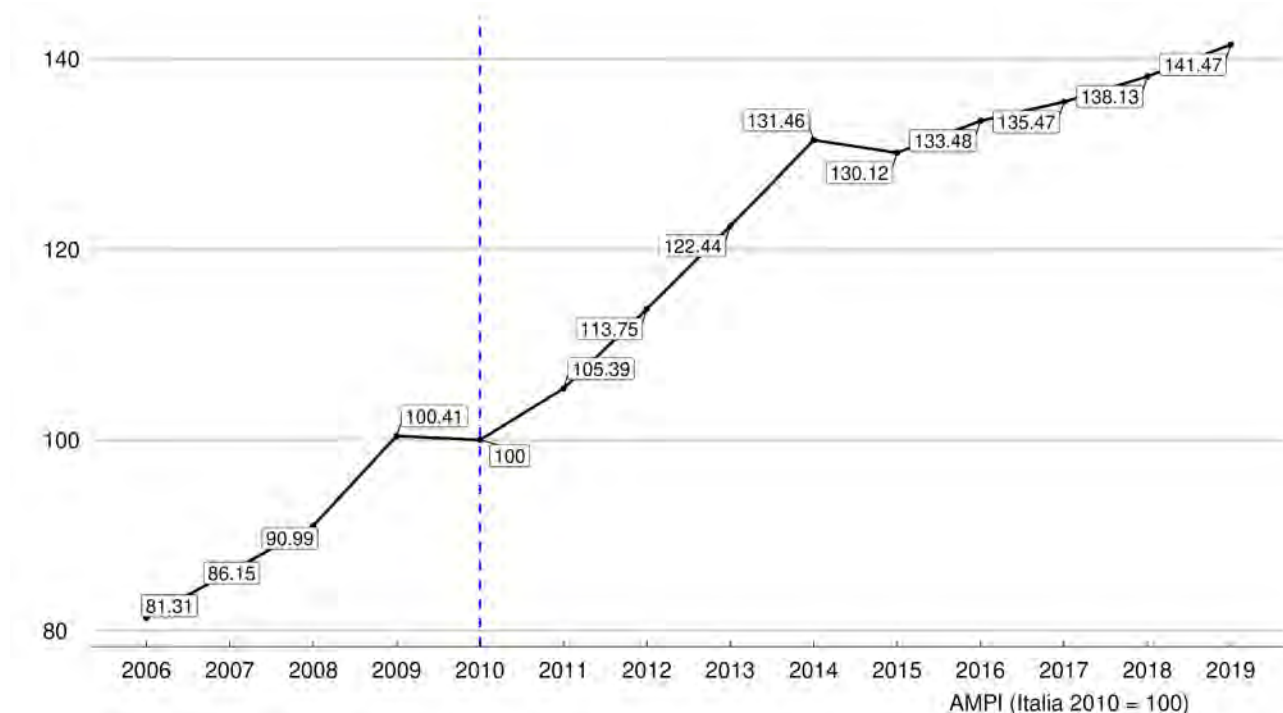
La Figura 2.4 relativa all'indicatore AMPI Foreste presenta un *trend* globalmente crescente, seppure interrotto in vari anni da cambiamenti di direzione anche molto ripidi, riconducibili verosimilmente all'andamento altalenante degli indicatori elementari relativi agli incendi.





Il quinto indicatore proposto è stato denominato **Energia** e si riferisce al monitoraggio dei progressi nazionali verso gli obiettivi, relativi a questo tema, del PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima), con orizzonte temporale al 2030 e 2050, i cui *target* principali sono l'aumento delle rinnovabili e la riduzione dei consumi energetici e delle emissioni dei gas serra. A tal fine sono stati selezionati 4 indicatori elementari per la costruzione del composito: *Emissioni nazionali di gas serra*, *Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali*, *Intensità energetica primaria del PIL ai prezzi di mercato a valori concatenati 2015* e *Certificati bianchi*. In base alla disponibilità dei dati, l'indice composito è stato costruito per il periodo che va dal 2006 al 2019.

Figura 2.5: Indicatore composito Energia (2006-2019)

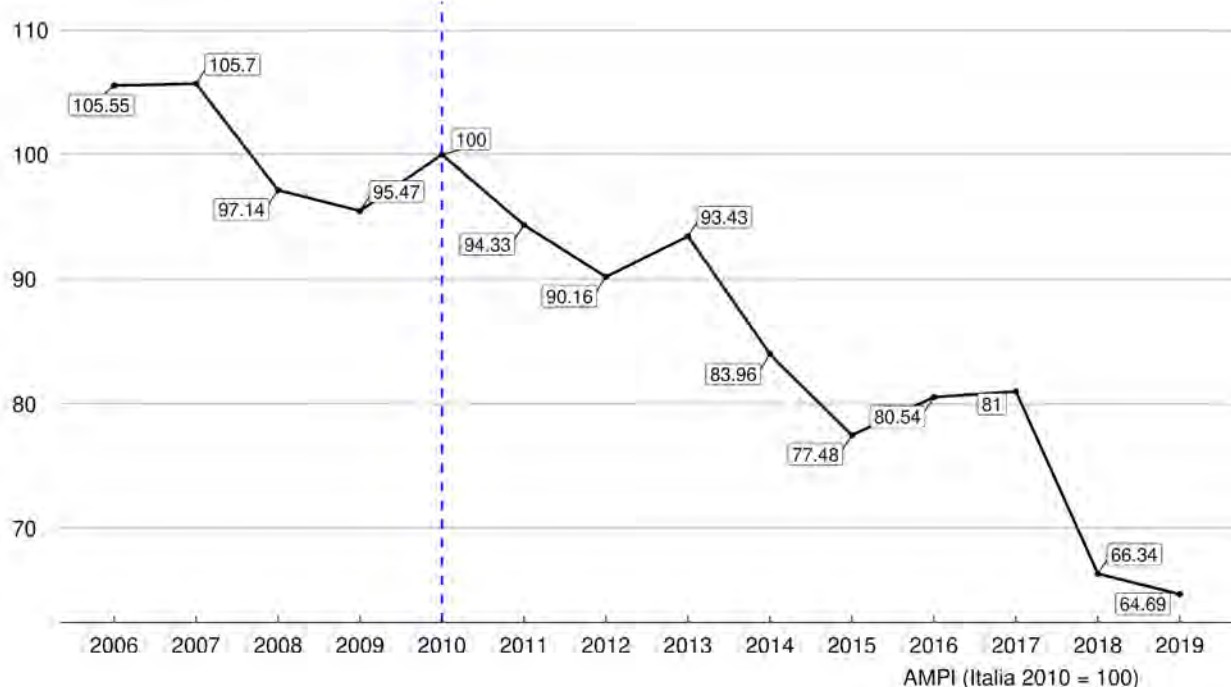


Fonte: ISPRA

Dalla Figura 2.5 si osserva che il valore AMPI del composito cresce di oltre 41 punti passando da 100 nel 2010, anno di riferimento, a 141,47 nel 2019. L'incremento è riconducibile alla progressiva riduzione dei valori degli indicatori elementari relativi all'intensità energetica e alle emissioni nazionali, nonché alla crescita della quota di energia da fonti rinnovabili.

Nel quadro più ampio dell'impegno internazionale di limitare l'aumento della temperatura media sotto i 2 °C rispetto ai livelli preindustriali è stato proposto l'indicatore composito **Clima**. Tra gli indicatori ambientali disponibili, con serie storiche adeguate e comuni, sono stati selezionati 4 indicatori elementari per la costruzione del composito: *Anomalie medie annuali della temperatura*, *Bilancio di massa cumulo dei ghiacciai*, *Anomalie medie annuali del numero di giorni con onde di calore (WSDI)* e la *Media dei passaggi mediani presso le stazioni di monitoraggio del Codirosso*. L'indice composito è stato costruito per il periodo che va dal 2006 al 2019.

Figura 2.6: Indicatore composito Clima (2006-2019)



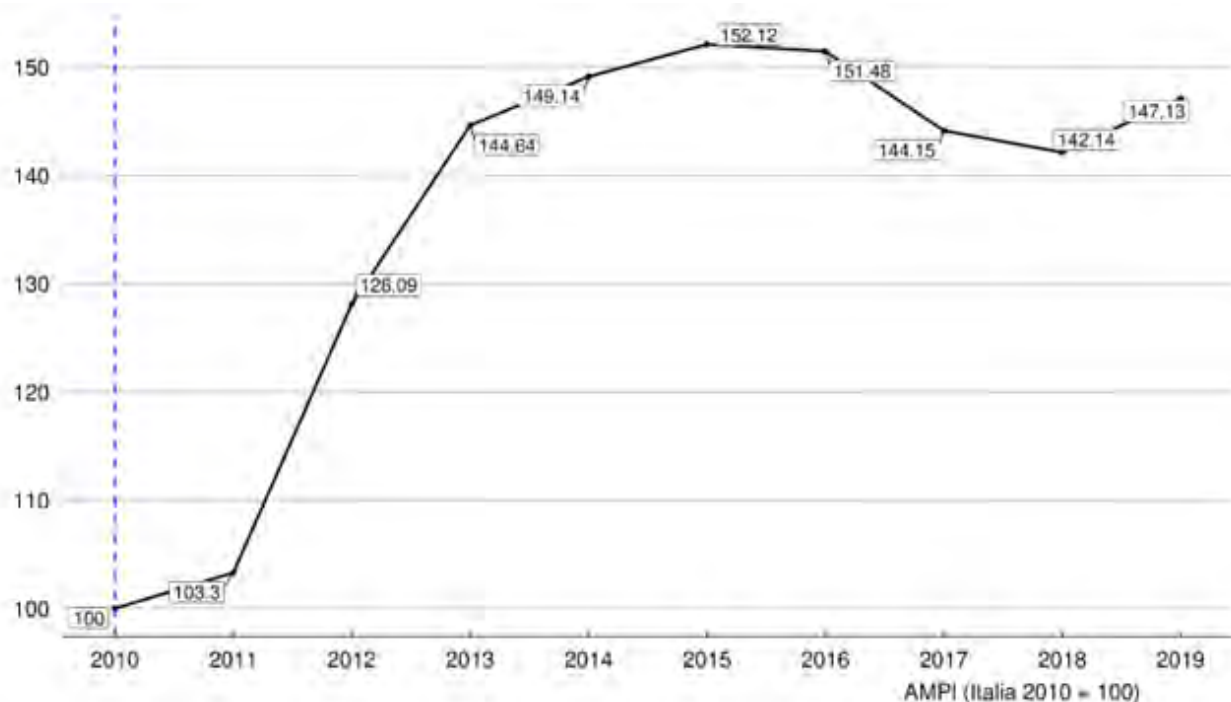
Fonte: ISPRA

Dalla Figura 2.6 si osserva che il valore AMPI del composito decresce di oltre 35 punti passando da 100 nel 2010, anno di riferimento, a 64,69 nel 2019. Tale andamento negativo è riconducibile a tutti e 4 gli indicatori elementari, che nel periodo considerato, evidenziano un progressivo peggioramento della situazione ambientale che monitorano.



Per monitorare i progressi verso un uso più efficiente delle risorse e la promozione di una crescita verde è stato costruito l'indicatore composito denominato **Uso delle risorse**, utilizzando 6 indicatori elementari: *Produttività delle risorse*¹, *Tasso di uso circolare dei materiali*, *Licenze e prodotti/servizi certificati con marchi ECOLABEL UE*, *Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali*, *Carbon Footprint* e *Material Footprint*. Il metodo AMPI è stato applicato ai dati disponibili per il periodo 2010 – 2019.

Figura 2.7: Indicatore composito Uso delle risorse (2010-2019)



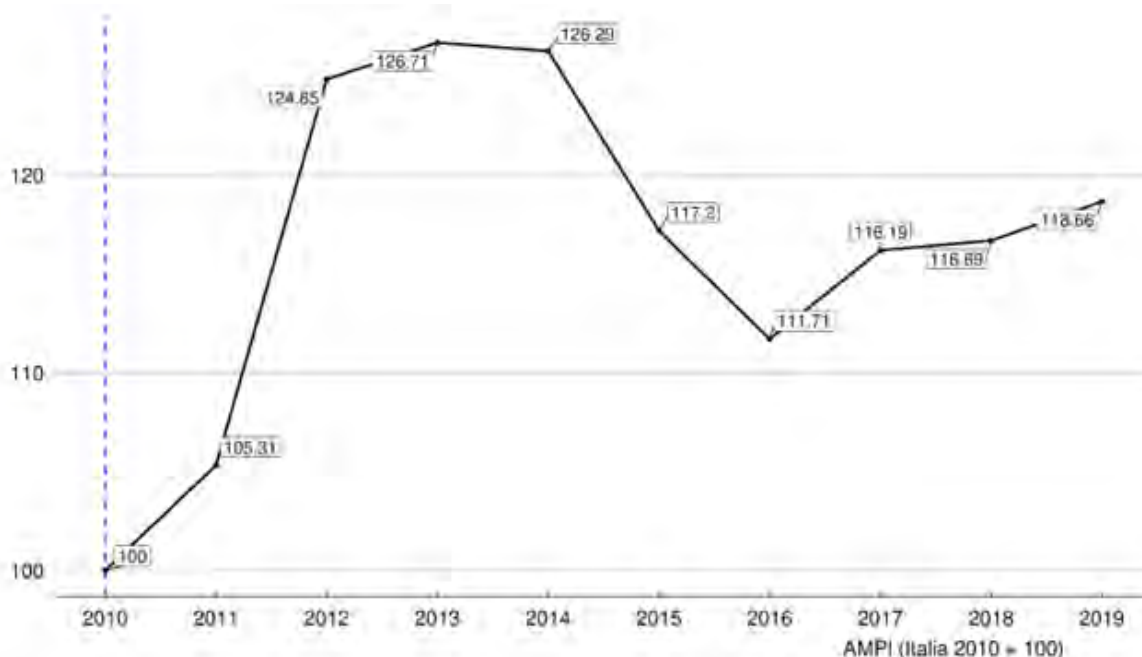
Fonte: ISPRA

Per l'intero periodo di analisi l'indice composito (Figura 2.7) mostra un miglioramento che determina il passaggio da 100, valore calcolato per il 2010 anno di riferimento, a 147,13 nel 2019. Il *trend* crescente è imputabile alla crescita dei valori degli indicatori *Produttività delle risorse*, *Tasso di uso circolare dei materiali*, *Licenze e prodotti/servizi certificati con marchi ECOLABEL UE* e *Quota di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali*, unitamente alla decrescita dei valori degli indicatori *Material Footprint* e *Carbon Footprint*. Si sottolinea in particolare la significativa diminuzione (-27%) dell'indicatore *Material Footprint*, che quantifica l'ammontare totale di materie prime estratte per soddisfare le esigenze del consumo finale e il forte incremento del *Tasso di uso circolare dei materiali* (+8 punti percentuali).

Per monitorare il progresso verso la gestione in sicurezza dei rifiuti e il loro sfruttamento come risorsa, con l'obiettivo di prevenire danni alla salute e all'ambiente, sono stati selezionati 11 indicatori riconducibili al tema dei rifiuti per costruire l'indicatore composito denominato, per l'appunto, **Rifiuti**. Nel dettaglio si tratta degli indicatori elementari: *Produzione di rifiuti speciali*, *Produzione di rifiuti urbani*, *Produzione di rifiuti urbani per unità di PIL*, *Percentuale di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti urbani*, *Riciclaggio di rifiuti da Costruzione e demolizione*, *Quantità di rifiuti urbani smaltiti in discarica (totale e per tipologia)*, *Quantità di rifiuti avviati al compostaggio*, *Quantità di rifiuti avviati alla digestione anaerobica*, *Quantità di rifiuti avviati al trattamento meccanico biologico*, *Quantità di rifiuti speciali smaltiti in discarica (totale e per tipologia)* e *Quantità di rifiuti speciali recuperati*. L'indicatore composito è stato calcolato per il periodo 2010 - 2019.

1 Rapporto tra Consumo di materiale interno e PIL

Figura 2.8: Indicatore composito Rifiuti (2010-2019)

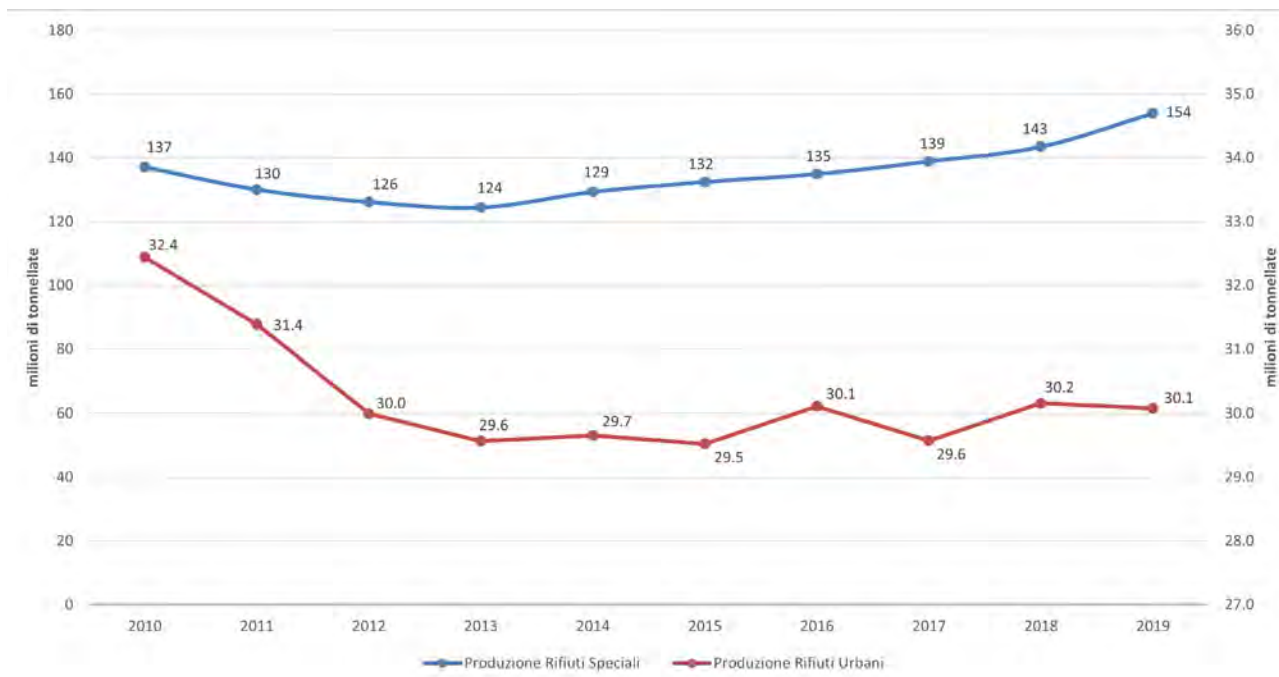


Fonte: ISPRA

L'andamento dell'indicatore costruito con metodo AMPI (Figura 2.8) risulta crescente nel primo triennio 2010-2013, raggiungendo nel 2013 il valore massimo pari a 126,7. Nel triennio successivo si evidenzia un comportamento opposto con una fase decrescente fino al 2016 (valore =112), cui segue un nuovo *trend* in crescita che, tuttavia, non permette di raggiungere però il valore massimo. Nel 2019, infatti, si registra il valore 118,7.

Si è provato ad indagare con maggior dettaglio l'andamento del composito valutando, separatamente, le componenti di rifiuti urbani e speciali. In Figura 2.9 si descrive il diverso andamento tra produzione di rifiuti urbani e speciali. Per i rifiuti urbani si osserva una diminuzione complessiva nel 2019 del 7,3% rispetto all'anno di riferimento, seppur con comportamento alterno negli anni. Per i rifiuti speciali, invece, si evidenzia una tendenza opposta che porta a un aumento della produzione complessiva nel 2019 del 12,3% rispetto al 2010. Nel dettaglio, si riconosce una prima fase di riduzione negli anni 2011-2013, cui segue una fase di crescita con tassi di crescita annuali in aumento, inizialmente compresi tra 1,8 e 3,9 % e che arrivano al 7,3% nel 2019.

Figura 2.9: Produzione di rifiuti urbani e speciali

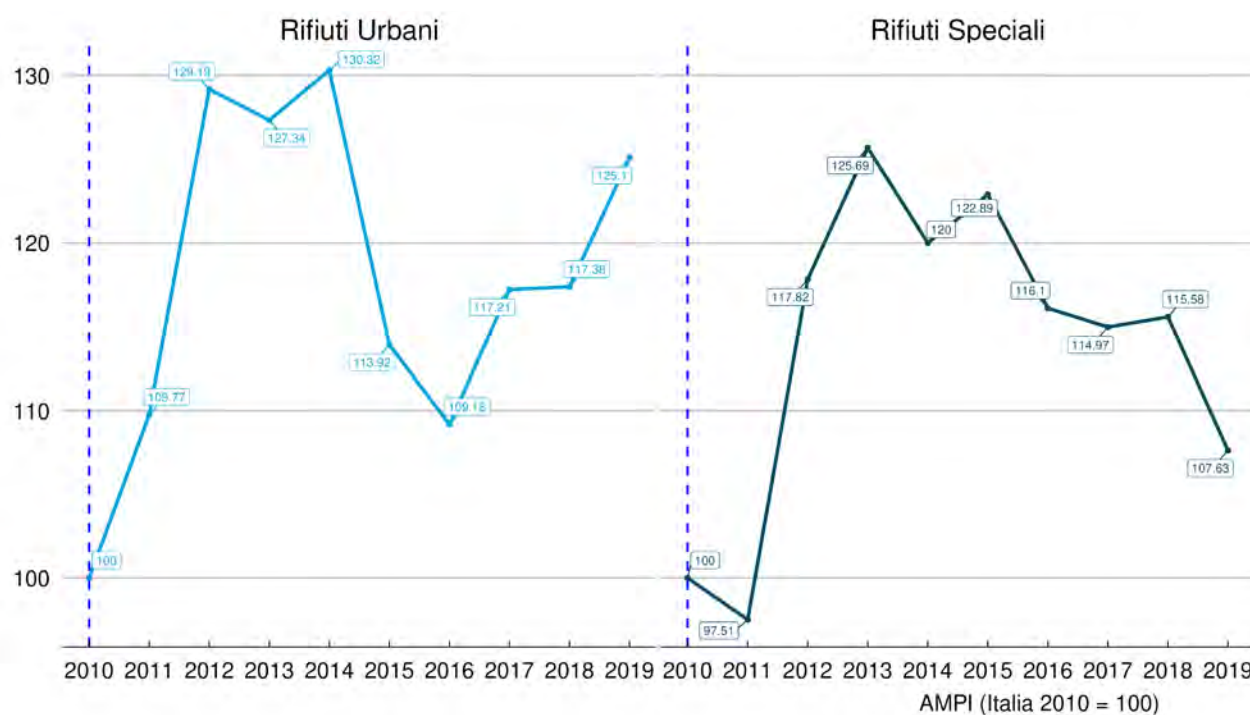


Fonte: ISPRA

A supporto di quanto appena detto, sono stati creati altri due indicatori compositi riferiti alla produzione e gestione di entrambe le componenti dei rifiuti e descritti in Figura 2.10, uno relativo ai rifiuti urbani, denominato **Rifiuti Urbani**, e uno relativo ai rifiuti speciali, denominato **Rifiuti Speciali**. I due indicatori sono stati creati, come per il composito *Rifiuti*, con metodo AMPI sul periodo 2010-2019.



Figura 2.10: Indicatori compositi Rifiuti Urbani e Rifiuti speciali (2010-2019)

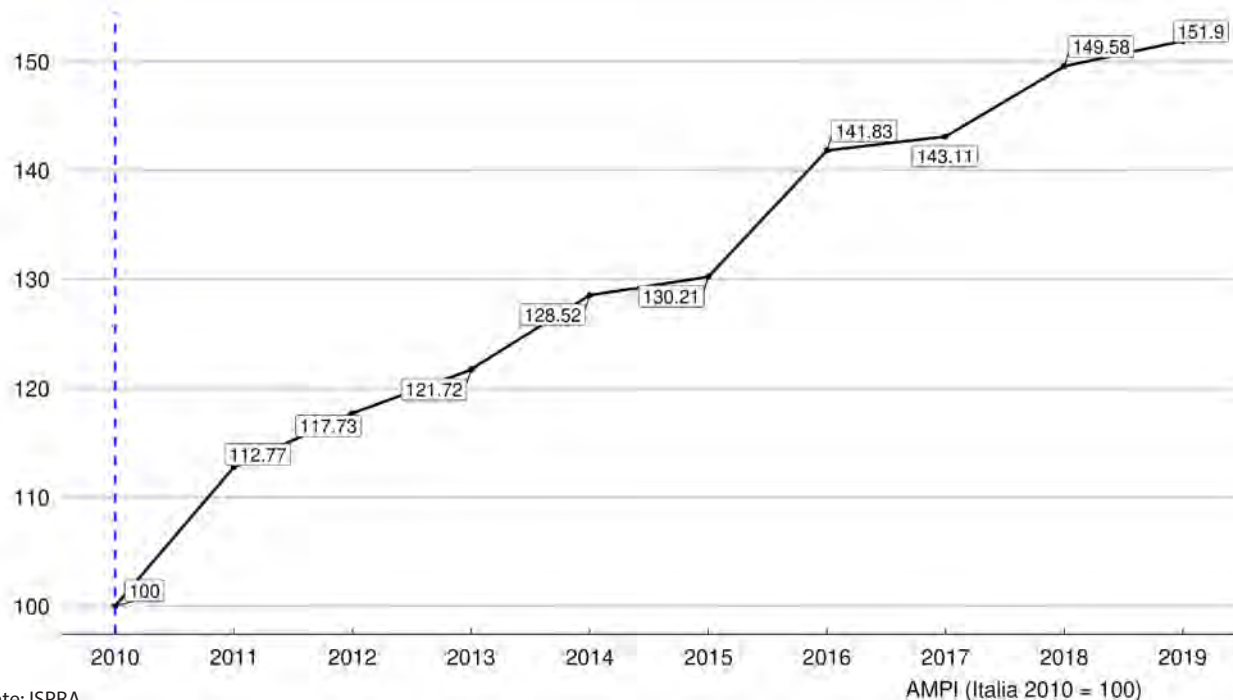


Fonte: ISPRA

Pur osservando, in Figura 2.10, in entrambi i casi un andamento complessivamente crescente e caratterizzato da due picchi positivi, si osserva per i rifiuti speciali un andamento peggiore rispetto a quello dei rifiuti urbani.

Si è scelto di costruire l'indicatore composito denominato **Qualità dell'aria** per valutare il miglioramento della qualità dell'aria *outdoor* e *indoor* in Italia, sulla base degli orientamenti dell'OMS. Sono stati selezionati 9 indicatori elementari. Di questi, 4 sono riferiti ai superamenti dei limiti di legge per la concentrazione di specifici inquinanti, ossia *Particolato PM10 (limite giornaliero)*, *Particolato PM2,5 (limite annuale)*, *Ozono troposferico (obiettivo a lungo termine)* e *Biossido di azoto (limite annuale)*. I rimanenti 5 indicatori monitorano le emissioni atmosferiche di *Monossido di carbonio*, *Particolato (PM10)*, *Sostanze acidificanti (SO_x, NO_x, NH₃)*, *Composti organici non volatili (CONVM)* e *Benzene*. I dati degli indicatori elementari sono stati aggregati per il periodo 2010-2019.

Figura 2.11: Indicatore composito Qualità dell'aria (2010-2019)

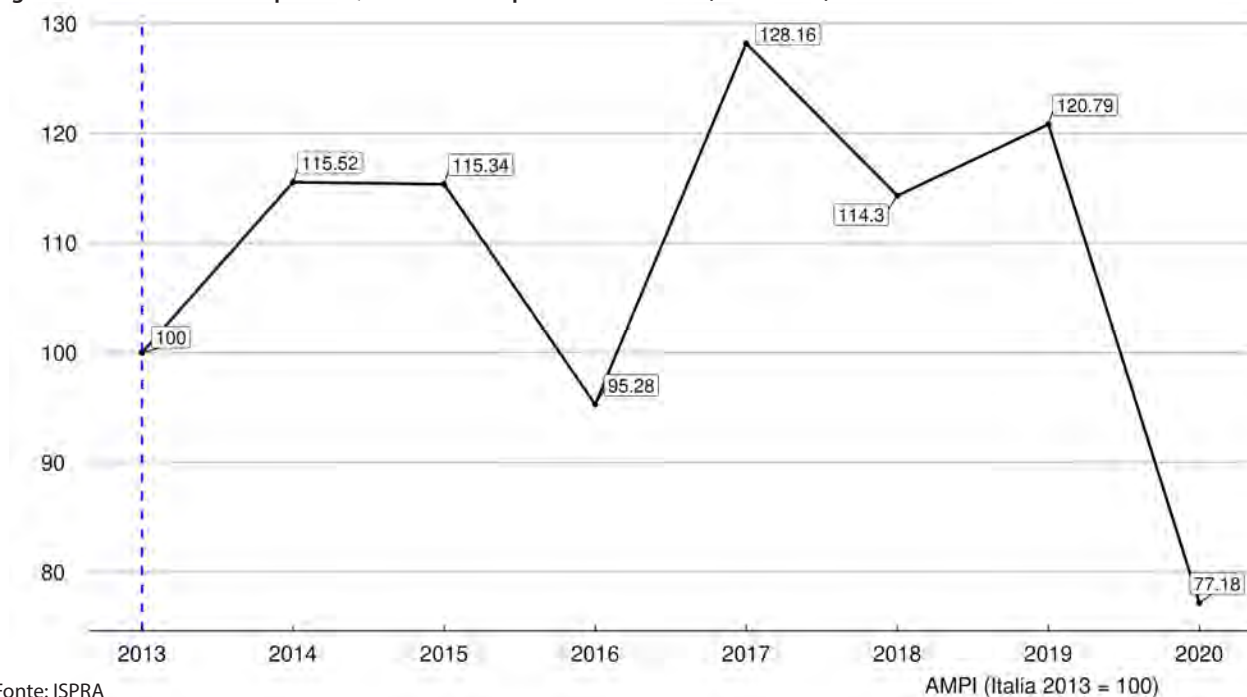


La Figura 2.11 mostra un andamento del composito in continua crescita per tutto il periodo 2010 – 2019 in cui è stato applicato il metodo AMPI, passando dal valore 100 dell'anno di riferimento 2010 a 151,9 del 2019, riconducibile ad un generale calo delle emissioni, con una conseguente riduzione delle concentrazioni dei principali inquinanti nell'aria (anche se ancora lontani dagli obiettivi).



L'indicatore composito denominato **Qualità delle acque di balneazione** è utile a valutare lo stato e la qualità delle acque di balneazione, ed è stato costruito utilizzando due indicatori: *Classificazione delle acque di balneazione* e *Concentrazione *Ostreopsis ovata**, limitatamente agli anni 2013 – 2020.

Figura 2.12: Indicatore composito Qualità delle acque di balneazione (2013-2020)

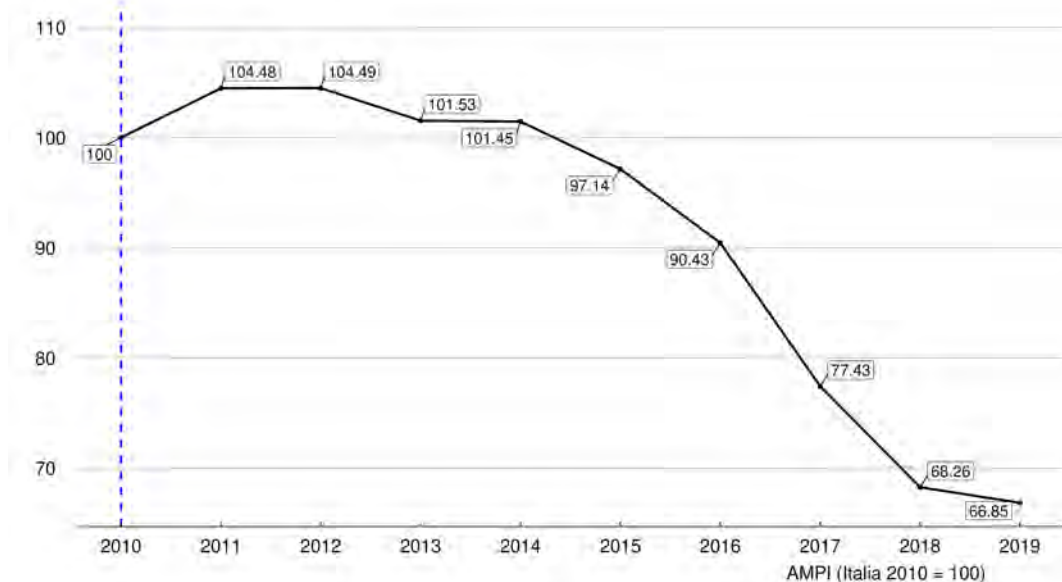


Fonte: ISPRA

L'andamento negativo dell'indicatore composito, elaborato per la prima volta in questa edizione, sembra soprattutto essere determinato dal *trend* in crescita dell'indicatore Concentrazione *Ostreopsis ovata*, per il quale si registra un incremento di circa 18 punti percentuali dal 2013 nonostante le riduzioni negli anni 2017 e 2019.

L'ultimo indicatore composito proposto in questa sezione è stato denominato **Prodotti fitosanitari**, finalizzato a monitorare e verificare che l'uso di tali prodotti sia sostenibile e non comporti effetti negativi per la salute umana o impatti inaccettabili sull'ambiente. Sono stati scelti i seguenti indicatori elementari: *Principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari*, *Superamenti degli Standard di qualità ambientale SQA nelle acque superficiali*, *Superamenti degli Standard di qualità ambientale SQA nelle acque sotterranee* e *Superficie Agricola Utilizzata biologicamente*. Il metodo AMPI è stato applicato ai dati relativi al periodo 2010-2019.

Figura 2.13: Indicatore composito Prodotti fitosanitari (2010-2019)



Fonte: ISPRA

Il composito *Prodotti fitosanitari* è elaborato per la prima volta in questa edizione e presenta (Figura 2.13) un incremento nel primo biennio 2011-12, cui segue un andamento fortemente negativo fino al 2019 dovuto alla alta variabilità degli indicatori, che determina una penalizzazione nel valore finale del composito nonostante il *trend* positivo degli indicatori elementari *Principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari* e *SAU biologica*.



2.3 Conclusione

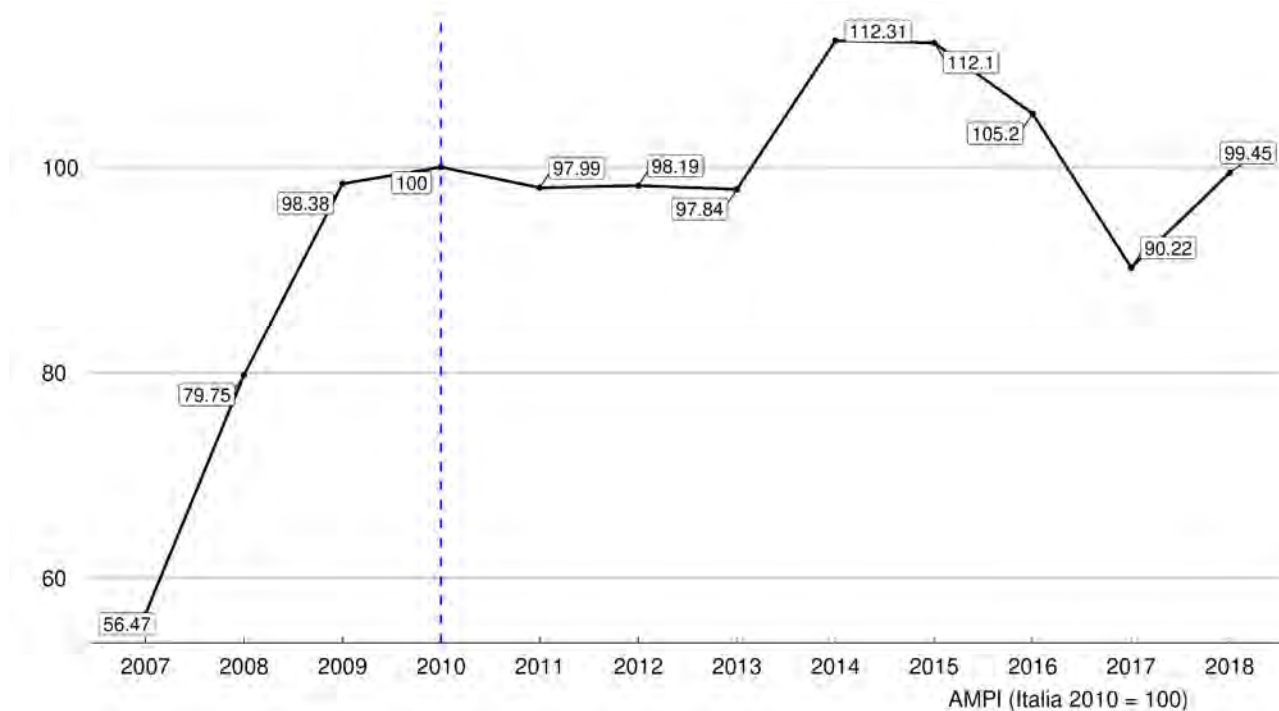
In conclusione, tenendo in considerazione il programma *Next Generation* EU, che fra i suoi scopi ha quello di spingere gli Stati membri a effettuare le riforme per accelerare la transizione ecologica, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), che rappresenta un'imperdibile occasione di sviluppo e rilancio per il nostro Paese e le nuove politiche ambientali in essere (*Green Deal*, SDGs, VIII Piano d'azione ambientale, ecc), tutte iniziative che confermano l'importanza dei quattro temi ambientali emergenti (Capitale naturale, Cambiamenti climatici, Economia circolare e Ambiente e salute) ed oggetto di questo studio sono stati presentati 11 indicatori composti costruiti con metodo AMPI. Al fine di fornire uno strumento per le analisi delle nuove politiche ambientali, in miglioramento rispetto ai precedenti tentativi di ISPRA, sono stati aggiunti i composti denominati Clima, Energia, Foreste, Suolo e territorio, Qualità delle acque di balneazione e Prodotti fitosanitari. Nonostante i progressi realizzati nella rappresentazione delle tematiche ambientali tramite indicatori aggregati, si riscontrano ancora limitazioni nella descrizione di numerosi temi per la mancanza di un numero di indicatori elementari sufficiente a realizzare una sintesi informativa tramite indicatori composti.

L'analisi dei risultati ottenuti per ogni tematica trattata si basa sul confronto tra i valori raggiunti dal relativo indicatore composto nell'ultimo anno di aggregazione, con quelli dell'anno considerato base. In questa ottica 5 degli 11 indicatori proposti registrano un miglioramento della propria posizione, ovvero vedono il composto crescere rispetto all'anno di riferimento 2010, mentre 5 indicatori composti, di cui 2 relativi alla dimensione Capitale naturale, 1 a Cambiamenti Climatici e 2 a Ambiente e salute, registrano un peggioramento. L'indicatore composto Biodiversità mostra infine un andamento pressoché costante.

A partire dagli indicatori composti descritti, si è deciso di arricchire la trattazione delle tematiche ambientali di interesse creando 4 indici composti finalizzati a descrivere complessivamente le 4 dimensioni relative ai macro-temi emergenti, denominate Capitale naturale, Cambiamenti climatici, Economia circolare, Ambiente e salute. I 4 indici, uno per ogni dimensione, sono stati costruiti aggregando gli indicatori composti attinenti alle rispettive tematiche; nello specifico, è stata selezionata la finestra temporale più ampia comune a tutti gli indicatori elementari considerati nei composti della dimensione, per poi ricalcolare gli indicatori composti e aggregarli a loro volta.

In particolare, per la dimensione Capitale naturale sono stati ricalcolati i vari indicatori composti per il periodo 2007 – 2018, rinunciando a utilizzare l'indicatore denominato Suolo e territorio per il quale sono disponibili dati solo dal 2015. Per i Cambiamenti climatici il periodo di analisi va dal 2006 al 2019, per l'Economia circolare dal 2010 al 2019 e per il tema Ambiente e salute gli indicatori composti delle dimensioni sottostanti sono stati ricalcolati per il periodo 2013-2019. Per le prime tre dimensioni descritte l'anno base è il 2010, mentre nell'ultimo caso l'anno di riferimento è il 2013. Si riportano di seguito i grafici che descrivono l'andamento dei composti per le 4 dimensioni.

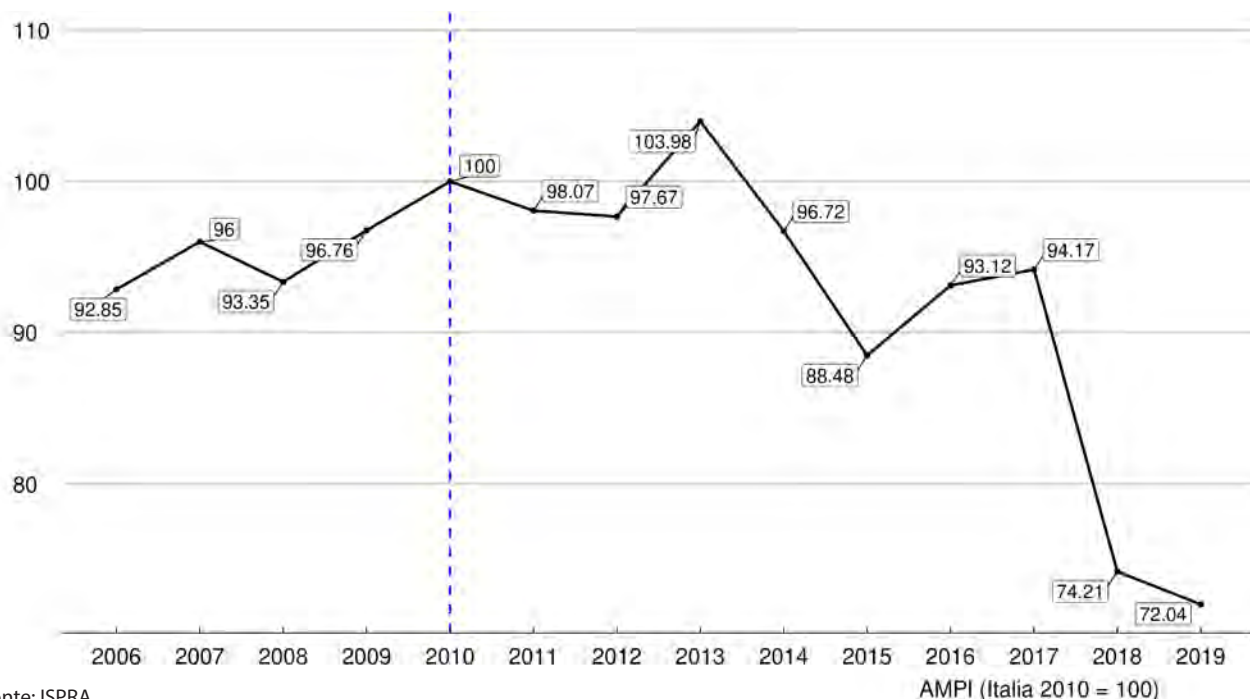
Figura 2.14: Indice composto Capitale naturale (2007-2018)



Fonte: ISPRA

I risultati ottenuti mostrano per il **Capitale naturale** un andamento inizialmente costante, poi un picco positivo tra il 2014 e il 2015 (dovuto probabilmente all'influenza dell'indicatore *Foreste* che nel medesimo periodo evidenzia una tendenza positiva), seguito da una fase di calo e da un lieve miglioramento nell'ultimo anno, fino a tornare pressoché al valore del 2010 (Figura 2.14). Tale andamento è anche dovuto alla esclusione dall'analisi dell'AMPI dell'indicatore composito Suolo e territorio (a causa della serie limitata dei dati) che invece evidenzia un *trend* negativo.

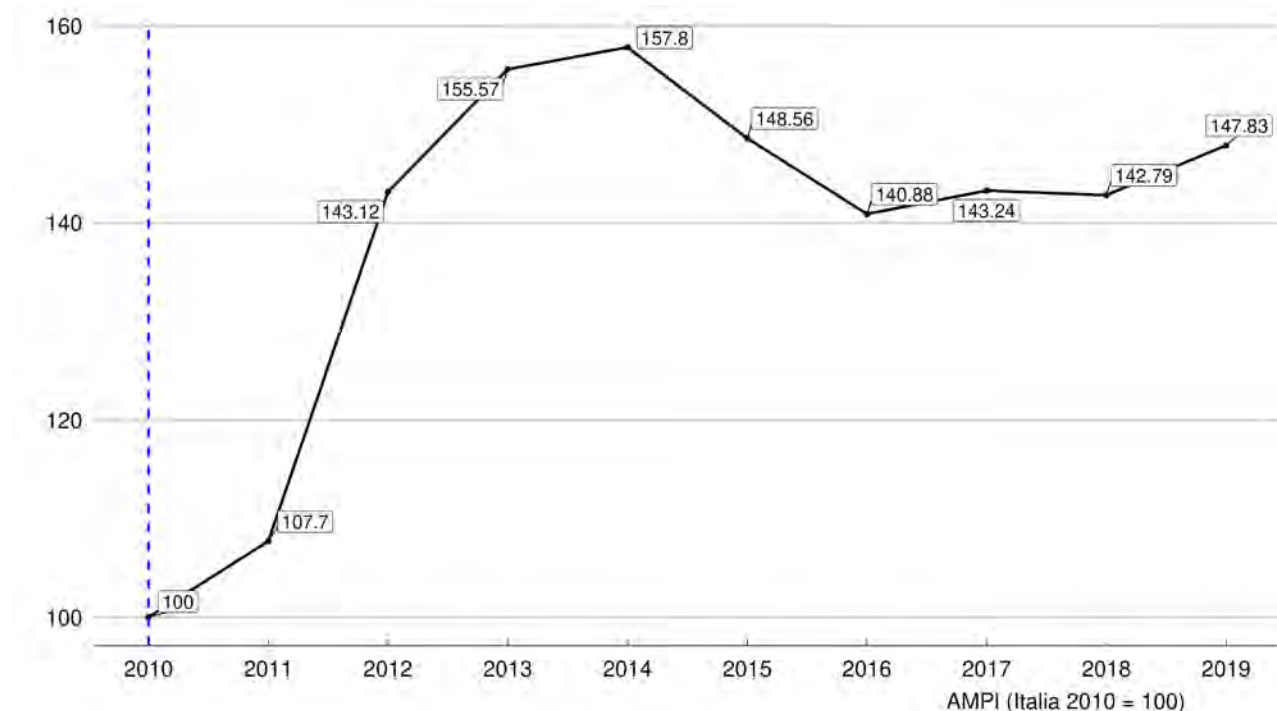
Figura 2.15: Indice composito Cambiamenti climatici (2006-2019)



Per l'indice **Cambiamenti Climatici** (Figura 2.15) si registra un andamento nel lungo periodo complessivamente negativo, nonostante sia presente il contributo positivo dell'indicatore composito *Energia*. Nel dettaglio, l'impatto positivo si ha grazie a una riduzione delle pressioni (emissioni gas serra) e a un miglioramento delle risposte dato da un incremento delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica.



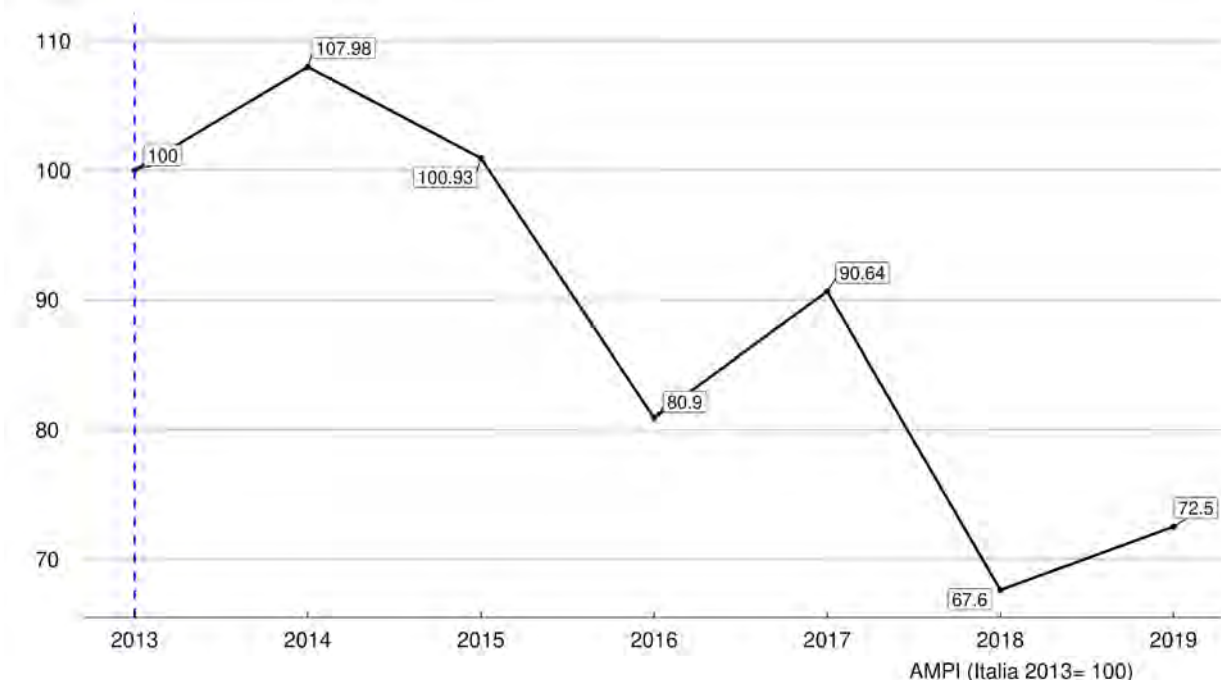
Figura 2.16: Indice composito Economia circolare (2010-2019)



Fonte: ISPRA

L'indice *Economia circolare* (Figura 2.16) è l'unico che mostra un andamento complessivamente positivo frutto di un minor consumo interno di materiali associato a un incremento della produttività delle risorse e alla migliore gestione dei rifiuti prodotti.

Figura 2.17: Indice composito Ambiente e salute (2013-2019)



Fonte: ISPRA

Infine, per l'indice composito **Ambiente e salute** (Figura 2.17) si registra un andamento nel lungo periodo complessivamente negativo, nonostante il contributo positivo dell'indicatore composito *Qualità dell'aria*. Nello specifico, l'impatto positivo è dato principalmente dalla riduzione delle sostanze inquinanti e delle polveri sottili, grazie anche al cambiamento del *mix* di combustibili, al minor uso di carbone e al miglioramento delle tecnologie impiegate.

Si propone di seguito (Tabella 2.3) un quadro sinottico riepilogativo degli andamenti degli 11 indicatori compositi e dei 4 indici compositi.

Tabella 2.3: Quadro sinottico riepilogativo degli andamenti degli indici e indicatori compositi

Indice e Indicatore composito	Andamento	Sintesi
INDICE CAPITALE NATURALE		I risultati ottenuti mostrano per il Capitale naturale un andamento pressoché costante, dovuto probabilmente alla stazionarietà dell'indicatore <i>Biodiversità</i> , all'influenza positiva dell'indicatore <i>Foreste</i> e alla esclusione dalla analisi dell'indicatore composito <i>Suolo e territorio</i> (a causa della serie limitata dei dati) che invece evidenzia un <i>trend</i> negativo.
Biodiversità		L'indicatore <i>Biodiversità</i> mostra una situazione pressoché stazionaria: influenzata positivamente dalle aree protette in espansione e controbilanciata negativamente dal numero di specie alloctone in aumento.
Acque marine		L'andamento del composito <i>Acque marine</i> è complessivamente negativo, a causa delle pressioni subite dal sovrasfruttamento degli <i>stock</i> ittici.
Suolo e territorio		L'incremento del consumo di suolo e della frammentazione del territorio, registrato nel periodo analizzato, determina un andamento negativo dell'indicatore composito <i>Suolo e territorio</i> .
Foreste		L'indicatore composito <i>Foreste</i> presenta un <i>trend</i> globalmente positivo, riconducibile al contributo delle foreste al ciclo globale del carbonio e alla riduzione della superficie forestale percorsa dal fuoco.
INDICE CAMBIAMENTI CLIMATICI		L'indice Cambiamenti climatici registra un andamento nel lungo periodo complessivamente negativo, nonostante il contributo positivo dato dalla riduzione delle emissioni dei gas serra e dall'incremento delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica.
Energia		L'indicatore <i>Energia</i> evidenzia un <i>trend</i> in netto miglioramento grazie ai progressi nazionali verso gli obiettivi del PNIEC i cui target sono l'aumento delle rinnovabili e la riduzione dei consumi energetici e delle emissioni dei gas serra.
Clima		L'indicatore composito <i>Clima</i> mostra un evidente tendenza negativa dovuta all'aumento della temperatura media e dal numero di giorni con onde di calore con conseguente scioglimento dei ghiacciai.
INDICE ECONOMIA CIRCOLARE		L'indice Economia circolare mostra un andamento complessivamente positivo frutto di un minor consumo interno di materiali associato a un incremento della produttività delle risorse e del tasso di uso circolare dei materiali e alla migliore gestione dei rifiuti prodotti.
Uso delle risorse		Il <i>trend</i> crescente dell'indicatore composito <i>Uso delle risorse</i> è imputabile alla crescita sia della Produttività delle risorse sia del Tasso di uso circolare dei materiali, unitamente alla decrescita dei valori del <i>Material Footprint</i> e <i>Carbon Footprint</i> .
Rifiuti		L'andamento dell'indicatore <i>Rifiuti</i> delinea un <i>trend</i> in miglioramento grazie in particolare alla riduzione della produzione dei Rifiuti urbani e al crescente perfezionamento della gestione degli stessi.

Indice e Indicatore composito	Andamento	Sintesi
INDICE AMBIENTE E SALUTE		L'indice Ambiente e salute registra un andamento nel lungo periodo complessivamente negativo, nonostante il contributo positivo dato principalmente dalla riduzione delle sostanze inquinanti e delle polveri sottili.
Qualità dell'aria		L'andamento del composito <i>Qualità dell'aria</i> risulta in continua crescita. Tale tendenza è riconducibile ad un generale calo delle emissioni, con una conseguente riduzione delle concentrazioni dei principali inquinanti nell'aria (anche se ancora lontani dal raggiungimento degli obiettivi).
Qualità delle acque di balneazione		L'andamento negativo dell'indicatore composito <i>Qualità delle acque di balneazione</i> sembra soprattutto essere determinato dal <i>trend</i> in crescita della concentrazione di <i>Ostreopsis ovata</i> .
Prodotti fitosanitari		Il composito Prodotti fitosanitari presenta un andamento fortemente negativo dovuto alla alta variabilità degli indicatori utilizzati, che determina una penalizzazione nel valore finale del composito nonostante il trend positivo dei Principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari e della Superficie Agricola Utilizzata biologica.

Fonte: ISPRA

CAPITOLO 3

SCENARI AMBIENTALI. UN PRIMO TENTATIVO SULL'ECONOMIA CIRCOLARE

ISPRA partecipa al dibattito sui *futures studies* (studi sul futuro) in ambito ambientale rivolgendo il proprio interesse all'esplorazione di futuri alternativi con un approccio *policy-oriented*. I *futures studies* consentono di approcciarsi al futuro inteso come molteplicità di futuri possibili, probabili e preferiti, piuttosto che come previsione di un singolo futuro. In altre parole, tale approccio prevede di creare e modellare il futuro in modo sistemico e partecipativo, piuttosto che considerarlo come qualcosa già deciso.

I metodi di *futures studies* sono utili nei processi decisionali in un'ottica di pianificazione strategica, ispirando i decisori con futuri e scelte alternative che costituiscono un valore aggiunto rispetto alla conoscenza convenzionale, dimostrandone inoltre la fattibilità tecnica ed evidenziando la pericolosità delle conseguenze dell'inerzia (Glenn, Gordon, & Dator, 2001). Pur non potendo conoscere il futuro, si possono esplorare possibili stati e conseguenze future, ottenendo considerazioni utili a prendere decisioni che influenzino gli eventi nel modo desiderato. In altre parole, le informazioni possono essere utilizzate per indirizzare le scelte strategiche o per validare e correggere quelle già intraprese/proposte.

Generalmente gli studi di supporto ai processi decisionali sono basati su metodi di studio del futuro quantitativi classici, i quali si basano sullo studio di dati storici. La loro capacità di descrivere il futuro è molto limitata, poiché è subordinata alla visione del futuro quale estensione del passato, ignorando i possibili eventi futuri inediti. D'altra parte, i metodi puramente qualitativi superano tale problema, ma mancano di fondamenta solide. Per quanto appena detto, generalmente si cerca di combinare metodi qualitativi e quantitativi per poter guardare al futuro in modo creativo, pur garantendo una base robusta alle valutazioni (Agami & Omran, 2008).

Per questo motivo l'obiettivo del lavoro presentato è di costruire un processo metodologico basato su un approccio semiquantitativo, che possa essere replicabile per i diversi temi ambientali. Il metodo usato per raggiungere tale obiettivo è la creazione di scenari che illustrano possibili futuri e i percorsi, fatti di decisioni e/o eventi, che ne determinano l'avverarsi. Gli scenari rientrano sia tra i metodi esplorativi, sia tra gli strumenti decisionali di supporto agli interventi normativi in essere o da programmare.

Nonostante la necessità di proporre *futures studies* ambientali, l'analisi dei mutamenti futuri dei sistemi ambientali è complessa poiché è elevato il numero di incertezze irriducibile ad essi connessi, primi fra tutti l'imprevedibilità del comportamento umano e la difficoltà nel determinare la connessione tra il sistema antropico e quello ecologico.

Attualmente gli studi quantitativi su temi ambientali affrontano prevalentemente i cambiamenti climatici e i consumi di energia, con pochi esempi disponibili per le altre tematiche ambientali (es. *Millennium Ecosystem Assessment*¹) che vengono trattate a livello qualitativo, con l'obiettivo di identificare i segnali di cambiamento, nonché la percezione attuale dei temi e la loro possibile evoluzione futura da parte di esperti. Per cercare di colmare questo vuoto, ISPRA presenta un'applicazione di *futures studies* sull'economia circolare. Il tema scelto è, assieme ai cambiamenti climatici, uno dei temi chiave a livello internazionale per quel che riguarda il rapporto uomo-ambiente. Esso rappresenta una delle leve principali della transizione "green" auspicata dall'*European Green Deal* e, a livello italiano, dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza e dal Piano di Transizione Ecologica.

Il presente studio si articola in una serie di capitoli che ripercorrono le fasi del progetto. Il paragrafo 3.1 contiene una breve descrizione del tema scelto e riporta definizioni, confini, considerazioni e assunzioni adottate per comprendere e descrivere l'economia circolare.

Il paragrafo 3.2 presenta un generico processo di studio del futuro, con una panoramica dei principali concetti relativi ai *futures studies* e una breve descrizione degli approcci e dei metodi disponibili. Nello stesso capitolo vengono illustrate le considerazioni e le motivazioni che hanno portato alla scelta dei modelli utilizzati nel presente lavoro, ossia l'analisi strutturale e la *Trend Impact Analysis*. I paragrafi 3.3 e 3.4 descrivono le fasi del progetto con focus sull'applicazione sull'economia circolare, mettendo in luce riferimenti teorici e assunzioni e proponendo un'interpretazione dei risultati ottenuti. Infine, il paragrafo conclusivo riassume i risultati del lavoro, evidenziando i potenziali sviluppi futuri, le criticità riscontrate e le possibili soluzioni per fronteggiarle. La lettura del testo è accompagnata da box di approfondimento su alcune terminologie tipiche del linguaggio dei *future studies*.

3.1 I *futures studies* ambientali e il tema scelto, l'economia circolare

Quando ci si riferisce all'*environmental foresight* si parla di studiare e conoscere le sfide e le opportunità ambientali future e della capacità di applicarle per cercare di creare un futuro sostenibile. Una progettazione, gestione e creazione di politiche efficienti in campo ambientale richiede il supporto della *foresight* e un suo aggiornamento continuo. Nonostante sia impossibile predire il futuro del complesso sistema socio-ecologico in cui siamo immersi, i *futures studies* possono offrire prospettive e metodi che aiutano i ricercatori, i decisori e gli *stakeholder* a esplorare futuri alternativi e ottenere informazioni che permettono di gestire al meglio i processi decisionali su tematiche ambientali (Bengston D., 2012). L'urgenza di trovare metodi di supporto alla pianificazione strategica per raggiungere l'obiettivo di un futuro sostenibile sta crescendo negli ultimi anni per l'acuirsi degli effetti di alcune

¹ La valutazione degli ecosistemi del millennio (Millennium Ecosystem Assessment - MEA) è un progetto di ricerca del 2001 supportato dalle Nazioni Unite che ha cercato di identificare gli effetti del comportamento umano sugli ecosistemi e creare scenari per il futuro. I risultati sono stati pubblicati nel 2005. <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html#1>

problematiche ambientali e per l'aumento della frequenza di eventi estremi inattesi e dell'aumento del ritmo del cambiamento (Bengston, Kubik, & Bishop, 2012). Basta pensare agli effetti del cambiamento climatico e alle conseguenze quali l'aumento della frequenza e intensità dei fenomeni atmosferici estremi, la siccità, l'innalzamento del livello dei mari e tutte le implicazioni socioeconomiche che i disastri determinano (ad esempio perdita dei raccolti, morte degli animali, distruzione di edifici e infrastrutture, morti, aumento della povertà).

Quando si parla di *futures studies* ambientali si può fare riferimento agli studi settoriali teorici che mirano a descrivere nel modo più dettagliato e preciso possibile i singoli temi ambientali trattati, o agli studi di valutazione integrata, nei quali l'approccio al futuro è solo una fase di un processo interdisciplinare e sociale che ha l'obiettivo di analizzare nella loro globalità i processi e i temi considerati, evidenziandone le interazioni. Lo scopo degli studi integrati, inoltre, è per definizione legato ai processi decisionali, per facilitare la costruzione e l'implementazione di politiche e strategie. Il caso studio proposto da ISPRA rientra nella seconda categoria e risponde alla volontà dell'istituto di approcciarsi alle problematiche ambientali in modo integrato e inclusivo, cercando di trattare temi che raramente sono studiati, come già esplicitato nell'introduzione. A partire dai modelli più classici di previsione, basati sull'estrapolazione di tendenza dai dati storici, l'approccio di ISPRA integra una quota di soggettività proponendo un processo semi-quantitativo il cui risultato è la produzione di scenari.

Come già evidenziato, le emissioni in atmosfera e i consumi energetici sono i temi ambientali per cui sono disponibili più studi e casi studio. Disponendo di serie storiche sufficientemente lunghe e dati con un elevato grado di dettaglio, i due temi vengono trattati con modelli quantitativi specifici ampiamente verificati, quali ad esempio il modello TIMES, che descrive il sistema energetico nazionale. Gli studi dei consumi energetici sono generalmente ricondotti a considerazioni e modelli economici, poiché si può assumere che essi dipendano principalmente dal livello di attività di un certo settore economico.

In generale, i problemi ambientali sono così complessi che il migliore approccio sembra quello *top-down*, che prevede di semplificare il problema e scomporlo in problemi più piccoli, o una combinazione di *top-down* e *bottom-up*. Oltre alla complessità, un altro problema che deve essere affrontato è la conoscenza del problema ambientale e la disponibilità di studi settoriali e di dati. Dovendo affrontare in modo integrato le questioni ambientali, è necessario disporre di studi settoriali che permettano di descrivere i problemi coinvolti e le loro interazioni, in modo tale da velocizzare il processo. Se tali studi non sono presenti e devono essere realizzati contestualmente al progetto, il tempo complessivo necessario per portare a termine il progetto aumenterebbe notevolmente, rendendo così meno flessibile e molto più impegnativo il processo. Un esempio calzante di quanto appena detto è costituito dai Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), la cui gestione e il cui recupero sono di estremo interesse, coerentemente con il concetto di *urban mining* e di circolarità, in quanto essi costituiscono una vera e importante risorsa di terre rare e metalli preziosi. Pur con la volontà di trattare il tema dei RAEE, non è stato possibile creare scenari in questo ambito poiché la raccolta dati sui flussi di RAEE presenta ancora delle criticità. Un altro tentativo è stato fatto cercando di lavorare sulla bioeconomia, ma la complessità del problema è difficilmente risolvibile e soprattutto la novità del tema è tale per cui ancora non sono ben note le relazioni con alcuni settori ambientali ed economici e non sono disponibili sufficienti dati.

Tra quelli analizzati, il tema ambientale più adatto all'approccio ISPRA si è rivelato essere l'economia circolare. La transizione dell'Europa verso un'economia circolare – dove il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è conservato nel sistema economico il più a lungo possibile con la loro restituzione al circuito produttivo al termine del loro uso (EPA Network, 2020) – è una componente dell'*European Green Deal* e costituisce uno dei cinque obiettivi della Strategia EEA/Eionet al 2030. L'obiettivo di questa politica è aiutare il settore produttivo e i consumatori europei a orientarsi verso un uso più sostenibile delle risorse, assumendo la prospettiva dell'intero ciclo di vita dei beni e servizi.

Figura 3.1: Il modello dell'economia circolare



Fonte: Parlamento Europeo¹

1 <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>

Il nuovo piano d'azione per l'economia circolare¹ della Commissione europea, adottato nel marzo 2020, comprende iniziative sul *design* dei prodotti, sulla riduzione dei rifiuti e su un ruolo più attivo dei consumatori, ai quali vengono assegnati maggiori diritti. Un'attenzione particolare è rivolta ai settori ad alto consumo di risorse, quali i settori dell'elettronica, delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, delle materie plastiche, del tessile e delle costruzioni. Un anno dopo, il Parlamento europeo ha adottato una Risoluzione² che invita la Commissione a proporre obiettivi vincolanti di breve e lungo termine relativi a una riduzione dell'uso delle materie prime e misure aggiuntive verso un'economia neutra in termini di emissioni di carbonio, sostenibile sotto il profilo ambientale, priva di sostanze tossiche e pienamente circolare entro i limiti del pianeta, entro il 2050.

Inoltre, l'economia circolare contribuisce alle politiche sullo sviluppo sostenibile e al raggiungimento degli impegni legati ai *Sustainable Development Goal* (SDG) dell'Agenda 2030.

A livello nazionale, l'economia circolare rappresenta la sesta missione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), il cui obiettivo è la "rivoluzione verde e transizione ecologica per migliorare la sostenibilità e la resilienza del sistema economico e assicurare una transizione ambientale equa e inclusiva". L'economia circolare costituisce inoltre uno dei cinque macro-obiettivi del Piano di transizione ecologica (Pte) che prende il nome di "transizione verso l'economia circolare e la bioeconomia".

Le definizioni di economia circolare sono tante quanti sono gli aspetti, e dunque i punti di vista, che questo concetto implica. L'individuazione di questa molteplicità è determinante quando ci si occupa della misurazione statistica di questa politica. La valutazione dei progressi verso un'economia circolare è fondamentale per capire come le sue diverse componenti si sviluppino nel tempo. Il monitoraggio aiuta a identificare gli elementi di successo, a comprendere l'efficacia delle azioni attuate, e costituisce una base analitica per individuare nuove priorità. Tuttavia, non esiste un indicatore onnicomprensivo per misurare la circolarità di un'economia, in quanto non sarebbe in grado di coglierne la complessità e le varie dimensioni.

In merito al monitoraggio dell'economia circolare, si ritiene utile citare l'iniziativa *The Bellagio Process: Monitoring progress in Europe's circular economy*, promossa dall'Agenzia Europea dell'Ambiente e ISPRA nel 2020. Prendendo spunto dai Principi di Bellagio sullo sviluppo sostenibile, dal 1996 riferimento autorevole per gli studi di sostenibilità e per la costruzione degli indicatori, l'iniziativa ha portato alla definizione di 7 principi per il monitoraggio delle politiche per l'economia circolare, con l'obiettivo di progredire verso l'armonizzazione degli sforzi compiuti dai numerosi attori del settore.

Principi di Bellagio:

1. Monitorare la transizione verso un'economia circolare
2. Definire i gruppi di indicatori necessari
3. Seguire i criteri di selezione (RACER) degli indicatori
4. Sfruttare un'ampia gamma di fonti di dati e informazioni
5. Assicurare un monitoraggio multilivello
6. Rendere possibile la misurazione del progresso verso gli obiettivi
7. Assicurare chiarezza e visibilità

L'attività si colloca nel contesto del nuovo Piano d'Azione per l'Economia Circolare della Commissione europea, in cui il monitoraggio dei piani e delle misure nazionali per accelerare la transizione verso un'economia circolare è una componente fondamentale da aggiornare e rafforzare rispetto al Piano d'Azione del 2015. Il monitoraggio dovrà essere in grado di tener conto degli aspetti specifici del nuovo Piano d'Azione e, in coerenza con il *Green Deal* europeo, delle interazioni fra circolarità, neutralità climatica e l'obiettivo 'inquinamento zero'.

La complessità dell'economia circolare rende difficile una valutazione di lungo periodo sulla sostenibilità ambientale, a causa della presenza di diverse tipologie di effetti non previsti, da tenere in considerazione nella scelta dei metodi di valutazione. Tale considerazione può portare alla conclusione che, aumentare la circolarità di un'economia non determina necessariamente una migliore sostenibilità ambientale complessiva, se quest'ultima viene valutata unicamente con la prospettiva della circolarità. Va comunque rilevato che, come accade per qualunque tentativo di valutazione degli scenari futuri, questo approccio deve scontare forti limiti nella disponibilità di dati, per esempio relativi ai futuri cambiamenti del *mix* energetico, dei processi di produzione e di riciclo e del comportamento dei consumatori. Ciononostante, si tratta di un esercizio utile ai decisori politici per quantificare e valutare determinate opzioni di politiche della circolarità e i loro impatti.

3.2 Il processo di studio del futuro

3.2.1 Il futuro tra *forecast* e *foresight*

Studiare il futuro significa cercare di anticipare quali eventi si svolgeranno e come, per descrivere gli stati futuri di un sistema di interesse a cui condurranno. In via generale, lo studio del futuro può essere associato

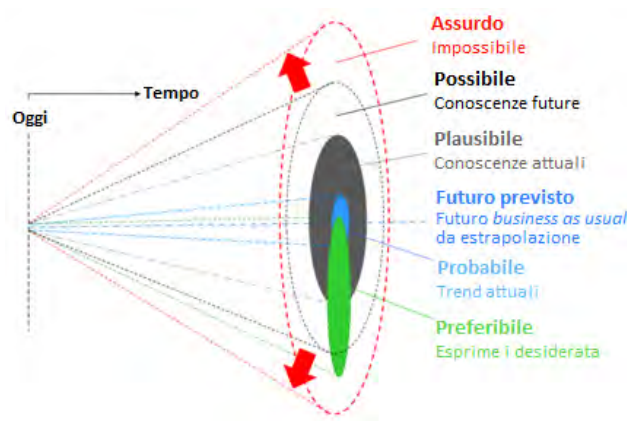
1 Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva. Brussels, 11.3.2020 COM(2020) 98 final.

2 Risoluzione del Parlamento europeo del 10 febbraio 2021 sul nuovo piano d'azione per l'economia circolare. P9_TA(2021)0040

al termine previsione, pur tuttavia non riuscendo ad apprezzare la differenza tra i diversi tipi di studi futuri, come invece si può fare utilizzando i termini inglesi *forecast* e *foresight*.

Con il termine *forecast* si indicano le previsioni in senso stretto, ossia basate su dati empirici o caratterizzate da una base scientifica, la cui peculiarità è il carattere quantitativo e la creazione di un unico futuro. Si guarda al futuro in un approccio "in avanti", pensando al futuro sempre a partire dai dati presenti e passati, che vengono processati usando modelli matematici rigorosi. Quando si parla di *foresight*, invece, si cerca di superare ed evitare questa impostazione legata all'estrapolazione di tendenze, integrando al processo elementi soggettivi quali la percezione o il giudizio degli esperti. La differenza principale consiste nel modo in cui si guarda al futuro: il *forecast* riprende la classica percezione del futuro come lineare e unico, mentre il *foresight* tiene conto dell'esistenza di una molteplicità di futuri alternativi che coesistono finché uno di loro non si realizza. Tale struttura viene descritta, in Figura 3.2, da un cono aperto che contiene tutte le possibilità, opportunità, sfide e rischi futuri. Il futuro previsto tramite estrapolazione di dati storici rientra nel cono dei futuri sottoforma di *projected future*.

Figura 3.2: Cono dei futuri



Fonte: Elaborazione da The voroscope

Si riesce ad indagare ulteriormente la differenza tra *foresight* e *forecast* facendo riferimento a una definizione proposta dal *United Nations Development Programme* (UNDP), il quale descrive il *foresight* come un termine "ombrello" che racchiude quei metodi innovativi di pianificazione strategica, formulazione di politiche e ricerca di soluzioni, che non predicono un unico futuro in un esercizio di *forecast*, ma che lavorano con molteplici futuri alternativi. L'obiettivo di questo modello sistematico e partecipativo, con visione al medio-lungo termine, è la costruzione di una conoscenza e un'intelligenza sul futuro per migliorare le azioni attuali e programmare e/o gestire azioni congiunte (UNDP, 2018).

Poter modificare il futuro in base alle azioni presenti implica che esso non sia una destinazione già decisa da azioni passate, quanto più un processo in divenire che è possibile influenzare, ribadendo il concetto che non si predice un futuro predeterminato, ma lo si costruisce (*European Foresight Platform*, 2020). In quest'ottica in itinere è giustificata, e quasi obbligata, la scelta di indagare futuri alternativi valutando cosa è possibile, cosa è probabile e quali sono i desiderata, con l'obiettivo di anticipare e possibilmente influenzare questi futuri per far avvenire quelli preferiti ed evitare i meno desiderati (Kubik, 2009). Il processo metodologico creato da ISPRA si propone di supportare il processo decisionale e la creazione di norme e strategie, pertanto, si ribadisce quanto appena detto, ossia il suo scopo non è di descrivere in modo dettagliato un unico stato futuro, quanto più di rendere i decisori capaci di approcciarsi in modo saggio ad esso e indagare le alternative che si potrebbero verificare. In base a quanto appena detto, da qui in avanti si parlerà di *foresight*.

Figura 3.3: Differenza tra *forecast* e *foresight*



Fonte: ISPRA

3.2.2 Gli approcci al processo di *foresight*

Un processo di *foresight* viene portato avanti quando si deve fronteggiare una specifica sfida o quando una situazione richiede decisioni strategiche, per esempio fissare le priorità di ricerca, formulare programmi nazionali e regionali a lungo termine o, ancora, definire piani d'azione e strategie. Ogni esercizio di studio del futuro descrive i possibili futuri desiderati e le rispettive "narrative" in modo specifico per il tema in analisi anziché ricorrere a futuri creati per altre situazioni. Ciò implica che ogni caso studio è basato su uno specifico e unico set di premesse, assunzioni, obiettivi, metodi e risultati.

Hines e Bishop (Bishop, Hines, & Collins, 2007) (Hines & Bishop, 2015) suggeriscono di rappresentare l'intero processo di previsione con il "*framework forecasting*", un insieme di sei fasi logiche, piuttosto che cronologiche.

Si sottolinea che non necessariamente uno studio necessita di tutte le fasi per essere completo. Si descrivono brevemente le sei fasi:

- *Framing*: analisi degli elementi a contorno del progetto quali il gruppo di lavoro, il pubblico cui lo studio è rivolto e gli obiettivi.
- *Scanning*: studio del problema/sistema di interesse, del contesto in cui è inserito e della sua storia, ma anche rivolta alla ricerca del migliore metodo utilizzabile per esaminare le informazioni relative al suo futuro.
- *Forecasting*: identificazione delle incertezze e i fattori che possono guidare il cambiamento del sistema, mediante l'analisi delle informazioni ricavate nella fase *scanning* per poi individuare gli strumenti disponibili e gli approcci che possono essere usati per studiare il futuro.
- *Visioning*: valutazione delle conseguenze della *forecast* e dei risultati per i soggetti interessati, per esempio amministrazioni o organizzazioni di vario tipo.
- *Planning*: una volta identificati i possibili futuri, sviluppo delle strategie individuazione delle scelte che devono essere intraprese per far realizzare il futuro desiderato.
- *Acting*: comunicazione dei risultati per trasformarli in piani d'azioni.

È evidente dal *framework* precedente descritto che uno dei primi *step* per approcciarsi al futuro consiste nel decidere con quale criterio si intende affrontare il problema.

Tabella 3.1: Gli approcci al processo di *foresight*

Approccio	<i>Futures studies</i>	• Approccio accademico • <i>Subject- o question-oriented</i> • Obiettivo: studio dettagliato di un argomento piccolo
	<i>Futures research</i>	• Rivolto ai decisori • <i>Decision-oriented</i> • Obiettivo: studiare il futuro di argomenti ampi e complessi per prendere decisioni consapevoli • Minor grado di dettaglio
	<i>Forward</i>	• Approccio esplorativo, deduttivo • Presente→Futuro • Studia gli eventi futuri che possono condurre ai futuri desiderati o attesi basandosi su estrapolazioni di dati passati
	<i>Backward</i>	• Approccio anticipatorio, induttivo • Futuro→Presente • Parte dal futuro scelto e lo collega al presente, svincolandosi dai dati passati, con meno rischio di ricadere in <i>forecast</i>
	Esplorativo	• Obiettivo: conoscere quanti più futuri possibili
	<i>Policy-related</i> (normativo)	• Si focalizza su un unico futuro, il più desiderabile • Obiettivo: creare una norma che permetta di raggiungerlo

Fonte: ISPRA

Lo studio di ISPRA rappresenta un primo tentativo di *foresight* in cui si cerca di unire la necessità di descrizioni quantificate e verificabili di stati futuri in campo ambientale, con l'attuale frequente mancanza di serie storiche adeguate (dovuta alla "giovane età" delle statistiche ambientali rispetto a quelle socio-economiche e alla presenza di serie non continue a causa dei cambiamenti nel monitoraggio imposti dalle normative) e la necessità di inserire una quota di soggettività per interpretare i risultati e la complessità dei sistemi naturali. Tale risultato può essere raggiunto utilizzando un approccio semi-quantitativo, che si evolve rispetto alla mera estrapolazione di tendenze e fornisce un ventaglio di futuri plausibili. Allo stesso tempo offre una soluzione per applicare i metodi quantitativi ai temi ambientali, che altrimenti non si adat-

terebbero a questo tipo di approccio. Nello specifico, dato l'interesse per gli aspetti "pratici" del processo di *foresight*, si identifica lo studio come un *futures research policy-oriented*, che non ha pertanto l'obiettivo di descrivere il tema scelto in tutte le sue sfaccettature, quanto più garantire un'ampia visione d'insieme che possa aiutare i decisori nel valutare politiche e strategie in quell'ambito. Supportare le decisioni politiche con uno sguardo al futuro permette di migliorare le capacità di adattamento e anticipazione del contesto di riferimento nel gestire imprevisti, innovazioni e crisi improvvise, grazie all'identificazione di opportunità strategiche emergenti e rischi, creando una gerarchia nella priorità di intervento. La trattazione di tematiche ampie richiede di fronteggiare numerose situazioni e problemi, il che implica l'utilizzo di una varietà di metodi e fonti, con il rischio di avere un'analisi così complessa da dover essere trattata in modo superficiale. D'altro canto, parte dell'analisi può essere approfondita senza un eccessivo dispendio di tempo integrando nel processo i risultati di altri *futures studies*, ossia studi accademici che costituiscono delle approfondite analisi settoriali. Uno degli obiettivi di questo studio è tentare di implementare un modello che permetta di sfruttare i risultati degli studi accademici tematici (*futures studies* e non solo) per supportare le scelte dei decisori. Ad esempio, si possono utilizzare i risultati per tentare di anticipare gli effetti di una nuova politica o si può creare lo scenario desiderato e a ritroso ricostruire la serie di azioni che devono essere necessariamente implementate per poterlo raggiungere, creando norme o strategie ad hoc. L'approccio *policy-oriented*, inoltre, spesso necessita di un'analisi del contesto economico, tecnologico, sociale e culturale in cui il sistema è inserito, ma a causa dei tempi ristretti richiesti dalle decisioni su strategie e politiche è pressoché impossibile realizzare uno studio completo. L'utilizzo di metodi che rientrano nei *futures studies* permette di semplificare e velocizzare l'analisi, compensando il minor grado di dettaglio con la compatibilità tra i tempi di analisi e i tempi richiesti dai decisori. Il lavoro qui descritto costituisce solo un primo tentativo di ISPRA nell'approccio ai *futures studies*, motivo per cui esso si concentra più sulla definizione e sulla validazione di un modello, che sui risultati.

3.2.3 Ricognizione dei metodi

Una volta definito l'approccio, devono essere scelti i metodi che si intendono utilizzare nel processo, in modo tale che essi siano compatibili con il tema trattato, con l'approccio scelto e con gli obiettivi del progetto, con le competenze del gruppo di lavoro, con i materiali e i dati esistenti e, infine, con i tempi disponibili. La natura transdisciplinare dei *futures studies* fa sì che essi sfruttino una pluralità di metodi, alcuni dei quali creati dai futuristi e altri già esistenti mutuati da altri campi; esistono numerose raccolte complete ed esaustive di metodi e la più vasta è costituita dal "*Futures Research Methodology 3.0*", che ne cataloga ben 36. Si ripropone una lista dei metodi presentati nel documento appena citato, specificando se il metodo è quantitativo o qualitativo e se viene usato a scopo esplorativo o normativo. La distinzione tra metodo esplorativo o normativo richiama quanto appena detto per gli approcci: nel primo caso si indagano quanti più futuri possibili, mentre nel secondo caso ci si concentra sui futuri che possono fornire indicazioni utili per la definizione di una norma. Si dicono quantitativi tutti i metodi che usano equazioni e leggi statistiche per prevedere il futuro esclusivamente in base ai dati passati, producendo previsioni (*forecast*) che considerano il futuro come un'estensione del passato, mentre vengono detti qualitativi quei metodi che sono basati sul giudizio degli esperti e altre forme di soggettività o che integrano tali giudizi alle considerazioni quantitative sui dati. I metodi quantitativi ben si adattano a problemi già strutturati con orizzonti temporali di breve o medio termine, mentre i metodi qualitativi sono più adatti a problemi complessi non strutturati con orizzonti temporali lunghi o molto lunghi.

Tabella 3.2: Lista dei metodi di *foresight* descritti nel *Futures Research Methodology*

Metodo	Quantitativo	Qualitativo	Normativo	Esplorativo
Agent modeling		X		X
Casual layered analysis		X		X
Chaos and non-linear system	X			X
Cross-impact analysis	X			X
Decision modeling	X			X
Delphi method		X	X	X
Econometric and statistical modeling	X			X
Environmental scanning		X		X
Field anomaly relaxation		X		X
Futures polygon	X	X	X	X
Futures wheel		X	X	X
Genius forecasting		X	X	X
Interactive scenarios		X	X	X
Morfological analysis		X	X	

Metodo	Quantitativo	Qualitativo	Normativo	Esplorativo
Multiple perspective		X	X	X
Participative methods		X	X	
Prediction markets	X		X	
Relevance trees		X	X	
Robust decisionmaking	X			X
Scenarios	X	X	X	X
Science and technology roadmapping	X	X	X	X
Simulation-gaming		X		X
State of the future index	X	X	X	X
Structural analysis	X	X		X
Substitution analysis				
Systems modeling	X			X
Technological sequence analysis		X	X	
Text mining		X	X	X
Trend impact analysis	X			X
Visioning		X	X	
Wild cards	X	X		X

Fonte: Futures Research Methodology

Tra i numerosi metodi citati, come già detto, non ne esiste uno universale che possa essere applicato in tutte le situazioni, pertanto, dopo aver scelto l'approccio che si intende usare e aver definito le condizioni al contorno, è necessario cercare il metodo più adatto al caso in esame. I "futurologi" sottolineano che generalmente non è sufficiente utilizzare un unico metodo per l'intero processo di *foresight*, ma che si debba fare riferimento a una pluralità di metodi, ognuno dedicato a una diversa dimensione del problema, per poter sfruttare i punti di forza di ogni metodo e usarli per coprire le lacune gli uni degli altri. Si deve tenere conto, infine, che ogni metodo è in evoluzione continua, come ci si aspetta da una disciplina che studia il futuro.

3.2.4 L'approccio di ISPRA e i metodi scelti

Tra i metodi disponibili, per il progetto sull'economia circolare si è scelto di creare degli scenari, metodo detto *Scenario planning* (in Tabella 3.2 "*Scenarios*"), affiancando altri due metodi semiquantitativi ossia l'analisi strutturale (in Tabella 3.2 "*Structural analysis*") e la *Trend Impact Analysis*. Il metodo degli scenari è stato sviluppato da *Herman Kahn* negli anni '60 ed è stato ampiamente applicato in diversi campi e, a differenza di altri metodi, negli ultimi anni viene sempre più adottato con i temi ambientali. Lo scenario è considerato l'archetipo dei prodotti dei *futures studies*, poiché esso racchiude tutti i principi chiave della disciplina: è creato pensando in modo profondo e creativo al futuro, inoltre descrive situazioni così incerte che non si può prescindere dalla creazione di molteplici futuri plausibili (Bishop, Hines, & Collins, 2007). Esistono più di venti definizioni del termine scenario, che possono essere sintetizzate dicendo che lo scenario è il prodotto di un processo di *foresight* che descrive possibili futuri e/o la catena di eventi che li possono generare. Una delle più significative (Glenn, Gordon, & al, 2009) definisce l'*output* dell'analisi degli scenari come un insieme di storie o narrative che rappresentano una serie di plausibili futuri il cui obiettivo è di poter aiutare i decisori a costruire le capacità di adattamento necessarie ai sistemi per essere più resilienti al cambiamento, preparandoli a una varietà di opzioni. La molteplicità di definizioni, approcci e tecniche richiede l'analisi e la spiegazione dei termini che più comunemente vengono confusi.

Tabella 3.3: Definizioni e disambiguazione dei termini per la descrizione dello scenario

Definizioni	
Scenario planning	Indica l'intero processo di <i>foresight</i>
Scenario development	Fase del processo in cui si creano le storie che costruiscono il futuro
Futuro alternativo	Descrizione di un plausibile stato futuro
Scenario	In senso stretto: storia che descrive un plausibile futuro. In senso ampio: stato futuro che si può verificare, senza tenere conto della descrizione o meno della sua storia (definizione più usata). La sovrapposizione con il termine "futuro alternativo" è valida solo se lo scenario è inteso in senso ampio, in caso contrario alla descrizione dello stato futuro finale si deve associare la descrizione della serie di eventi che lo determina.

Fonte: Elaborazione ISPRA da Bishop, Hines, & Collins, 2007

Tra i metodi descritti nella Tabella 3.3 Bishop, Hines e Collins (Bishop, Hines, & Collins, 2007) hanno identificato una ventina di metodi utilizzabili per la creazione di scenari e li hanno suddivisi in otto categorie distinte in base alle peculiarità dei metodi. Facendo l'esempio più calzante per il progetto di ISPRA, la *Trend Impact Analysis* rientra nell'ottava categoria che raccoglie tutti i metodi di *modeling*, ossia quei metodi costituiti da un insieme di equazioni che definiscono l'effetto di alcune variabili su altre, restituendo il valore delle variabili *target* per l'orizzonte temporale scelto o fornendo grafici che mostrano i relativi *trend*. L'analisi strutturale, invece, non rientra in questa classificazione poiché essa non permette di creare uno scenario, quanto più di approfondire la conoscenza del problema di interesse, identificandosi pertanto come un modello di supporto alla creazione degli scenari da utilizzare in una fase precedente.

Un'altra classificazione significativa è quella che divide i metodi in tre gruppi: modelli *top-down*, modelli *bottom-up* e *accounting models*. Pur avendo caratteristiche diverse, i tre approcci non sono alternativi e la migliore tecnica in un esercizio di *foresight* consiste nell'integrarli per sfruttare tutti i loro vantaggi. In un modello *top-down* si descrive il sistema dal generale al particolare, fornendo innanzitutto una panoramica del problema, per poi suddividerlo in sottosistemi. Sono esempi di modelli che usano questo approccio i modelli CGE (*Computable General Equilibrium*) o gli *input-output*. I modelli *bottom-up* descrivono il sistema in modo opposto, dal particolare al generale, partendo dagli elementi base e giungendo alla descrizione d'insieme del sistema complesso. Questa visione meglio si adatta ai problemi ambientali. Infine, gli *accounting models* consentono di creare una struttura semplice e flessibile del problema che possa essere usata per creare dei modelli poco complessi e facilmente convertibili in modelli più dettagliati successivamente.

Nel caso studio sull'economia circolare si è cercato di rispettare il più possibile quanto appena detto, integrando approcci e metodi differenti. L'argomento degli scenari nel settore pubblico è diventato rilevante solo di recente e ora lo si sta affrontando con una certa urgenza anche a livello europeo, tuttavia, la novità e la complessità dell'argomento rendono difficile, o quanto meno dispendioso in termini di tempo, creare modelli ad hoc (*accounting models*) sufficientemente dettagliati. Per approcciarsi al problema e per velocizzare la valutazione integrata, sono stati utilizzati come supporto al progetto numerosi *futures studies* qualitativi sull'economia circolare o temi collegati, quali risultati di *horizon scanning* e analisi dei *megatrend* a livello globale/nazionale o a livello settoriale. Per quanto detto in questo capitolo e nei capitoli precedenti, si è deciso di procedere con un approccio semi-quantitativo articolato in due fasi: la semplificazione del problema complesso e la creazione degli scenari. In entrambi i casi sono stati utilizzati metodi semiquantitativi che uniscono all'affidabilità dei dati, la soggettività del giudizio degli esperti, fondamentale per poter sondare il futuro in modo creativo.

3.2.5 Le fasi del processo

La scelta della struttura metodologica costituisce la colonna portante di ogni esercizio di *foresight*. Come già visto nei paragrafi precedenti, la scelta dei metodi impiegati nell'esercizio e la loro organizzazione rispetto alle varie fasi del processo è uno dei passi più delicati nella costruzione di questa struttura. Inoltre, pur mantenendo lo scheletro del processo, la struttura può subire continue modifiche e adattamenti a seguito di osservazioni da parte degli esperti o degli *stakeholders* coinvolti, nonché a causa di osservazioni fatte durante lo svolgimento del processo stesso.

Figura 3.4: L'approccio di ISPRA al *foresight*



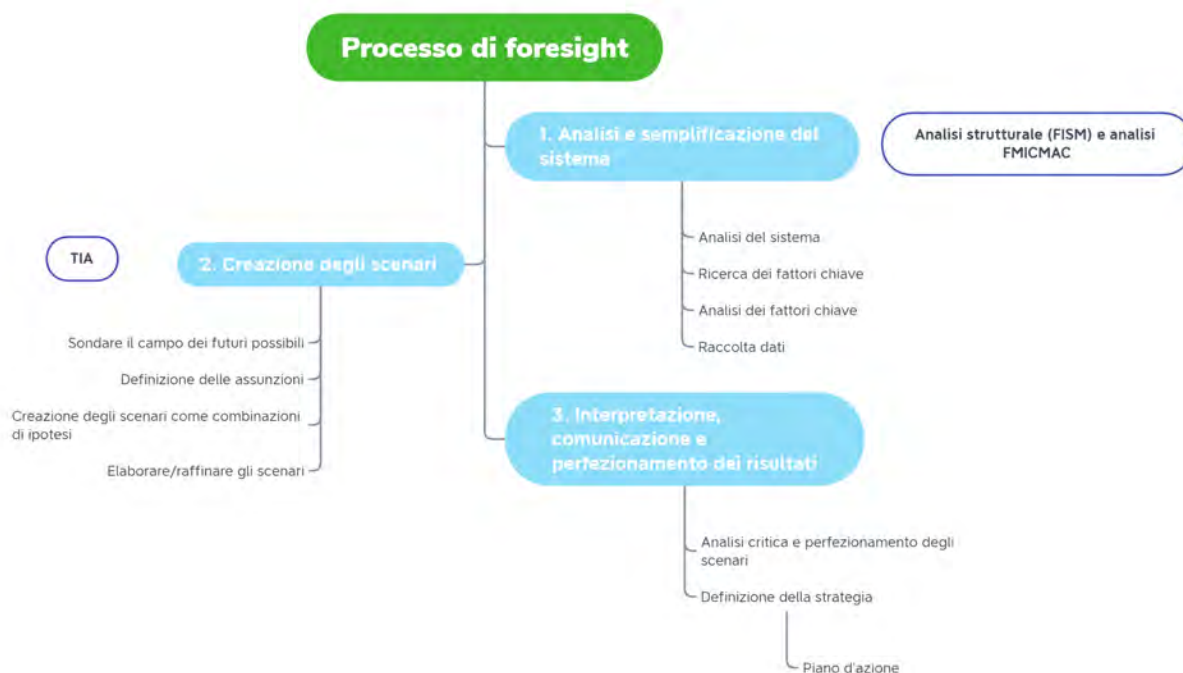
Fonte: ISPRA

In generale il processo di creazione di futuri strategici comprende due fasi principali: lo studio del problema e della condizione attuale, con una particolare attenzione per l'identificazione dei fattori chiave, e la costruzione degli scenari. A valle della creazione dello scenario si deve prevedere l'interpretazione, la revisione e la comunicazione dei risultati. Nel caso in cui lo scenario sia inserito in un progetto di pianificazione strategica, si deve considerare un'ulteriore fase che traduca tale scenario in una serie di azioni concrete. In altre parole, l'esercizio deve svolgere tre funzioni, con riferimento alla Figura 3.2:

- 1) la diagnosi, per capire dove siamo, rappresentata dalla fase 1 - Analisi e semplificazione del sistema;
- 2) la prognosi, per ipotizzare ciò che potrebbe accadere, come descritto nella fase 2 - Creazione degli scenari";

- 3) la prescrizione, per decidere cosa si deve fare, in accordo alla fase 3 - Interpretazione, comunicazione e perfezionamento dei risultati”.

Figura 3.5: **Workflow** sintetico del processo di *foresight*



Fonte: ISPRA

Il primo passo consiste nell'analizzare il sistema e ridurne la complessità, nonché identificare le variabili essenziali, per mettere in evidenza su quali elementi del problema si deve concentrare la ricerca delle forze motrici o degli elementi di incertezza che possono più facilmente e intensamente influire sull'evoluzione del problema. Nella seconda fase, si cerca di decifrare i meccanismi che regolano attualmente l'esistenza e l'evoluzione delle variabili di interesse. Comprendere il problema e il suo funzionamento aiuta a formulare domande chiave che siano rilevanti per la sua evoluzione sul lungo termine, fornendo così una base solida alle assunzioni successive. Conclusa l'analisi si passa al cuore del processo, ossia la creazione vera e propria di uno o più scenari, le cui caratteristiche dipendono dall'approccio e dai metodi che si è scelto di adottare. Creato lo scenario, se ne deve verificare la coerenza (Glenn, Gordon, & al, 2009). Se l'obiettivo dell'esercizio è di fornire indicazioni pratiche, gli scenari generati devono essere migliorati e affiancati dalla creazione di politiche, strategie o piani d'azione. Tanto più elevato è il numero degli scenari generati, tanto più sarà difficile la loro traduzione in una serie di azioni, motivo per cui generalmente si suggerisce di creare non più di 4-5 scenari per ogni esercizio, i quali, nonostante il numero limitato, devono coprire tutto il campo del possibile. La creazione delle strategie dovrebbe essere un processo iterativo, per garantire la giusta corrispondenza tra strategie e scenari.

3.3 L'analisi strutturale

3.3.1 Introduzione al metodo

L'analisi strutturale rientra tra quei metodi deputati allo studio di problemi complessi, con l'obiettivo di crearne una struttura definita e/o di ridurne la complessità suddividendoli in problemi più piccoli da affrontare singolarmente. La specificità dell'analisi strutturale, rispetto agli altri metodi di analisi, consiste nel rappresentare il sistema attraverso un set di variabili chiave, che potenzialmente influenzano il problema di interesse, utilizzando le proprietà delle matrici (*European Foresight Platform*, 2020). Il suo scopo è, pertanto, quello di descrivere la struttura dei rapporti tra le variabili che caratterizzano il sistema con l'obiettivo di rappresentare in modo esauriente il sistema studiato e ridurne la complessità alle variabili-chiave. L'analisi si articola in tre fasi principali:

- censimento delle variabili;
- ricostruzione dei rapporti nella matrice dell'analisi strutturale;
- ricerca delle variabili-chiave.

Per fare chiarezza, i termini "variabile" e "fattore" sono qui intesi come sinonimi e rappresentano gli elementi che costituiscono e/o influenzano il sistema. Il censimento delle variabili deve tenere conto di tutti

i fattori, interni, esterni e attori principali, che caratterizzano il sistema e il suo ambiente. In un approccio sistemico, una variabile esiste soltanto per le relazioni che intrattiene con le altre variabili, pertanto il passo successivo consiste nello studio dei rapporti che intercorrono tra esse, con lo scopo di individuare i fattori chiave del sistema e le relazioni più importanti, riducendo così la complessità del problema. Lo studio delle relazioni avviene grazie a una matrice detta “matrice d’analisi strutturale” compilata da un gruppo di lavoro dedicato. L’ultima fase dell’analisi strutturale consiste nell’identificazione delle variabili-chiave, ossia quelle variabili che hanno un’importanza maggiore nel sistema, intesa in senso di maggior numero di relazioni e maggiore capacità di influenzare il sistema.

Un difetto della tecnica consiste nel basso grado di dettaglio dell’analisi, che permette solo di valutare se una relazione tra i fattori esiste, senza tenere conto della sua intensità. Il problema può però essere superato integrando al modello la logica *fuzzy*, che permette di differenziare l’intensità delle relazioni quantificandola con valori compresi tra 0 e 1. Un altro difetto è, secondo alcuni, la natura soggettiva/interpretativa della scelta delle variabili e delle valutazioni relative all’esistenza, direzione e intensità delle relazioni, ricavate sulla base del giudizio degli esperti. In realtà, se, come in questo caso, l’analisi si inserisce in un contesto che di per sé presuppone una quota di valutazioni qualitative, come la creazione di scenari in un esercizio di *foresight*, la soggettività nella semplificazione risulta coerente con le scelte successive. Sicuramente, una problematica della tecnica è che si tratta di un processo dispendioso in termini di risorse temporali e umane.

3.3.2 I metodi FISM e FMICMAC

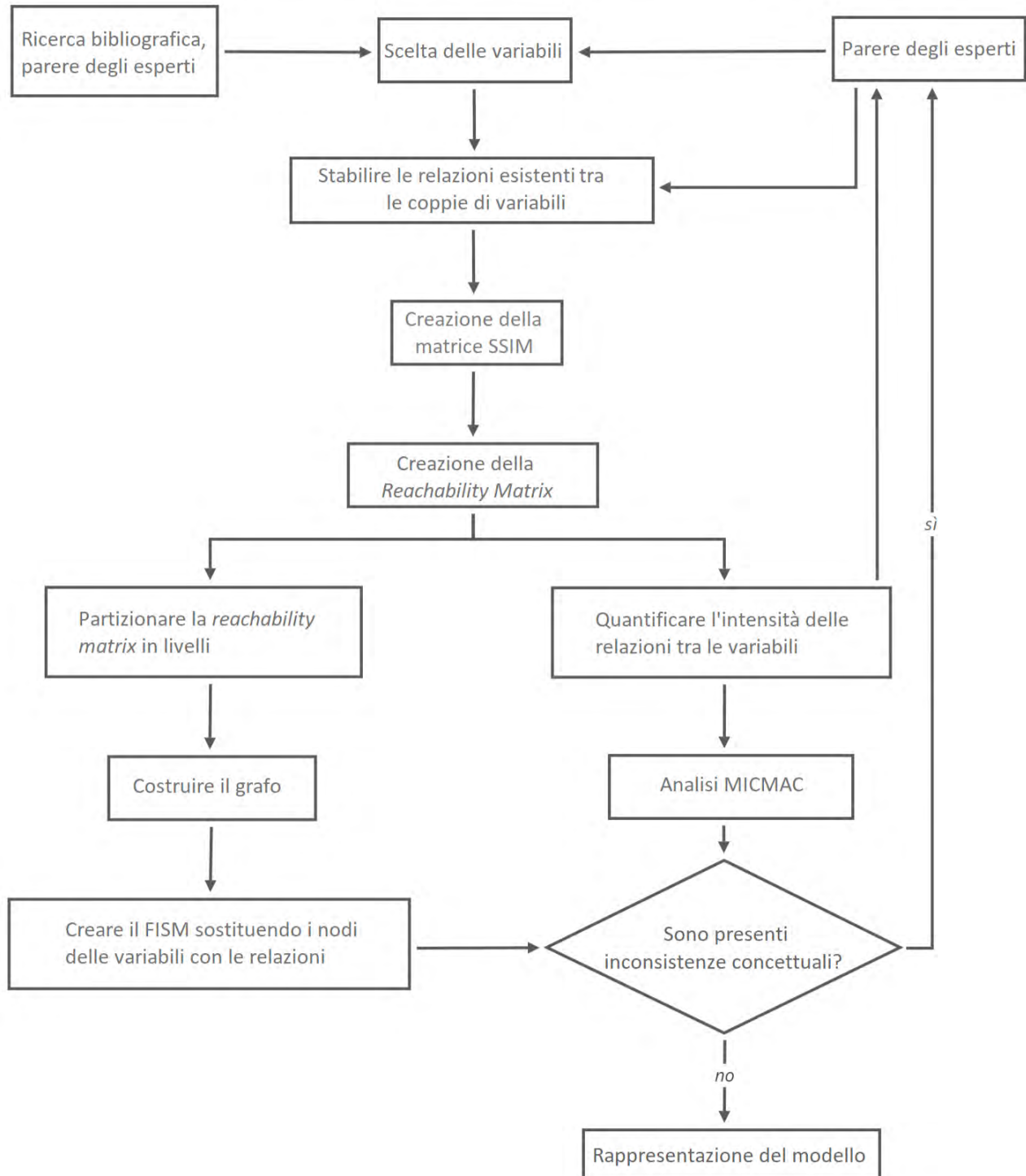
Per realizzare l’analisi strutturale si è scelto di utilizzare due dei metodi più comuni: il *Fuzzy Interpretive Structural Modeling* (FISM) e l’analisi *Fuzzy Matrice d’Impacts Croises Multiplication Appliquées a un Classement* (FMICMAC). La combinazione dei due modelli consente di raggiungere due obiettivi: da una parte si studiano le relazioni esistenti tra le variabili e si ricava una rappresentazione schematica semplificata del problema in analisi, dall’altra si ricavano informazioni sulla natura dei fattori suddividendoli in cinque classi (fattori indipendenti, autonomi, di connessione, dipendenti e di regolazione).

Come già introdotto nel sottoparagrafo precedente, all’analisi strutturale è stato integrato l’approccio *fuzzy* per poter quantificare le interazioni associandogli valori compresi tra 0 e 1, migliorando così la robustezza e la completezza dei risultati, per esempio, nel caso della FISM, migliorando la stabilità della scala gerarchica. I metodi FISM e FMICMAC, infatti, sono una versione migliorata, rispettivamente, dei metodi ISM e MICMAC, che studiano le relazioni solo valutandone l’esistenza e la direzione, senza però dare informazioni circa la loro intensità.

L’analisi strutturale si articola in un numero ben definito di fasi, che come già detto si possono ricondurre alle tre macro-fasi di ricerca delle variabili, studio delle relazioni e identificazione delle variabili chiave. Si riporta di seguito il diagramma di flusso dell’intero processo, comprensivo dell’utilizzo dei metodi FMICMAC e FISM, utilizzati per approcciare e semplificare il tema dell’economia circolare.

Il metodo FISM consente di semplificare modelli di sistemi complessi poco chiari e non ben dettagliati, trasformandoli in modelli multilivello chiari, strutturati e definiti. (Sharma, Abbas, & Siddiqui, 2021).

Figura 3.6: *Workflow* dell'analisi strutturale



Fonte: Elaborazione ISPRA da (Sharma, Abbas, & Siddiqui, 2021)

Il modello, in definitiva, permette di:

- ottenere una semplificazione del modello complesso;
- distribuire in ordine gerarchico i fattori che lo compongono ed evidenziare quali hanno una maggiore influenza;
- ricostruire la rete delle principali relazioni dirette che intercorrono tra le variabili del sistema.

La prima fase dell'analisi strutturale consiste nello studio del tema scelto attraverso ricerche bibliografiche e di studi di settore, ma anche attraverso la raccolta dei pareri degli esperti. L'obiettivo è di selezionare un set di variabili che descrivano in modo esaustivo, ma sintetico il problema, per poi studiare le relazioni dirette che le legano le une alle altre all'interno del sistema. Per ogni coppia di variabili ci si pone la domanda "il fattore "i" influisce sul fattore "j" e/o viceversa?". Le informazioni vengono raccolte in una matrice che viene successivamente trasformata in una binaria e su cui viene verificata la transitività delle relazioni. A questo punto, l'approccio fuzzy prevede di quantificare l'intensità delle relazioni, associando ad ognuna di esse un valore compreso tra 0 e 1. La natura profondamente complessa e interconnessa dell'economia circolare si traduce in un numero talmente elevato di relazioni, che si è scelto di semplificare l'analisi trascurando i legami a basso impatto e considerando pertanto la seguente scala di valori:

Metodo FISM: metodo semplificativo finalizzato a descrivere e gerarchizzare i fattori che descrivono il sistema sulla base delle relazioni che essi intrattengono gli uni con gli altri. Il nome ISM suggerisce che il modello presenta tre dimensioni:

- Interpretativa (I): poiché le valutazioni sulla presenza e l'intensità delle relazioni tra le variabili sono basate sul giudizio di un gruppo di esperti.
- Strutturale (S): poiché il prodotto dell'analisi delle relazioni consiste nella ricostruzione di una struttura semplificata del problema studiato.
- Modellazione (M): poiché si modella il sistema analizzato definendone le relazioni specifiche interne e la struttura complessiva.

Structural Self Interaction Matrix (SSIM): matrice triangolare che descrive le relazioni esistenti tra coppie di variabili (i,j) utilizzando quattro simboli:

V: il fattore i influisce su j

A: il fattore j influisce su i

X: relazione bidirezionale

O: nessuna relazione

Reachability matrix (RM): nome associato a tutte le matrici utilizzate nel modello. Sostituendo ai simboli della SSIM i valori 1 e 0 si ottiene la *Initial Reachability Matrix* (IRM), verificando la transitività delle relazioni si ottiene la *Final Reachability Matrix* (FRM), utilizzata per la creazione del grafo. Applicando alla IRM la logica fuzzy e annullando la diagonale si ottiene la *Fuzzy Direct Reachability Matrix* (FDRM) sottoposta ad analisi FMICMAC.

Tabella 3.4: Valori numerici attribuibili all'intensità delle relazioni

Intensità della relazione	Nulla	Media	Alta	Molto alta	Totale
Valore	0	0.5	0.7	0.9	1

Fonte: Elaborazione ISPRA da (Sharma, Abbas, & Siddiqui, 2021)

La matrice finale che racchiude tutte le considerazioni appena presentate prende il nome di *final reachability matrix*. Il metodo FISM prevede il suo partizionamento in livelli e la loro successiva rappresentazione in un grafo in cui ogni nodo rappresenta un elemento del sistema e ogni ramo descrive la relazione diretta tra gli elementi che unisce. Sostituendo a ciascun nodo il nome della variabile corrispondente e rendendo evidente in ogni ramo l'intensità della relazione (per esempio in questo caso sono stati usati spessori differenti), si ottiene il modello FISM che descrive la struttura semplificata del sistema. Il risultato viene infine validato con una verifica di consistenza.

L'analisi del sistema può essere migliorata e approfondita, associando al FISM un'analisi FMICMAC, la quale consente di individuare le variabili-chiave tenendo conto della rete di interrelazioni esistente tra i fattori che compongono il sistema (Glenn, Gordon, & al, 2009). Il metodo MICMAC, perfezionato da Godet, propone una classificazione indiretta delle variabili e consente di affinare il metodo che viene detto diretto, che risulta più semplice, ma meno preciso. Il metodo diretto, come suggerisce il nome, tiene conto solamente delle relazioni dirette, trascurando le relazioni di grado superiore, ossia quelle relazioni che si manifestano come effetto di una relazione di primo livello, connesse alla propagazione indiretta delle interrelazioni attraverso percorsi e cicli. L'obiettivo dell'analisi MICMAC è di definire la natura delle variabili indagando le relazioni indirette che interessano il sistema. Nello specifico, a partire dalla *final reachability matrix*, a ogni fattore si associano due indici che quantificano l'intensità delle relazioni potenziali del sistema sul fattore con l'indice di dipendenza (*dependence power*) e di quelle del fattore sul sistema nel caso dell'indice di influenza (*driving power*). Tramite questi due valori una variabile può essere rappresentata come un punto in un piano influenza-dipendenza, che riporta in ascissa il valore che quantifica la dipendenza della variabile dal sistema e in ordinata il valore che ne rappresenta l'influenza sul sistema.

3.3.3 Le scelta delle variabili

Scelto il tema che si intende analizzare, il primo passo dell'analisi strutturale consiste nella selezione di un set di variabili che descrivano in modo esaustivo, ma sintetico il problema. Solitamente il numero di fattori studiati è limitato e nel caso in cui siano più di quindici, si applica un metodo di riduzione dei fattori. Sulla base di studi preesistenti si ricava una prima struttura del modello, il quale viene poi sintetizzato in un set di indicatori dagli esperti e dal gruppo di lavoro dedicato, per giungere alla lista definitiva di variabili di interesse.

Si è scelto di ricorrere alla tecnica del *brainstorming* per raccogliere in un'unica mappa i pareri di tutti gli esperti sull'approfondimento della rappresentazione "a cerchio" dell'economia circolare (Figura 3.1), per articolare i macrotemi (consumo di materie prime, progettazione, innovazione, produzione di rifiuti) in una serie di sottotemi. Rispetto alla Figura 3.1 si è scelto di non esplicitare il tema della produzione in modo a sé stante, ma di inglobare le considerazioni ad esso relative ad altri temi; inoltre, dato il focus ambientale del progetto, sono stati inseriti due macrotemi per le emissioni e il capitale naturale. Si è scelto di dividere il consumo di materie prime in due branche considerando separatamente le materie energetiche e non. Non compaiono nelle valutazioni seguenti considerazioni economiche né, di conseguenza, gli effetti di *policies* esistenti quali la responsabilità estesa del produttore o il *green public procurement*. Non è stata inserita neanche la politica di decarbonizzazione, poiché così profondamente radicata al sistema attuale da essere considerata già compresa nelle voci legate al consumo di energia e all'efficientamento energetico. Gli elementi costituenti la mappa concettuale sono stati utilizzati per creare una prima lista di fattori, riportata di seguito.

Tabella 3.5: Lista dei fattori che descrivono l'economia circolare - Prima versione

Elemento	Simbolo	Elemento	Simbolo
Capitale naturale	E1	<i>Refuse R0</i>	E24
Consumo materie prime vergini	E2	<i>Rethink R1</i>	E25
Consumo materie prime seconde	E3	<i>Reduce R2</i>	E26
Reperimento materie prime critiche	E4	<i>Reuse R3</i>	E27
Consumo fonti en. Rinnovabili	E5	<i>Repair R4</i>	E28
Consumo fonti en. Fossili	E6	<i>Refurbish R5</i>	E29
Sversamenti in acqua	E7	<i>Remanufacture R6</i>	E30
Contaminazione del suolo	E8	<i>Repurpose R7</i>	E31
Emissioni in aria	E9	<i>Recycle R8</i>	E32
<i>Ecodesign</i>	E10	<i>Recover R9</i>	E33
<i>Hazardous material minimization</i>	E11	Modalità di raccolta dei rifiuti urbani	E34
<i>Design for disposability</i>	E12	Rifiuti residui	E35
<i>Design for remanufacture</i>	E13	Rifiuti urbani prodotti	E36
<i>Design for energy efficiency</i>	E14	Rifiuti speciali prodotti	E37
<i>Design for recycling</i>	E15	BAT	E38
<i>Design for disassembly</i>	E16	Innovazioni tecnologiche	E39
Allungare la vita dei prodotti	E17	Sintesi nuovi materiali	E40
Ridurre gli imballaggi	E18	Azioni sostenibilità imprese	E41
Eliminare usa e getta	E19	Digitalizzazione	E42
Km 0	E20	Simbiosi industriale	E43
Sostenibilità trasporto persone	E21	<i>Sharing economy</i>	E44
Shift trasporto merci	E22	<i>Functional service economy</i>	E45
Comportamento dei consumatori	E23	PIL	E46
		Popolazione	E47

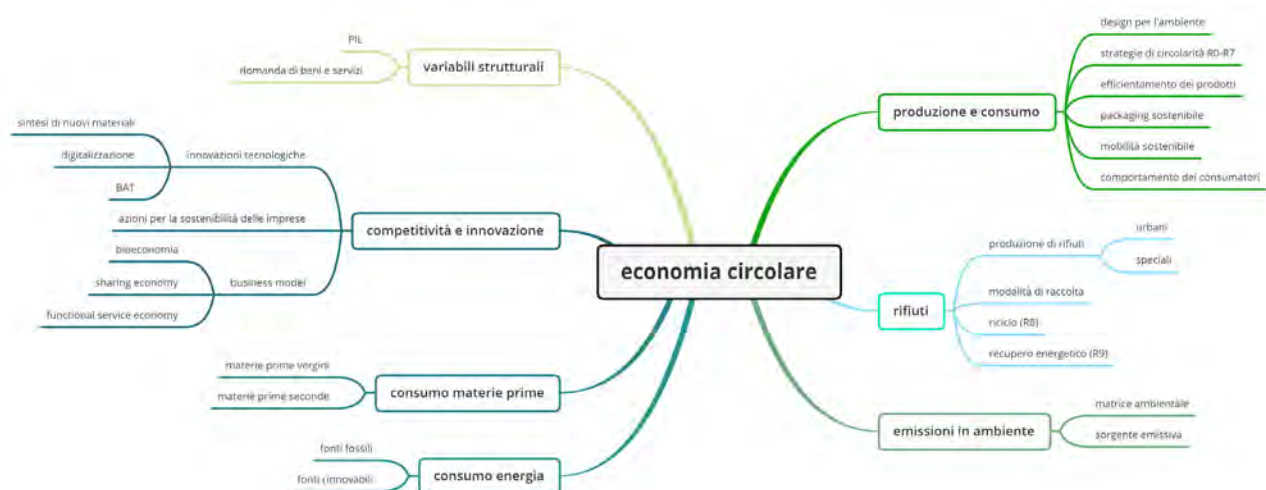
Fonte: ISPRA

Sulla base della lista proposta si è operata una riduzione dei fattori, per poterne ridurre il numero entro il limite massimo consigliato. La Figura 3.7 descrive in modo sintetico la struttura cui si è pervenuti.

Le numerose valutazioni che hanno permesso di semplificare la lista di fattori sono descritte brevemente di seguito. Nell'analisi strutturale gli elementi esistono in funzione delle relazioni che intrattengono con il sistema e non come entità a sé stanti. I fattori sono valutati in base alle loro relazioni con gli altri elementi del sistema e risulta evidente che alcuni di essi hanno una natura talmente simile, da avere relazioni ed effetti sul sistema quasi identici. Non risulta quindi significativo trattare questi fattori separatamente e li si accorpa in un unico fattore, come è stato fatto ad esempio per i vari tipi di *design* per l'ambiente e le strategie R0 – R7 (*Refuse, Rethink, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose*), o ancora per l'innovazione tecnologica,

le BAT (*Best Available Techniques*) e la sintesi di nuovi materiali o per tutti quegli elementi da essere così strettamente collegati da essere quasi simbiotici. Il parametro rifiuti residui è stato eliminato dalla lista poiché, assumendo che esso rappresenti la quantità di rifiuti in discarica, non aggiunge informazioni significative all'analisi, essendo così strettamente legato ai parametri di produzione e recupero dei rifiuti, da intrattenere solo con essi relazioni dirette. In altri casi, come per il km 0, il grado di dettaglio dell'azione o del parametro è troppo elevato rispetto al resto degli elementi considerati, pertanto, lo si elimina perché poco significativo rispetto all'insieme. Lo stesso problema è sorto nei confronti del consumo di materie prime critiche, che sono state messe in evidenza in un primo momento a causa della loro rilevanza e dell'interesse nei loro confronti, ma che sono poi state riaccorpate alle materie prime vergini di cui fanno parte per rimanere coerenti con il grado di dettaglio che si è scelto di utilizzare. Un ragionamento differente è stato fatto sulla riduzione degli imballaggi poiché anziché eliminarla, essa è stata modificata e ampliata per rappresentare il concetto di efficientamento del *packaging* in ottica sostenibile. Rispetto alla lista iniziale è stata aggiunta la variabile relativa alla bioeconomia, poiché ci si è resi conto che sempre più spesso si fa riferimento alla bioeconomia circolare, un nuovo sistema economico cui si cerca di tendere per rendere il sistema attuale ancora più sostenibile, unendo i principi della circolarità con quelli dello sfruttamento delle risorse biologiche. I due modelli sono così strettamente collegati che l'ottica circolare è uno dei capisaldi della bioeconomia, così come lo sfruttamento delle sostanze biologiche e la protezione della biodiversità sono due degli obiettivi dell'economia circolare.

Figura 3.7: Scomposizione dell'economia circolare



Fonte: ISPRA

Per i parametri più strettamente ambientali, quali il capitale naturale e la contaminazione di suolo e acqua, è stato riscontrato un problema di disponibilità dei dati e di rilevanza nel sistema per la natura stessa dei temi in questione, che sono difficilmente quantificabili. Queste considerazioni hanno portato a tralasciare l'analisi del capitale naturale a causa della sua estrema complessità, per approfondirlo in un eventuale sviluppo futuro. La relazione tra attività umane e ambiente si può esprimere in termini di utilizzo antropico delle risorse naturali e rilascio nell'ambiente di sostanze di scarto. Le sostanze di scarto possono riversarsi nelle tre matrici ambientali acqua, suolo e aria; in questa sede si è scelto di tenere conto solo delle emissioni più significative, ossia quelle in aria. L'inquinamento del suolo è spesso riconducibile alla produzione e gestione dei rifiuti, per cui sono già stati fissati dei fattori, oppure sono dovuti alla scorretta gestione dei rifiuti abbandonati, ossia a pratiche che possono essere difficilmente modificate e quantificate; un altro esempio di contaminazione del suolo è costituito dall'inquinamento secondario connesso alle piogge, riconducibile ai parametri di emissione in aria. Sulla base delle modifiche apportate, si presenta la lista finale degli elementi suddivisi nelle dimensioni che descrivono l'economia circolare, riportando nella sezione "note" una breve descrizione dei singoli elementi e di cosa essi rappresentano (Tabella 3.6).

Tabella 3.6: Economia circolare: descrizione degli elementi costituenti

Dimensione	Elemento	Note
Consumo materie prime	Consumo materie prime	Rappresenta il consumo apparente di risorse materiali, pari alla quantità di materiali che alla fine del periodo di riferimento (anno) sono stati trasformati in residui (emissioni nelle acque, nell'aria e nel suolo) oppure nuovi <i>stock</i> del sistema socioeconomico
	Consumo materie prime seconde	Considera il consumo di materie prime ottenute da scarti di produzione o materie derivanti da processi di riciclo che possono essere reimmesse nel sistema economico.
Consumo energia	Consumo di energia da fonti fossili	Tiene conto dei consumi di energia connessi a tutte le fasi di creazione e uso di prodotti e servizi, nonché allo smaltimento dei rifiuti derivanti, in un'ottica che consideri l'intero ciclo di vita dei prodotti o dei servizi considerati.
	Consumo di energia da fonti rinnovabili	
Emissioni	Emissioni in atmosfera	Si è scelto di considerare solo le emissioni dei gas serra, poiché tra tutte le sostanze sono le più lontane dagli obiettivi di riduzione delle emissioni.
Produzione e consumo	Mobilità sostenibile	Rappresenta la trasformazione verde del trasporto persone e merci: uso di carburanti sostenibili, trasporti condivisi, uso di mezzi pubblici, biciclette e <i>car sharing</i> , promozione dell'intermodalità, riduzione dei tragitti delle merci, ecc
	Efficientamento prodotti	Comprende: • <i>Design</i> per l'ambiente (<i>ecodesign, hazardous material minimization, design for disposability / remanufacture / energy efficiency / recycling / disassembly</i>) • Strategie R0-R7 (creazione e uso dei prodotti più intelligente, allungare la vita dei prodotti)
	Packaging sostenibile	Comprende una serie di azioni, tra cui la riduzione della quantità di <i>packaging</i> prodotto, l'uso di materiali più sostenibili (bio-materiali o alternative <i>carbon free</i>), la produzione di imballaggi durevoli e riutilizzabili, lo sfruttamento della tecnologia in produzione e l'uso di imballaggi intelligenti.
	Comportamento del consumatore	Rappresenta le abitudini di acquisto, la capacità di gestire in modo efficiente prodotti e rifiuti ecc. Unitamente al fattore "domanda di beni e servizi" permette di considerare l'impatto globale del consumatore inteso come fattore che regola la domanda.
Rifiuti	Rifiuti urbani prodotti	Considera la quantità e la tipologia dei rifiuti prodotti.
	Rifiuti speciali prodotti	
	Modalità di raccolta	Si riferisce solo ai rifiuti urbani: raccolta differenziata vs non differenziata; raccolta porta a porta vs isole vs cassonetti
	Riciclo	Si definisce come l'insieme delle operazioni di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto o gli scarti di produzione sono ritrattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini (materie prime seconde)
	Recupero energetico	Consiste nell'incenerimento dei materiali destinato al recupero di energia.
Competitività e innovazione	Azioni di sostenibilità delle imprese	Comprende i prodotti e i servizi certificati con Ecolabel o altre etichette ambientali, registrazioni EMAS, certificati UNI-ISO.
	Innovazioni tecnologiche	Comprende i brevetti, la sintesi di nuovi materiali, la digitalizzazione (sia dei processi produttivi con automatizzazione e regolazione computerizzata dei parametri, sia della vita di tutti i giorni con PC e <i>smartphone</i>)
	Sharing economy	Concetto molto ampio che può essere associato a 3 sfere: • B2B distretti industriali: condivisione a livello di produzione (simbiosi industriale) • B2P-P2B nel territorio: legame tra produzione e consumo • P2P persona-persona: a livello di consumo e fine vita (interessa solo l'utilizzatore del bene).
	Functional service economy	Modello economico che prevede il passaggio da un approccio orientato alla produzione, a uno orientato alla performance. Si basa su soluzioni che vendono servizi/usi anziché prodotti (offrire mobilità più efficiente piuttosto che vendere mezzi) per massimizzare il valore economico il più a lungo possibile e riducendo al minimo la quantità di materie prime ed energia consumate. ¹
	Bioeconomia	Comprende e interconnette le attività economiche che utilizzano risorse biologiche rinnovabili per produrre cibo, materiali ed energia, con l'obiettivo di proteggere l'ambiente e la biodiversità, promuovere una logica circolare, migliorare l'uso delle risorse, utilizzare fonti rinnovabili.
Variabili strutturali	PIL	Descrive il livello di attività economica.
	Domanda di beni e servizi	Rappresenta l'incremento o la variazione nella composizione della popolazione, nonché la variazione del potere di acquisto dei consumatori.

Fonte: ISPRA

¹ Stahel W.R. (2008) *The Performance Economy: Business Models for the Functional Service Economy*. In: Misra K.B. (eds) *Handbook of Performance Engineering*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-131-2_10

Nonostante la riduzione degli elementi, il loro numero è ancora troppo elevato e la natura dei fattori è profondamente differente poiché si affiancano parametri ambientali e azioni di efficientamento o sistemi economici che possono supportare l'economia circolare. Si è scelto pertanto di suddividere i fattori in due classi ed effettuare due analisi parallele, considerando da una parte le variabili collegate all'ambiente e che rappresentano le "pressioni ambientali", mentre dall'altra si accorpano le "azioni", intese come iniziative che possono essere intraprese per favorire la sostenibilità del sistema economico a diversi livelli:

- a livello del consumatore, considerando il comportamento del singolo e ciò che lo influenza;
- a livello del produttore, indicando le principali proposte circolari quali l'efficientamento dei prodotti, il ripensamento del *packaging*, l'adozione di misure di sostenibilità volontarie;
- a livello globale, valutando le caratteristiche del sistema economico e delle sue variabili strutturali.

Nota la lista finale delle variabili considerate, si possono studiare le relazioni che legano le une alle altre ponendosi le seguenti domande: "può la pressione A contribuire a generare la pressione B?" e "può l'azione A influenzare/incentivare il realizzarsi dell'azione B?".

Tabella 3.7: Liste degli elementi che compongono l'economia circolare - Versione finale

PRESSIONI AMBIENTALI		AZIONI	
F1	Consumo materie prime vergini	E1	Mobilità
F2	Consumo materie prime seconde	E2	Efficientamento prodotti
F3	Consumo di energia da fonti fossili	E3	<i>Packaging</i> sostenibile
F4	Consumo energia da rinnovabili	E4	<i>Consumer behaviour</i>
F5	Emissioni aria	E5	Modalità di raccolta
F6	Rifiuti urbani prodotti	E6	Riciclo
F7	Rifiuti speciali prodotti	E7	Recupero energetico
		E8	Azioni sostenibilità imprese
		E9	Innovazioni tecnologiche
		E10	Sharing economy
		E11	Functional service economy
		E12	Bioeconomia
		E13	PIL
		E14	Domanda di beni e servizi

Fonte: ISPRA

3.3.4 Lo studio dei risultati

Complessivamente l'analisi strutturale permette di ottenere due risultati: da una parte garantisce la semplificazione del problema complesso, mentre dall'altra rende possibile indagare la natura dei fattori che rappresentano tale problema.

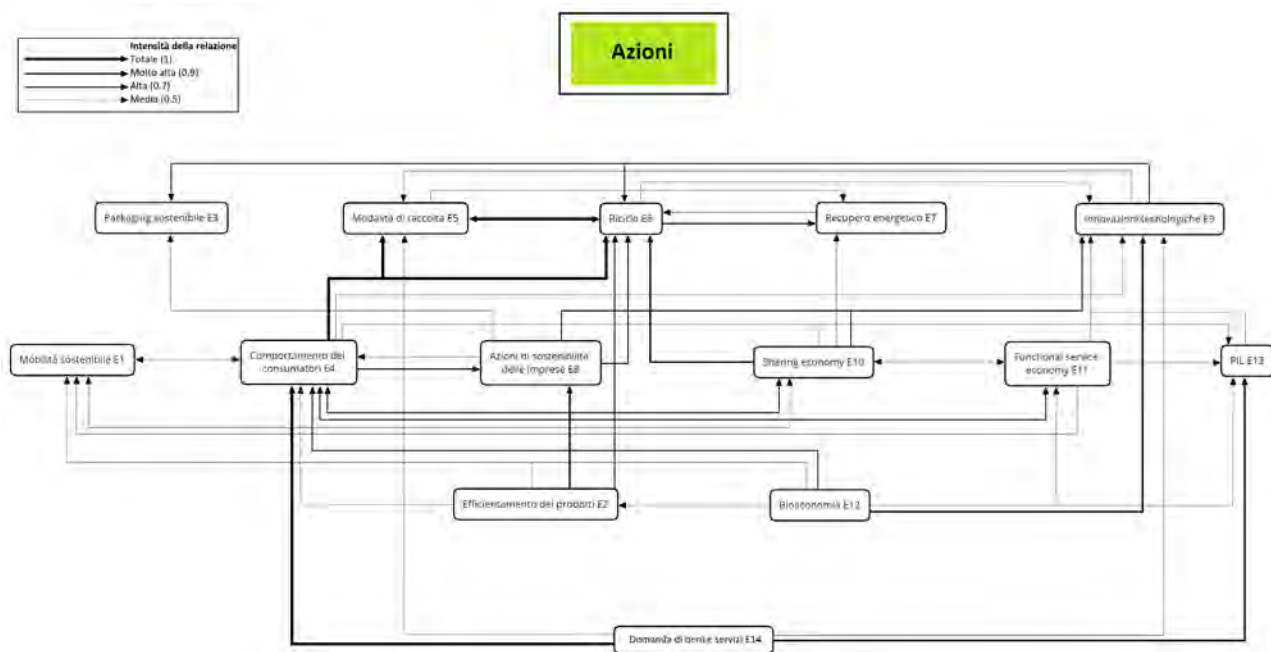
L'*output* del *Fuzzy Interpretive Structural Modeling* è un modello gerarchico (Figura 3.8 e Figura 3.9) che rappresenta in modo schematico, semplificato e chiaro il problema complesso in analisi, in questo caso l'economia circolare.

La gerarchia si "legge" dal basso verso l'alto, ossia ogni fattore può influenzare solo gli elementi che sono allo stesso livello o a un livello superiore; ciò significa che i fattori al primo livello, cioè in cima alla gerarchia, non influenzano altri fattori. Questo indica che i fattori alla base del modello intrattengono, idealmente, più relazioni e quindi una loro variazione determina effetti su numerose altre variabili, pertanto, se l'obiettivo è di generare un cambiamento rilevante nel sistema, sembra conveniente agire sui fattori alla base della gerarchia.

Nel caso specifico, l'obiettivo generale dell'economia circolare si può descrivere come una riduzione delle pressioni ambientali a livello globale, che si traduce in un aumento del consumo di materie prime seconde e del consumo di energia da fonti rinnovabili, contro una diminuzione di tutte le altre pressioni.

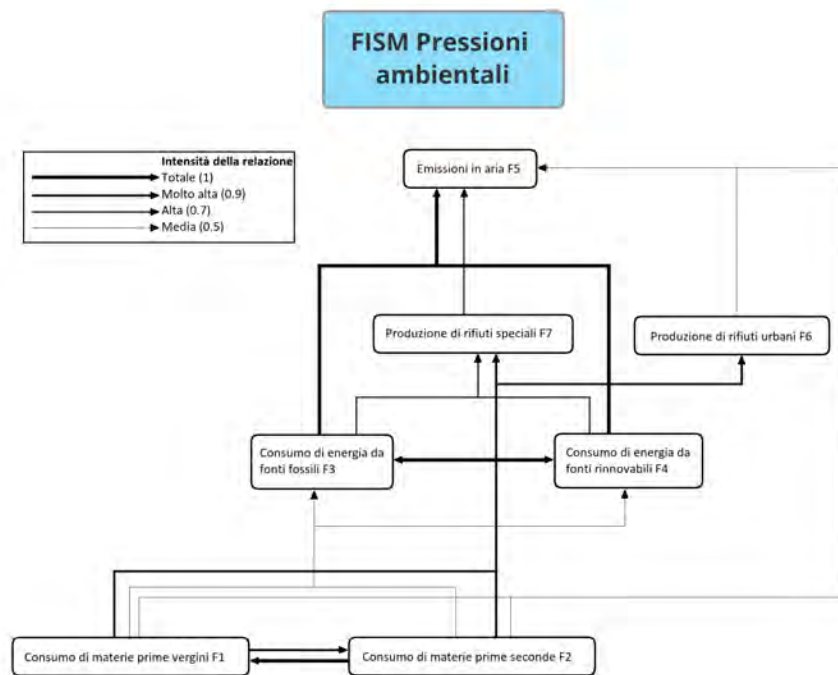
Grazie al grafo è possibile capire come sono legate le varie pressioni, in modo tale da concentrare le azioni circolari sui fattori alla base della gerarchia e avere ripercussioni su tutti gli altri elementi; ad esempio, agire sul consumo delle materie prime vergini o seconde, consente di generare un impatto su tutte le altre variabili. Allo stesso modo, proporre un singolo intervento per una delle azioni di circolarità alla base della gerarchia genera un effetto a catena che modifica il sistema nella sua (quasi)

Figura 3.8: Fuzzy Interpretive Structural Model del sistema "Azioni"



Fonte: ISPRA

Figura 3.9: Fuzzy Interpretive Structural Model del sistema "Pressioni ambientali"

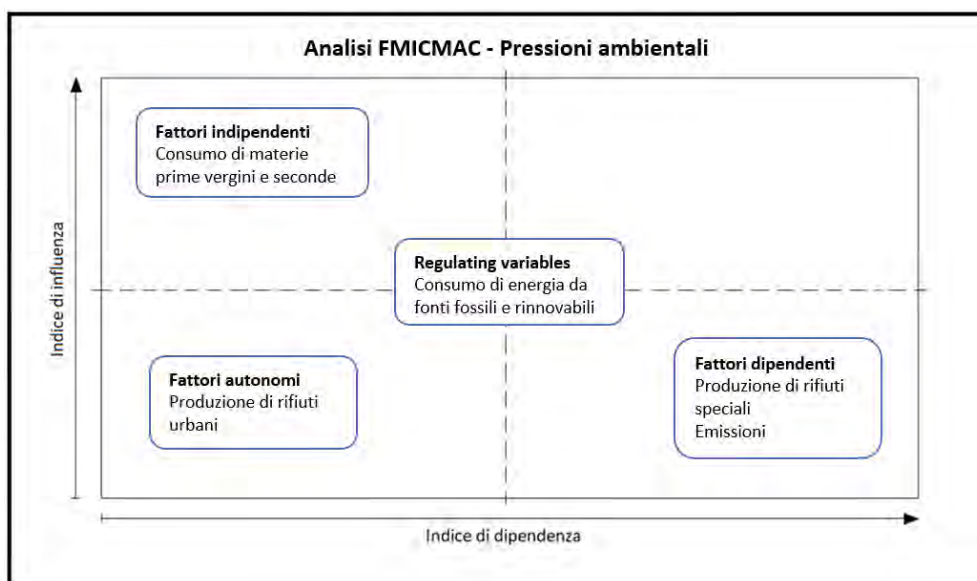


Fonte: ISPRA

interesse. Valutando il sistema al contrario, si può anche affermare che i fattori presenti in cima alla gerarchia sono sì poco influenti sul sistema, ma sono influenzati da tanti altri fattori, pertanto, se si intende raggiungere un certo obiettivo in quel tema, lo si può fare agendo a monte su un'ampia varietà di fattori che lo influenzano.

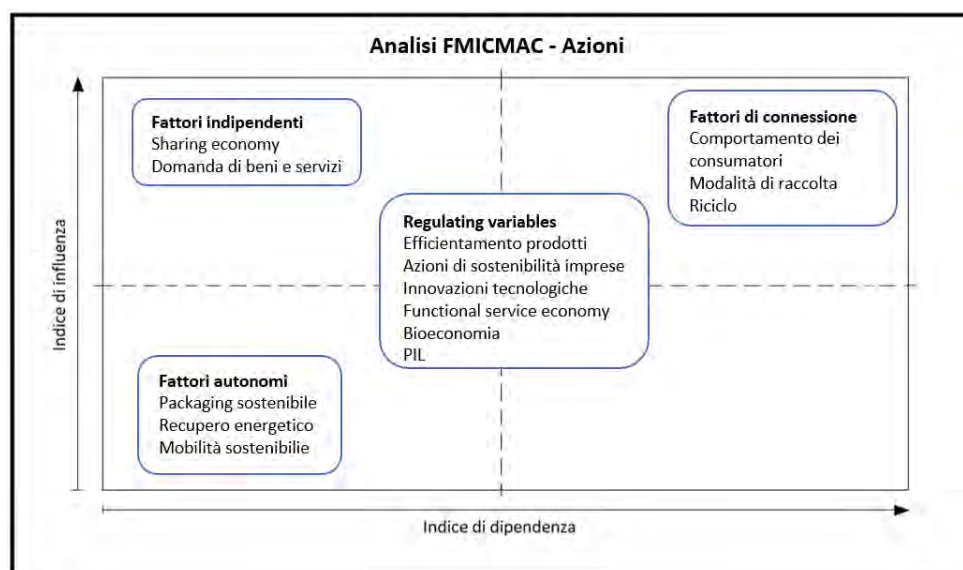
Ai risultati del FISM si affiancano le considerazioni relative all'analisi FMICMAC, la quale indaga la natura dei fattori sopra descritti, tenendo conto delle relazioni indirette che interessano il sistema. Le variabili vengono rappresentate in un piano influenza-dipendenza, che riporta in ascissa un valore che quantifica la dipendenza della variabile dal sistema e in ordinata un valore che ne rappresenta l'influenza sul sistema (Figura 3.10 e Figura 3.11). In base alla loro posizione nel piano dipendenza-influenza, il metodo permette di dividere le variabili in *cluster*, ognuno dei quali è associato a uno specifico comportamento del fattore nella dinamica del sistema. Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

Figura 3.10: Diagramma indice di influenza e indice di dipendenza (FMICMAC) - Pressioni ambientali



Fonte: ISPRA

Figura 3.11: Diagramma indice di influenza e indice di dipendenza (FMICMAC) - Azioni



Fonte: ISPRA

I cinque *cluster* accorpano i fattori che hanno simili funzioni all'interno del sistema; se ne propone di seguito una breve descrizione.

- **Fattori indipendenti:** Dai risultati ottenuti, solamente due azioni rientrano nel *cluster*: la domanda di beni e servizi, che può essere considerata un fattore esterno poiché è una variabile strutturale del sistema economico, e la *sharing economy*, che rappresenta un "sistema" di supporto all'economia circolare e che la influenza più di quanto sia influenzata da essa. Potremmo interpretare questo risultato affermando che la *sharing economy* è uno strumento dell'economia circolare, ma non viceversa. Nel caso delle pressioni ambientali, invece, tra i fattori autonomi compaiono i consumi di materie prime vergini e seconde. Tale risultato non stupisce, poiché è possibile ricondurre la maggior parte delle pressioni ambientali ai processi che dipendono dal consumo e dalla trasformazione delle materie prime, fatto che giustifica anche la bassa dipendenza delle stesse dal sistema.
- **Fattori autonomi:** Tre azioni ricadono in questo *cluster*, risultato che può essere giustificato nel caso del *packaging* e della mobilità sostenibile, dalla natura estremamente settoriale delle azioni, che rende la loro sfera di influenza ristretta e poco legata alle altre azioni. Per quanto riguarda le pressioni ambientali, solo la produzione di rifiuti urbani è un fattore autonomo, pertanto le variazioni nella produzione sono da ricercare in elementi esterni alle pressioni, quali ad esempio il comportamento dei consumatori, mentre gli effetti sulle altre pressioni sono limitati, per esempio, a causa della loro quantità ridotta o della loro posizione finale nella catena economica che li rende "una conseguenza" dei consumi di materie ed energia, su cui pertanto hanno una bassa influenza.
- **Fattori di connessione:** Nel sistema delle azioni, il comportamento dei consumatori e il riciclo sono due elementi chiave, la cui funzione all'interno del sistema può essere rappresentata sostenendo che, a titolo di esempio, il comportamento dei consumatori influenza la scelta delle azioni circolari tanto quanto gli interventi circolari guidano il comportamento dei consumatori. Nessun fattore di pressione ambientale ricade in questo *cluster*.
- **Fattori dipendenti:** L'assenza di azioni nel *cluster* delle variabili dipendenti indica che non esistono variabili che dipendono dal sistema senza contribuire a modificarlo. Nel caso delle pressioni ambientali, le emissioni e i rifiuti speciali si configurano come fattori dipendenti o risultato, ossia possono essere considerati al pari di *output* del sistema: gli altri elementi li influenzano, ma la relazione non è reciproca.
- **Fattori di regolazione:** L'elevata interconnessione tra le azioni dell'economia circolare rende molto popolato il *cluster* delle variabili di regolazione, esplicitando la scarsa polarità del sistema e riunendo al centro del sistema quasi la metà dei fattori.

Fattori indipendenti: sono caratterizzati da un basso indice di dipendenza e un alto indice di influenza. Tipicamente si tratta di variabili ambientali esterne che sono strettamente connesse al sistema, ma che non possono essere controllate da esso. Sono considerati fattori chiave per la dinamica del sistema, motivo per cui saper controllare queste variabili significa usarle come fattori di inerzia e/o movimento del sistema.

Fattori autonomi: sono caratterizzati da bassa influenza e bassa dipendenza, pertanto, risultano quasi esterni al sistema e non influiscono sulla sua evoluzione, né traggono vantaggio da esso. Tutti gli elementi che ricadono in questo *cluster* hanno una bassa interazione con il sistema.

Fattori di connessione: sono caratterizzati da un'elevata influenza e un'alta dipendenza. Per natura sono fattori di instabilità la cui variazione genera un elevato impatto sul sistema, che si ripercuote su di loro con un effetto *boomerang* di amplificazione dell'impulso iniziale.

Fattori dipendenti: come suggerisce il nome sono molto dipendenti dal sistema e hanno poco influenza su di esso, tanto che possono essere considerate un "risultato" della sua evoluzione.

Fattori di regolazione: sono situati nel centro di gravità del sistema e possono assumere caratteristiche diverse comportandosi tanto da leve secondarie, cioè da azioni secondarie o da punti di applicazione di misure di supporto, quanto da "secondary stakes", che con la loro instabilità rappresentano potenziali punti di frattura del sistema, o infine come obiettivi deboli, ossia variabili dipendenti.

I due risultati dell'analisi strutturale devono essere studiati in parallelo e sono, in un certo senso, complementari. Diversamente da quanto può sembrare a primo impatto, non ci si deve aspettare di trovare una corrispondenza precisa secondo cui i fattori con alti indici di impatto si trovano alla base della gerarchia e quelli a basso impatto in cima alla gerarchia, poiché l'analisi FMICMAC tiene conto dell'intensità delle relazioni, mentre l'analisi FISM solamente del loro

numero. Inoltre, la struttura gerarchica descrive solo le relazioni dirette, mentre lo studio della natura dei fattori considera anche le relazioni indirette e può portare alla luce influenze e informazioni aggiuntive. Idealmente ci si aspetta che un elemento alla base della gerarchia abbia effetti più rilevanti sul sistema poiché interagisce con un numero elevato di fattori, tuttavia, è possibile che un elemento a un livello più alto abbia un impatto maggiore, poiché intrattiene meno relazioni, ma di intensità più elevata. In base a quanto appena detto, se l'obiettivo del progetto è modificare il sistema, si può ottenere il massimo cambiamento con la minima variazione dei fattori, scegliendo l'elemento su cui agire in base alla sua natura e al cluster di appartenenza, concentrando l'attenzione sugli elementi con alti indici di influenza. Generalmente è consigliabile fare riferimento ai fattori indipendenti, i quali sono facilmente gestibili poiché poco influenzati dal sistema, al contrario dei fattori di connessione che sono caratterizzati da un'elevata instabilità a causa del loro stretto legame con il sistema in entrambe le direzioni.

Per concludere, in quanto metodo di semplificazione dei problemi complessi, l'analisi strutturale permette di osservare con maggiore chiarezza il tema su cui si sta lavorando per capire come approcciarsi al problema e dove agire. Nel progetto di ISPRA i risultati dell'analisi vengono utilizzati per orientare l'attenzione degli esperti verso i fattori più rilevanti ai fini della creazione degli scenari. Come viene spiegato più dettagliatamente in uno dei paragrafi successivi, le pressioni ambientali vengono utilizzate come fattori "obiettivo" e su quei fattori si costruiscono gli scenari alternativi che descrivono l'effetto di variazioni nel sottosistema delle azioni. La scelta delle azioni proposte e degli eventi futuri su cui si costruiscono gli scenari alternativi si basa sulle considerazioni appena descritte.

3.4 La *Trend Impact Analysis*

Conclusa la prima fase del progetto, atta a semplificare il sistema "economia circolare" e a raggiungere una maggiore conoscenza dei fattori e delle relazioni che lo compongono, si possono usare le informazioni ottenute per approcciarsi al futuro nella fase vera e propria di creazione degli scenari. L'intento di ISPRA è di creare un modello quanto più possibile quantitativo e flessibile, ossia applicabile ad argomenti anche molto diversi tra loro; la tecnica scelta per cercare di farlo è la *Trend Impact Analysis* migliorata.

La *Trend Impact Analysis* (TIA) è un metodo semiquantitativo semplice, inventato da Gordon, che prevede di creare un futuro *surprise-free* attraverso l'estrapolazione del *trend*, per poi modificarlo ipotizzando che avvengano degli eventi futuri inattesi e creando così un futuro alternativo per ogni evento considerato.

La tecnica coniuga le peculiarità dei metodi quantitativi e qualitativi, dato che comprende tanto l'approccio deterministico degli uni, quanto l'uso del giudizio degli esperti degli altri (Glenn, Gordon, & al, 2009). La natura qualitativa del metodo permette di superare alcuni limiti delle tecniche quantitative tradizionali, descrivendo un ventaglio di possibili futuri alternativi e garantendo la descrizione di un orizzonte più ampio di possibilità; d'altra parte, la natura interpretativa costituisce un punto di debolezza del metodo poiché non garantisce una robusta affidabilità dei risultati. Un altro aspetto a cui fare attenzione è la necessità di serie di dati sufficientemente lunghe. Nonostante le limitazioni e gli svantaggi, la TIA si presta a essere impiegata nell'ambito degli scenari perché è una tecnica intuitiva e non particolarmente laboriosa nei calcoli.

L'approccio quantitativo aiuta ad aumentare la consistenza interna dei risultati, rispetto alle tecniche qualitative. Inoltre, l'estrapolazione del *trend* costituisce spesso il punto di partenza del processo di creazione degli scenari attraverso altre tecniche più complete e complesse: si può usare la tecnica come uno strumento di indagine e di analisi per ridurre il campo di indagine sugli scenari futuri e ridimensionare l'orizzonte, identificando la direzione in cui orientare eventuali studi futuri più approfonditi.

E nel caso del primo tentativo di ISPRA sui *futures studies*, la natura semi-quantitativa del metodo costituisce un punto di forza che permette di coniugare la necessità di un approccio quantitativo e quella di svincolarsi dalla pura estrapolazione del *trend*. Inoltre, la semplicità e la flessibilità della TIA, la rendono adatta alla necessità di creare una metodologia "universale" applicabile a campi e sistemi anche molto differenti tra loro; creare un modello specifico sarebbe stato limitante in questo caso poiché l'interesse di ISPRA è creare un metodo "ad ampio spettro" che possa essere applicato alle varie tematiche ambientali di cui si occupa l'Istituto.

In altre parole, risponde alla necessità operativa di tentare un primo approccio quantitativo, partendo però dalle informazioni note sui temi ambientali che sono per lo più di carattere descrittivo/qualitativo. Inoltre, utilizzare la TIA all'interno di uno studio di *foresight* permette di effettuare un'analisi di sensitività per identificare gli eventi che generano un maggiore impatto (o oscillazione) sulle variabili chiave.

Un aspetto non ancora affrontato riguarda la lunghezza dell'orizzonte temporale che può essere indagato. I metodi quantitativi tipicamente sono adatti a orizzonti brevi poiché, basandosi sull'estrapolazione delle tendenze, più si amplia l'orizzonte e più aumenta il cono di incertezza dei risultati. Questo rende tali metodi particolarmente adatti alla pianificazione strategica, poiché permettono di valutare l'efficacia o le conseguenze di interventi normativi, che hanno una durata tipica di quattro o cinque anni.

D'altra parte, lo scenario è uno strumento efficace per orizzonti di almeno dieci anni, o di cinque anni dopo

il ciclo di politiche o strategie attuali. Queste considerazioni hanno portato a fissare il 2030 come orizzonte temporale poiché, come spiegato nel sottoparagrafo successivo, tale orizzonte rispetta la necessità di muoversi di almeno dieci anni nel futuro e rispetta i tempi della legislazione sull'evento inatteso scelto, ossia il riciclo dei rifiuti da costruzioni e demolizioni.

Il metodo si sviluppa in due fasi principali: la creazione dello scenario base ottenuto estrapolando il trend della serie storica e la creazione dei futuri alternativi, ognuno dei quali associato a un possibile evento inatteso.

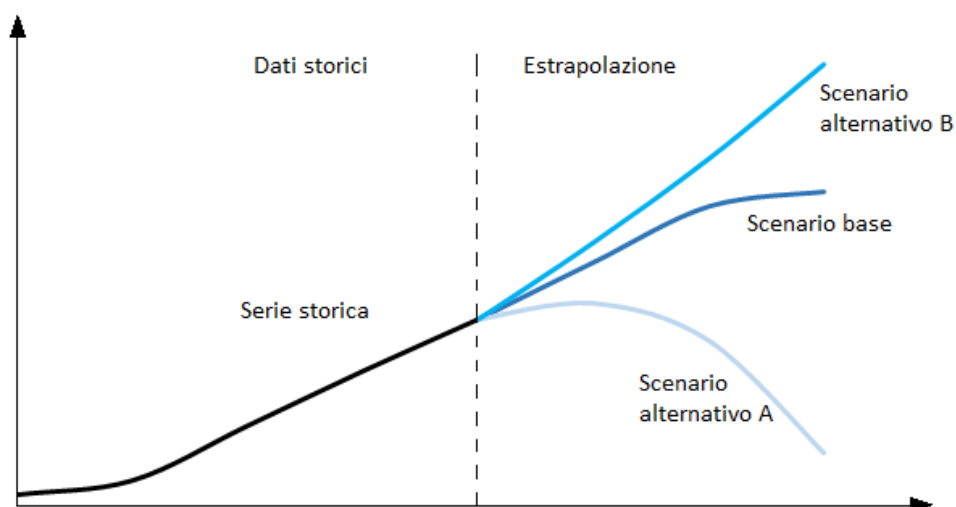
Figura 3.12: **Workflow della Trend Impact Analysis**



Fonte: Elaborazione ISPRA da (Kosow & Gaßner, 2007)

Lo scenario base viene anche detto *surprise-free* o BAU (*Business As Usual*), poiché descrive il futuro come un'estensione del passato. Ogni futuro alternativo viene descritto come deviazione rispetto al futuro base ed è legato all'avverarsi di un certo evento inatteso. Gli eventi futuri sono scelti in modo soggettivo sulla base di quanto vengono ritenuti rilevanti; possono essere più o meno ampi, includendo anche cambiamenti tecnologici, politici o socioeconomici. Più l'impatto dell'evento è elevato, maggiore sarà la differenza del *trend* rispetto all'andamento base. Si riporta nel grafico seguente un esempio di *output* della TIA, presentando un grafico in cui compaiono il *trend* base e le sue variazioni o trend alternativi.

Figura 3.13: Scenario base e sue variazioni generati con la TIA

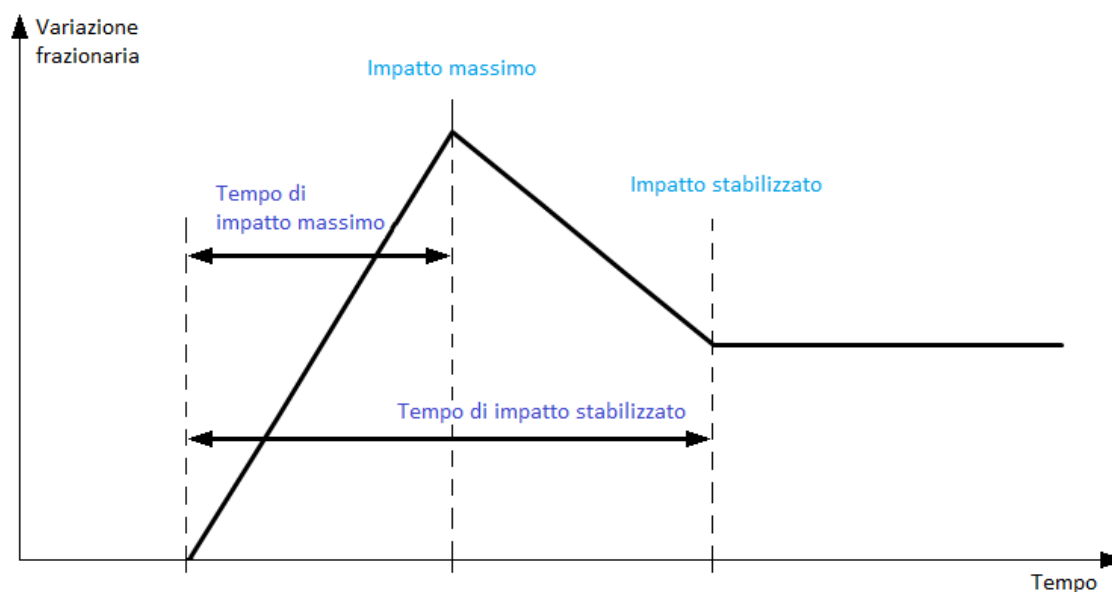


Fonte: Elaborazione ISPRA da (Kosow & Gaßner, 2007)

Come già anticipato, ogni *trend* alternativo si ottiene ipotizzando che si realizzi un evento futuro inatteso. Dal punto di vista pratico, ogni evento viene valutato in base al tempo necessario perché si manifesti un impatto e all'entità di tale impatto. La scelta dei parametri con cui si rappresenta l'evento, in termini di probabilità di accadimento e di fattori di impatto, costituisce la quota qualitativa del modello. Una limitazione del metodo consiste nel trascurare la mutua influenza tra gli eventi futuri, non considerando nel calcolo degli impatti gli effetti che l'avverarsi di un certo evento può generare sugli altri.

Il metodo assume che, una volta verificatosi l'evento futuro, il suo effetto si manifesti dopo un tempo detto "tempo di primo impatto"; l'impatto tende a crescere fino ad assumere un valore massimo, per poi stabilizzarsi e mantenersi costante. La descrizione dell'effetto dell'evento dipende quindi da quanto e quando si osserva lo scostamento rispetto al *trend* base, ossia dai valori dell'impatto massimo e stabilizzato e dal tempo di impatto massimo e stabilizzato.

Figura 3.14: Parametri di impatto dell'evento futuro



Fonte: Elaborazione ISPRA da (Agami & Omran, 2008)

Questo schema generale può variare per casi specifici di impatto, per esempio nel caso in cui l'effetto dell'evento sia immediato, il tempo di primo impatto sarà nullo, oppure se il valore dell'impatto stabilizzato è pari a quello massimo, i due tempi di impatto massimo e stabilizzato coincidono; tutte le casistiche particolari possono essere facilmente descritte come casi specifici dello schema appena descritto. Il grafico descrive l'impatto di un evento su uno specifico trend, pertanto, se l'analisi comprende un set di "n" dati, e di conseguenza un set di "n" tendenze, è necessario descrivere gli effetti dell'evento tramite "n" grafici. Generalmente i valori utilizzati per rappresentare un evento sono le intensità e i tempi per cui si realizzano l'impatto massimo e l'impatto stabilizzato, e pur non essendo l'unica combinazione utilizzabile, è quella più comunemente applicata poiché ben si adatta alla maggior parte delle situazioni.

La versione migliorata del metodo TIA consente di affinare il risultato grazie a una descrizione più dettagliata dell'evento futuro inatteso, che si suppone si possa manifestare con diversi gradi di intensità o severità, superando la semplificazione del metodo base secondo cui si associa implicitamente un grado di severità a ogni coppia impatto-probabilità. In realtà, infatti, l'impatto di un evento dipende dalla severità dello stesso. Come suggerito da studi di settore (Agami & Omran, 2008) si ipotizza che l'evento possa manifestarsi con tre gradi di severità qualitativi alto, medio e basso. Si descrive ogni grado di severità con lo schema riportato in Figura 3.14, tenendo conto che le probabilità di accadimento di ciascun grado di severità sono indipendenti e che la loro somma rappresenta la probabilità che l'evento inatteso si verifichi. Per quanto già detto, tale somma deve essere minore o uguale a 1.

3.4.1 Come utilizzare i risultati dell'analisi strutturale

Ricordando che il progetto si compone di due parti, ossia la semplificazione del problema complesso e la creazione degli scenari, si descrive di seguito il modo in cui le due fasi sono state collegate. Il cuore del processo di studio del futuro consiste nella creazione degli scenari, i quali devono descrivere l'evoluzione del sistema in analisi, in questo caso l'economia circolare, ipotizzando che avvengano degli eventi futuri scelti dagli esperti. In quanto metodo di semplificazione dei problemi complessi, l'analisi strutturale

permette di osservare con maggiore chiarezza il tema su cui si sta lavorando, semplificando la descrizione dello stato futuro del sistema. Allo stesso tempo, tali risultati aiutano gli esperti a individuare i fattori che potenzialmente generano un maggiore impatto sul sistema, in modo tale da orientare la loro attenzione verso i settori del “problema” di maggior interesse. Ciò significa, in termini più pratici, ricercare tra i tanti eventi futuri inattesi, quelli che possono influenzare i fattori più impattanti del sistema, concentrando pertanto l’analisi delle forze di cambiamento su tali fattori.

È stato scelto di pensare al futuro dell’economia circolare ricercando gli scenari desiderabili: l’obiettivo cui si tende è il miglioramento delle condizioni ambientali, inteso come diminuzione delle pressioni, che si traduce in un aumento della circolarità dell’economia o del settore di interesse. Viene considerato uno scenario desiderabile quello in cui si minimizzano le emissioni, la produzione di rifiuti o i consumi di materie prime ed energia o in cui si massimizza l’uso di materie prime seconde; si considerano invece da evitare gli scenari in cui i cambiamenti hanno segno opposto. I fattori che permettono pertanto di classificare un futuro come desiderabile sono gli elementi del sistema “pressioni ambientali”, ai quali sono stati associati degli indicatori per poter ricostruire i loro *trend* base e futuri alternativi (Tabella 3.8). Si nota che, pur non rientrando tra le pressioni ambientali, si è scelto di generare uno scenario anche per il recupero dei rifiuti speciali, poiché ritenuto significativo per il caso studio proposto.

Tabella 3.8: Indicatori di pressioni ambientali a cui si applica la TIA

Dimensione	Indicatore
Consumo di materie prime	Consumo di materiale interno (CMI) e sue componenti
	Tasso di uso circolare dei materiali
Consumo di energia	Consumo finale di energia
Emissioni	Emissioni di gas serra (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCS, PFCS, SF ₆)
Rifiuti	Recupero di rifiuti speciali ¹

Fonte: ISPRA

Data la complessità del tema in analisi, i risultati dell’analisi strutturale sul sistema delle “azioni” aiutano a selezionare il campo da sviluppare e il modo in cui valutare e quantificare le relazioni interne. Infatti, si è scelto di limitare la ricerca degli eventi futuri inattesi legandoli ai fattori che possono più facilmente permettere di raggiungere l’obiettivo di maggiore sostenibilità e circolarità. Come già evidenziato, una variabile viene valutata in funzione delle sue relazioni con il sistema: se si agisce su un fattore che ha un’alta influenza sul sistema, è verosimile che anche l’impatto generato sarà alto, che si traduce in una maggiore possibilità di raggiungere l’obiettivo o di farlo velocemente. Contemporaneamente, sarebbe preferibile che il fattore fosse poco dipendente dal sistema per evitare un effetto *boomerang*. È stato già mostrato che i fattori indipendenti soddisfano entrambe le condizioni e sono quelli su cui preferibilmente si deve concentrare l’attenzione nel cercare un evento futuro inatteso. Nell’applicazione sull’economia circolare, sono due i fattori indipendenti, la *sharing economy* e la domanda di beni e servizi. Si è tentato in prima istanza di analizzare i campi appena indicati, ma con scarso successo, a causa della difficoltà nel quantificare le relazioni tra gli eventi e gli indicatori relativi alle pressioni ambientali, cioè nel quantificare gli impatti degli eventi futuri. Nonostante nella TIA le valutazioni sugli impatti e sulle probabilità di accadimento sono ricavate dal parere degli esperti, si è cercato di studiare e proporre azioni riconducibili anche in minima parte a valutazioni quantitative, per rispettare l’intento del progetto di ISPRA di creare, per quanto possibile, degli scenari quantitativi in ambito ambientale. Alla luce di ciò, per quantificare in modo esaustivo gli impatti, si devono tenere conto di tutti gli effetti diretti e indiretti che l’evento genera sulle pressioni ambientali. A questo scopo risultano utili le informazioni contenute nel grafo della FISM (Figura 3.8), che permette di avere una visione abbastanza immediata e chiara di quali altri fattori sono coinvolti nella valutazione. A titolo di esempio si riportano alcune considerazioni relative al fattore indipendente *sharing economy* per il quale è risultato complicato stabilire i confini e descrivere gli impatti a catena generati dalla propagazione di una sua variazione sui fattori subordinati. Si è compreso pertanto che lo studio di elementi alla base della gerarchia richiede conoscenze pregresse approfondite e che, come primo tentativo, è conveniente effettuare un’analisi settoriale, cioè studiare la variazione di un fattore in cima alla gerarchia che intrattenga poche relazioni con il resto del sistema. Le valutazioni settoriali potranno essere successivamente utilizzate in un caso più ampio: risulta evidente che analogamente all’approccio utilizzato per comprendere il problema,

¹ Le operazioni considerate per il calcolo dei rifiuti speciali recuperati sono le seguenti: R1: Utilizzazione principale come combustibile o come altro mezzo per produrre energia, R2: Rigenerazione/recupero di solventi, R3: Riciclo/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche), R4: Riciclo/recupero dei metalli e dei composti metallici, R5: Riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche, R6: Rigenerazione degli acidi o delle basi, R7: Recupero dei prodotti che servono a captare gli inquinanti, R8: Recupero dei prodotti provenienti dai catalizzatori, R9: Rigenerazione o altri reimpieghi degli oli, R10: Spandimento sul suolo a beneficio dell’agricoltura o dell’ecologia, R11: Utilizzazione di rifiuti ottenuti da una delle operazioni indicate da R1 a R10.

anche la creazione dello scenario richiede una scomposizione e semplificazione del processo. Il primo modo per realizzare questa semplificazione è scegliere un fattore con alto impatto sul sistema, ma basso numero di relazione, ossia in cima alla gerarchia (primo livello): il riciclo. Inoltre, sono disponibili dati che permettono un'analisi quantificata. Il riciclo si inserisce nel *cluster* dei parametri di connessione, cioè ha un'elevata influenza sul sistema e, allo stesso tempo, un'elevata dipendenza. Nel caso dell'approccio *policy-related* che si è cercato di portare avanti, l'instabilità dell'elemento è un punto di forza perché la sua elevata dipendenza lo rende influenzabile da numerosi altri fattori, che si traduce in termini pratici in una maggiore varietà di azioni che possono essere intraprese per raggiungere gli obiettivi e le condizioni imposte su tale fattore.

Si è scelto di concentrare l'azione sul riciclo dei rifiuti speciali da costruzione e demolizione (C&D), che sono stati identificati dalla Commissione europea come un flusso di rifiuti prioritario per le ingenti quantità prodotte e per le potenzialità del recupero di tali rifiuti. Essendo costituiti prevalentemente da minerali inerti è possibile trasformare i rifiuti da C&D in materie prime seconde per l'edilizia e re-inserirli nel mercato, in totale o parziale sostituzione delle materie vergini. Considerando congiuntamente i due sottosistemi "azioni" e "pressioni ambientali", la scelta di ragionare sui rifiuti da C&D dovrebbe consentire di generare un impatto su tutte le pressioni ambientali, poiché aumentare il riciclo significa ridurre la voce quantitativamente più importante (minerali non ferrosi) del consumo di materie vergini, un fattore indipendente alla base della gerarchia. Si ricorda che i fattori alla base sono, teoricamente, quelli con un numero maggiore di relazioni di influenza nel sistema, per cui agire su un fattore alla base significa avere ripercussioni su tutti i livelli gerarchici.

Figura 3.15: Il campo di applicazione dell'esercizio di studio del futuro



Fonte: ISPRA

3.4.2 I fase: La creazione dello scenario base

Dopo aver scelto gli elementi di interesse e avergli associato degli indicatori, la TIA prevede di ricostruire il *trend* per ogni indicatore e proiettarlo fino all'orizzonte di interesse per creare lo scenario base (o *surprise-free*). È stato creato un *dataset* contenente le serie storiche degli indicatori selezionati, estratti dalla banca dati indicatori ambientali ISPRA.

Il *trend surprise-free* presuppone che il futuro possa essere descritto con le stesse leggi che vigono per il presente e viene calcolato interpolando i dati storici con una curva scelta dal progettista, il quale definisce sia il tipo di curva che intende utilizzare, sia l'algoritmo che estrapola la tendenza. Il modello viene individuato in funzione della tipologia di dati a disposizione e introduce una quota qualitativa nella creazione dello scenario poiché due curve differenti, pur interpolando gli stessi dati, possono produrre due scenari diversi. Nel lavoro qui presentato è stato implementato un metodo di *exponential smoothing* che prende il nome di Metodo *Holt damped* (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).

Si è scelto di considerare come orizzonte temporale il 2030, in relazione al ciclo delle politiche e degli obiettivi sui rifiuti da C&D. La Direttiva europea 2008/98/CE fissa l'obiettivo di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e altre forme di recupero di materia, escluso il materiale allo stato naturale di cui alla voce CER 170504 dell'elenco europeo dei rifiuti, pari al 70% entro il 2020. Tale obiettivo è stato introdotto

Il metodo di Holt è un'estensione del metodo esponenziale semplice (*Simple Exponential Smoothing*) per dati con un *trend* latente.

Analogamente al metodo esponenziale semplice il dato previsto si ottiene da una media pesata delle osservazioni precedenti ma con l'aggiunta di un'equazione di *trend*. La stima dei dati si ottiene usando due componenti (*smooth terms*) che rappresentano il *trend* e il livello della serie storica e che concorrono a definire il dato al tempo "t".

La variante "damped" risolve i problemi di sovrastima, specialmente nel caso di lunghi orizzonti temporali, del metodo di Holt "semplice" lineare.

nell'ordinamento nazionale all'articolo 181 del D.Lgs. n. 152/2006. Nella Direttiva 2018/851/UE si indica il 31 dicembre 2024, come data entro cui la Commissione valuterà l'introduzione di nuovi obiettivi in materia di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione e relative frazioni.

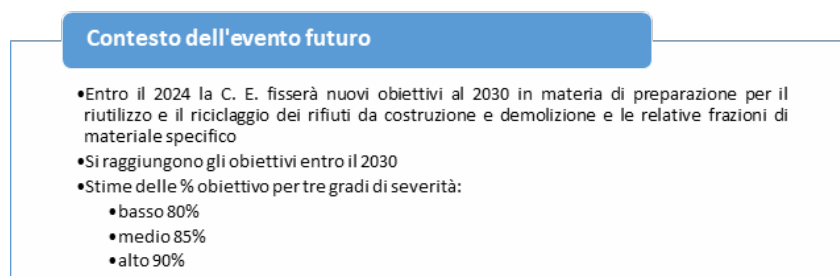
Le serie storiche disponibili non sono stazionarie o stagionali e non sono sufficientemente lunghe, pertanto, le proiezioni sono associate a un cono di incertezza, costruito sul quinto e novantacinquesimo percentile, molto ampio. Nonostante questa incertezza, i risultati ottenuti possono essere utili per limitare il cono del plausibile o fornire una prima indicazione di massima, che può essere successivamente approfondita e perfezionata.

3.4.3 Il fase: Gli scenari alternativi

Nella seconda fase della *Trend Impact Analysis*, il *trend surprise-free* viene modificato tenendo conto della possibilità che si verifichino eventi futuri inattesi mai verificatisi prima. Si stila una lista dei potenziali eventi futuri, i quali devono essere plausibili, devono potenzialmente generare un impatto significativo e devono essere verificabili in retrospettiva. La scelta degli eventi ha un carattere soggettivo e si basa su una molteplicità di metodi, tra cui la ricerca bibliografica, il metodo di Delphi¹ il *brainstorming*. Gli esperti stimano la probabilità che l'evento si verifichi in funzione del tempo, associandogli una probabilità di accadimento per ogni anno su cui si crea lo scenario. Inoltre, come già descritto nella parte introduttiva del metodo, stimano gli impatti e i tempi di impatto, associando a ogni indicatore i quattro parametri di impatto di ciascun evento futuro, ipotizzando che essi siano completamente indipendenti. Ipotizzando che venga emanata una norma con nuovi obiettivi di riciclo dei rifiuti da C&D al 2030, l'evento futuro scelto è il raggiungimento di tali prestazioni. Si sottolinea che l'evento non è del tutto inatteso, poiché la direttiva 2018/851/UE facente parte del pacchetto economia circolare, riporta l'intenzione della Commissione di valutare l'introduzione di obiettivi in materia di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione e le relative frazioni di materiale specifico entro il 31 dicembre 2024. Tra le motivazioni che hanno portato la Commissione a modificare e implementare la normativa sui rifiuti, rientra la volontà di promuovere una gestione sostenibile dei materiali per migliorare la qualità dell'ambiente e l'uso efficiente delle risorse naturali, promuovendo i principi dell'economia circolare. Un uso efficiente delle risorse garantirebbe un risparmio netto alle imprese, alle autorità pubbliche e ai consumatori, contribuendo inoltre a ridurre la dipendenza dell'Unione dalle importazioni di materie prime (Direttiva (UE) 2018/851, 2018).

Dal punto di vista metodologico, lo studio di un evento plausibile permette di analizzare in anticipo i possibili effetti per poter eventualmente riadattare o rivedere gli obiettivi. Note le prestazioni attuali in termini di riciclo, si è scelto di fissare le seguenti percentuali obiettivo da raggiungere entro il 2030 come gradi di severità: 80% di riciclo per il grado di severità basso, 85% per quello medio e 90% per la severità alta. Il risultato proposto dal presente studio è una valutazione dei possibili effetti dell'applicazione della norma attesa sugli obiettivi di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti da C&D. Si ipotizza che entro il 2024 venga emanata la norma e che questa fissi i nuovi obiettivi al 2030, ipotizzando inoltre che l'Italia riesca a raggiungerli. A una prima valutazione del tutto qualitativa ci si può aspettare che l'evento abbia un impatto positivo sulla riduzione delle pressioni ambientali, ipotesi che deve essere validata con i risultati e che porterebbe a confermare e ribadire la necessità di una revisione della norma sul riciclo dei rifiuti da C&D. Nel caso in cui l'UE non proponesse la norma, sarebbe comunque bene fissare degli obiettivi a livello nazionale perché i benefici per l'ambiente sono elevati.

Figura 3.16: Contesto dell'evento futuro



Fonte: ISPRA

La modalità di valutazione dell'impatto non è fissata dalla TIA, in quanto il metodo prevede che tale fase sia basata sul giudizio degli esperti. Nell'ottica di raffinare l'analisi e supportare le considerazioni degli esperti con i dati, si è cercato di rendere quantitativa questa fase utilizzando dei fattori che permettano di esprimere l'impatto in funzione dell'unità di rifiuto recuperato, ad esempio in termini di energia consumata per tonnellata di rifiuto. Per poter stimare gli impatti adottando un approccio globale al problema, si dovrebbe

¹ Metodo utilizzato per organizzare un dibattito tra esperti e raccogliere il loro parere su un tema di interesse, con il fine di scambiare idee e pervenire ad un'interpretazione unanimemente condivisa dai partecipanti.

considerare l'impatto dell'evento su tutta la filiera di gestione e riutilizzo o riciclo del rifiuto, tenendo conto della preparazione per il riciclo, dell'evitato smaltimento e messa in discarica, delle varie fasi di trasporto dei rifiuti e delle materie prime seconde, nonché dell'evitata estrazione e trattamento di materia prima vergine. L'obiettivo è di realizzare un'analisi più inclusiva possibile per tenere conto anche degli effetti inattesi o di *rebound*. In questi termini, il parere degli esperti e la bibliografia hanno permesso di definire quali fossero gli impatti da considerare e in che modo si potessero quantificare. Gli studi più adatti e completi sono quelli che utilizzano un approccio *Life Cycle Analysis* (LCA), che studia il problema sull'intero ciclo di vita del prodotto o del servizio. Anche gli studi LCA presentano delle limitazioni, perché molto spesso si concentrano solo sul consumo di energia e sulle emissioni di CO₂, o i confini scelti per il sistema non sono compatibili con il nostro approccio. Non sono utilizzabili gli studi che si riferiscono a realtà limitate e non riconducibili al panorama nazionale, tanto quanto non lo sono gli studi internazionali che sono basati su dati e sistemi economico-tecnologici differenti. È complesso e difficilmente realizzabile, inoltre, l'utilizzo di più studi nello stesso progetto, poiché tale "fusione" è possibile solo laddove coincidono le assunzioni e le ipotesi di base. Ad ogni modo, a partire dalla bibliografia analizzata è stata proposta un'analisi del sistema di gestione dei rifiuti da C&D non pericolosi, ponendo l'attenzione sull'impatto dei trattamenti e del recupero della frazione minerale. Si ipotizza che i rifiuti vengano trattati per recuperare aggregati riciclati misti per sottofondi, rilevati e recuperi ambientali, nuovo conglomerato bituminoso e/o ecobasi per le pavimentazioni stradali e gesso riciclato. Nel caso del recupero di aggregati si trascurano gli impatti legati al recupero di frazioni quantitativamente poco rilevanti come la plastica e il legno. Tra le principali ipotesi fatte per calcolare gli impatti, si assume che, dalle previsioni disponibili¹, la popolazione si mantenga costante. Inoltre, si assume che le materie prime seconde (MPS) recuperate siano utilizzate al posto di materie prime vergini senza che il loro ingresso nel mercato determini una variazione nella domanda delle stesse. Si pone che non si verifichino variazioni nella produzione di rifiuti speciali perché il flusso di materie prime costante in ingresso al sistema economico si suppone produca una quantità di rifiuti costante, mentre per l'effetto del recupero delle MPS, si ipotizza che i processi coinvolti nel trattamento e l'uso delle MPS al posto delle materie prime vergini non varino la quantità di rifiuti prodotti. Si ipotizza infatti che l'effetto della mancata estrazione sia all'incirca compensata dai rifiuti prodotti nelle fasi di recupero e riciclo. Dato che i processi interessati nella produzione, gestione e riutilizzo dei rifiuti da costruzione e demolizione non influiscono sulla produzione e gestione dei rifiuti urbani, si suppone che gli interventi proposti non abbiano effetto su essi, ossia che non si verifichi una variazione rispetto allo scenario base. Tutte le ipotesi fin qui descritte sono state considerate congiuntamente per calcolare l'impatto sul tasso di uso circolare dei materiali, che rappresenta il contributo dei materiali riutilizzati rapportato all'utilizzo complessivo di materiali, aggiungendo l'ipotesi di un *trend* costante per le importazioni ed esportazioni di materie prime. Per quanto riguarda il consumo di energia, non si è riusciti a risalire al *mix* energetico di tutti i processi coinvolti, pertanto, è stato possibile solo fare considerazioni relative agli impatti globali sui consumi di energia. Data la specificità dell'evento esaminato, non sono state considerati i consumi totali nazionali, ma solo quelli legati ai settori economici di interesse, ossia l'industria estrattiva e l'industria edilizia. Si riporta di seguito un esempio delle tabelle contenenti le probabilità di accadimento e i fattori di impatto fornite come *input* all'algoritmo sviluppato in ambiente R² (www.r-project.org) che permette di ricavare lo scenario alternativo. Le stime sulle probabilità di accadimento dell'evento futuro sono state ricavate confrontando i valori obiettivo di ciascun grado di severità con i valori ottenuti nello scenario base per il recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione, integrando a tali valutazioni il parere degli esperti. Per esempio (Tabella 3.9), ipotizzando che le prestazioni relative al recupero continuino a migliorare, le probabilità di accadimento per i gradi di severità medio e alto hanno un andamento crescente, ossia la probabilità che l'evento futuro si manifesti è sempre più alta. Nel caso del grado di severità basso, invece, è plausibile che l'evento accada entro l'orizzonte temporale scelto, perciò dopo una fase crescente, che culmina in un picco corrispondente all'anno in cui si ipotizza avvenga l'evento, le probabilità tendono a diminuire.

Tabella 3.9: Probabilità di accadimento dell'evento futuro

Probabilità di accadimento											
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Alto	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,1	0,15	0,2	0,2
Medio	0	0	0,05	0,05	0,1	0,15	0,25	0,35	0,4	0,5	0,55
Basso	0,2	0,4	0,7	0,8	0,7	0,4	0,2	0,1	0,05	0	0

Fonte: ISPRA

Per quanto riguarda le stime sui fattori di impatto, nell'esempio riportato in Tabella 3.10 sul consumo dei minerali non metalliferi si è cercato di ricondurre le quantità di rifiuti recuperate a quantità di materie prime risparmiate, fornendo tali valori in termini di impatto percentuale sul *trend* base. Secondo questa assunzione e secondo quando già anticipato sulle considerazioni generali, un maggiore grado di severità corrisponde a una quantità maggiore di rifiuti recuperati e, di conseguenza, a fattori di

¹ http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCIS_PREVDEM1

² R è un linguaggio di programmazione e un ambiente di sviluppo specifico per l'analisi statistica dei dati.

impatto con valori assoluti maggiori. Relativamente ai tempi di impatto, non sono stati ricavati dati sufficienti per un'analisi più dettagliata, perciò si è ipotizzato che non appena l'evento accade si manifesta con l'impatto massimo e si esaurisce, ossia mantiene i suoi effetti costanti, motivo per cui i fattori di impatto stabilizzato sono uguali a quelli di impatto massimo. In poche parole, gli effetti del riciclo dei rifiuti si manifestano nell'anno in cui quei rifiuti vengono riciclati e, poiché si suppone che le prestazioni nel riciclo continuino a migliorare, tale effetto si mantiene costante per gli anni seguenti.

Combinando le probabilità e gli impatti, con lo scenario *surprise-free* ottenuto tramite estrapolazione del *trend*, si crea uno scenario alternativo. Si riportano di seguito i risultati ottenuti; in ogni grafico si possono confrontare lo scenario base, lo scenario alternativo e il cono di incertezza, al quinto e novantacinquesimo percentile, associato a quest'ultimo.

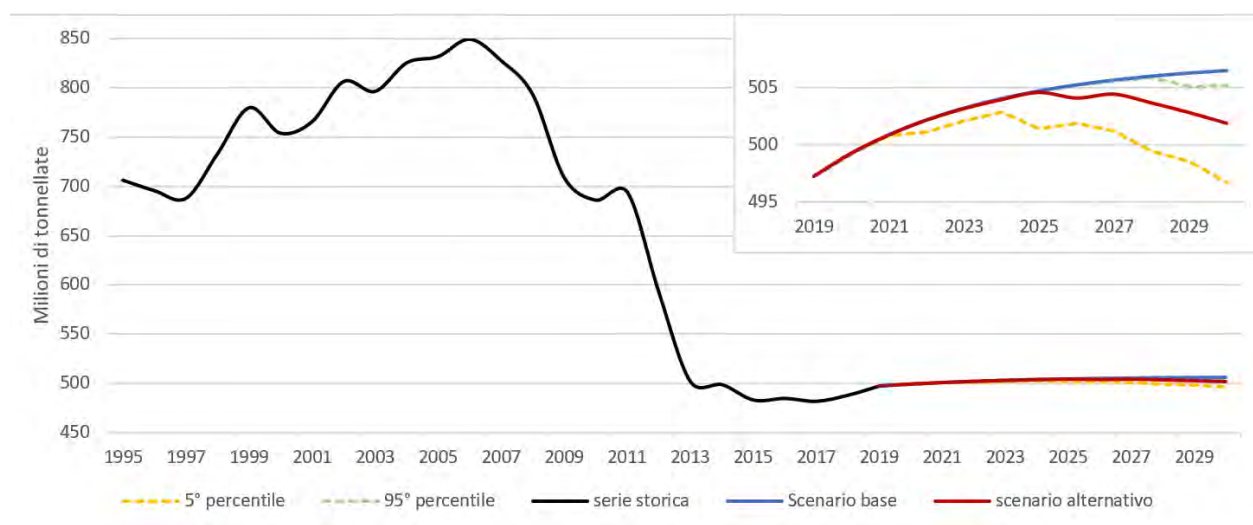
Tabella 3.10: Fattori di impatto per l'indicatore CMI, frazione dei minerali non metalliferi

Fattori di impatto relativi al CMI – minerali non metalliferi				
	Tempo di impatto massimo (anni)	Impatto massimo (%)	Tempo di impatto stabilizzato (anni)	Impatto stabilizzato (%)
Alto	0	-1,39%	1	-1,39%
Medio	0	-0,48%	1	-0,48%
Basso	0	-0,02%	1	-0,02%

Fonte: ISPRA

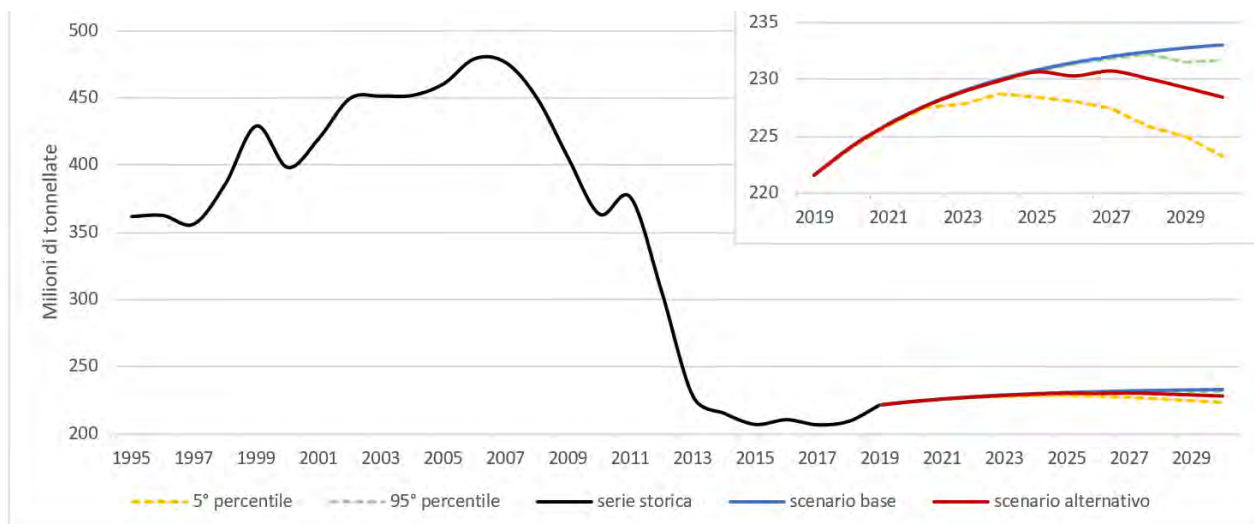
Così come ci si aspettava, i risultati dimostrano che migliorare le prestazioni sul riciclo dei rifiuti da C&D permette di ridurre tutte le pressioni ambientali considerate, confermando la bontà dell'imposizione di nuovi e ambiziosi obiettivi di recupero. In un paese come l'Italia, in cui le prestazioni sul recupero sono già molto elevate e hanno raggiunto buoni livelli, il margine di miglioramento dal punto di vista ambientale

Figura 3.17: Scenari generati per il Consumo di Materiale Interno (CMI) totale



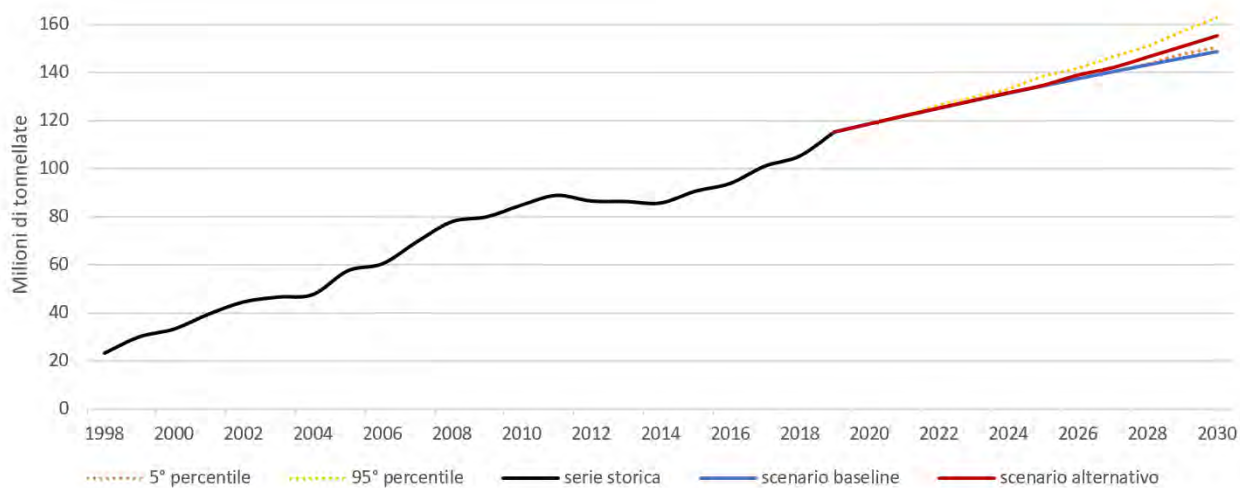
Fonte: ISPRA

Figura 3.18: Scenari generati per il Consumo di Materiale Interno (CMI), componente dei minerali non metalliferi



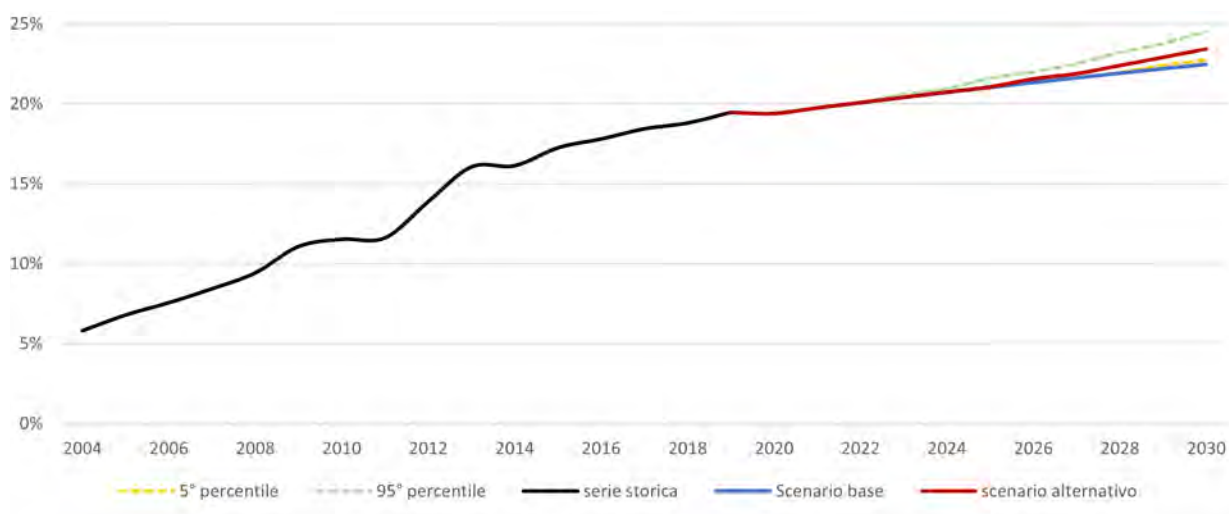
Fonte: ISPRA

Figura 3.19: Scenari generati per il recupero totale (R1-R12) di rifiuti speciali



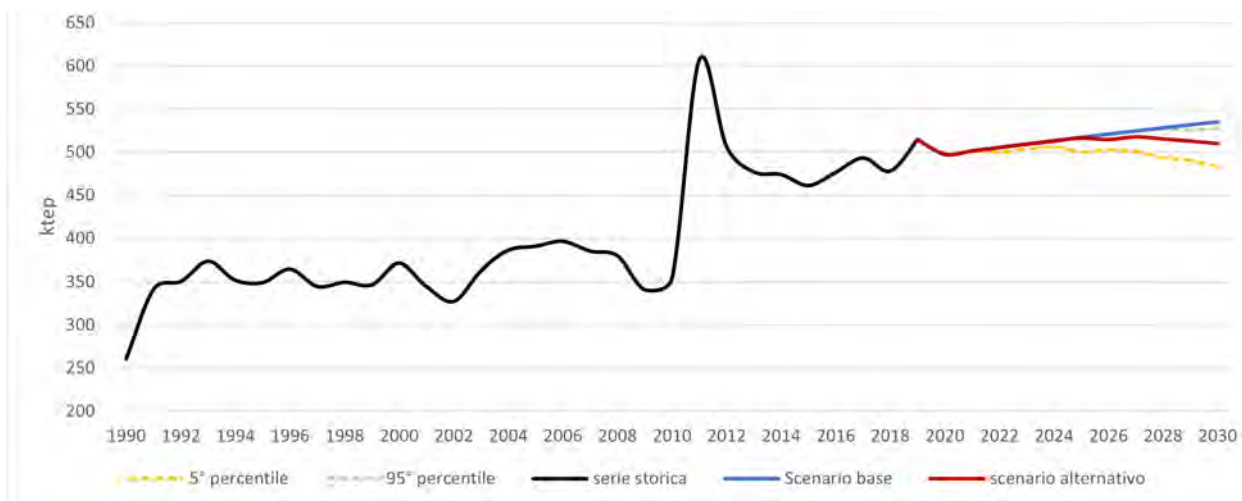
Fonte: ISPRA

Figura 3.20: Scenari generati per il tasso di uso circolare dei materiali



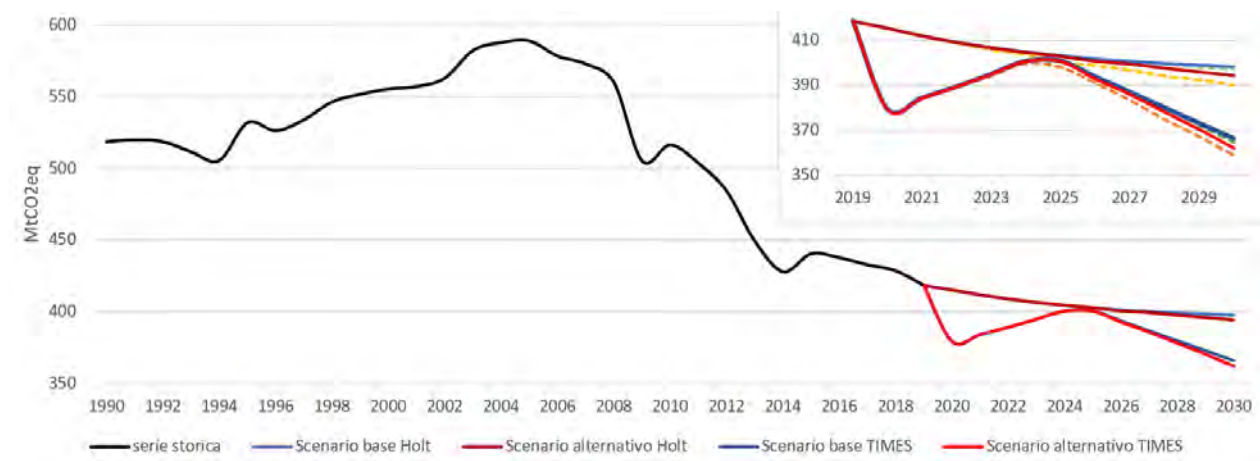
Fonte: ISPRA

Figura 3.21: Scenari generati per il consumo finale di energia per l'industria estrattiva ed edilizia



Fonte: ISPRA

Figura 3.22: Scenari generati per le emissioni di gas serra



Fonte: ISPRA

Si riportano in Tabella 3.11 gli scenari generati per ogni indicatore nel periodo 2020-2030.

Tabella 3.11: Scenari base e alternativi per gli indicatori obiettivo

Anno	Emissioni CO ₂ (MtCO2eq)				CMI tot (Mt)		CMI minerali non metalliferi (Mt)		Consumo energia ind. estrattiva+edilizia (ktep)		Recupero rifiuti speciali (Mt)		Tasso uso circolare (%)	
	Holt		TIMES											
	scenario baseline	scenario alternativo	scenario baseline	scenario alternativo	scenario baseline	scenario alternativo	scenario baseline	scenario alternativo	scenario baseline	scenario alternativo	scenario baseline	scenario alternativo	scenario baseline	scenario alternativo
2020	415.2	415.2	379.4	379.4	497.2	497.2	221.6	221.6	497.5	497.5	118.7	118.7	19.4%	19.4%
2021	411.7	411.7	384.3	384.3	499.2	499.2	224.1	224.1	501.6	501.4	122.0	122.1	19.7%	19.8%
2022	408.9	408.9	389.3	389.2	500.9	500.8	226.1	226.0	505.7	505.4	125.2	125.3	20.1%	20.1%
2023	406.5	406.5	394.9	394.9	502.2	502.1	227.7	227.6	509.6	509.1	128.4	128.5	20.4%	20.4%
2024	404.6	404.5	400.6	400.5	503.2	503.1	229.0	228.9	513.5	512.7	131.5	131.7	20.7%	20.7%
2025	402.9	402.8	400.6	400.5	504.1	503.9	230.0	229.9	517.2	516.3	134.6	134.8	21.0%	21.1%
2026	401.6	400.6	393.7	392.8	504.7	504.6	230.8	230.6	520.9	514.5	137.5	139.1	21.3%	21.6%
2027	400.4	399.4	386.9	385.9	505.3	504.1	231.5	230.3	524.6	517.6	140.5	142.2	21.6%	21.9%
2028	399.5	397.6	380.0	378.2	505.7	504.4	232.0	230.7	528.1	515.2	143.3	146.6	21.9%	22.4%
2029	398.7	395.9	373.1	370.5	506.0	503.6	232.4	230.0	531.6	512.8	146.1	151.1	22.2%	22.9%
2030	398.1	394.4	366.3	362.2	506.3	502.8	232.8	229.2	535.0	510.0	148.9	155.5	22.5%	23.4%

Fonte: ISPRA

è limitato, ma pur sempre importante. Nell'interpretazione dei risultati si sottolinea che i valori ottenuti si basano sulle considerazioni e sulle assunzioni proposte, una qualsiasi variazione delle condizioni al contorno e delle ipotesi genera risultati differenti. In linea generale, lo scenario alternativo prevede un miglioramento che si aggira tra 1% e 5%, con il valore più ampio registrato nei consumi energetici.

Relativamente al recupero dei rifiuti speciali, nonostante i rifiuti da C&D costituiscano circa il 40% dei rifiuti totali recuperati, l'impatto atteso si stima intorno al 4% poiché le prestazioni nel recupero dei C&D sono già molto elevate, pertanto il loro miglioramento è, in un certo senso, limitato e si traduce in quantità aggiuntive ridotte di rifiuti recuperati.

Tabella 3.12: Impatti percentuali attesi al 2030 sui *trend* base

	Emissioni CO ₂		CMI tot	CMI minerali non metalliferi	Consumo energia ind. estrattiva+edilizia	Recupero rifiuti speciali	Tasso uso circolare
	Holt	TIMES					
Impatto al 2030	-0.9%	-1.1%	-0.7%	-1.5%	-4.7%	4.5%	4.3%

Fonte: ISPRA

I bassi impatti sul consumo di materiale interno sono riconducibili alla quantità ridotta di rifiuti che possono essere ulteriormente recuperate per generare materie prime seconde in confronto alla domanda di materia prima. Tali considerazioni possono suggerire di tentare di ridurre il consumo delle materie prime vergini non tanto proponendo azioni che favoriscano l'uso di MPS, quanto cercando di ridurre la domanda di materie prime vergini o orientarla in modo tale da vincolarla all'uso di MPS, ad esempio cercando di "abbinare" interventi di demolizione a nuove costruzioni.

Dalle valutazioni sopra descritte, derivano i risultati sul tasso di uso circolare dei materiali, il quale trova giovamento dal maggiore recupero e dal maggiore utilizzo di MPS, ma sempre con percentuali limitate.

Relativamente alle emissioni, l'approccio scelto focalizzato sull'intero ciclo considera processi di recupero e riuso del rifiuto appartenenti a diversi settori emissivi, senza la possibilità di ricondurre gli impatti ai singoli settori e rendendo, pertanto, obbligatorio considerare il processo di recupero globalmente. Come si nota

dalla Tabella 3.11 sono state realizzate due coppie di scenari emissivi, la prima "Holt" considera come scenario base quello proposto dalla ricostruzione della tendenza storica con il metodo di Holt, mentre la seconda coppia "TIMES" utilizza come *baseline* le proiezioni che ISPRA realizza, con approccio integrato, come responsabile nazionale del monitoraggio delle emissioni dei gas climalteranti e comunica periodicamente alla Commissione europea ai sensi del Regolamento (UE) 1999/2018 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima. In entrambi i casi si prevede un calo delle emissioni, ma di differente entità, poiché le proiezioni calcolate con il modello TIMES sono ricavate tenendo conto di una varietà di input che descrivono in modo dettagliato il sistema economico e alcune sue possibili variazioni (PIL, popolazione, effetti di politiche già esistenti, cambiamento della struttura economica, ecc). Lo scenario base ricavato dalla ricostruzione del *trend*, invece, pur essendo meno dettagliato, garantisce la compatibilità con gli scenari relativi agli altri indicatori ambientali e consente una visione più ampia e omogenea sugli impatti ambientali dell'evento futuro.

Nella prima fase del progetto si è operata una semplificazione del tema trattato, ma in quest'ultima fase di analisi dei risultati si può procedere in senso opposto e approfondire quanto ottenuto ampliando i risultati e le considerazioni ambientali. A titolo di esempio, nella valutazione degli impatti viene considerato l'effetto dell'evitata messa in discarica dei rifiuti recuperati, così come si considera l'effetto dell'evitata estrazione da cava; per ognuno di questi esempi è possibile procedere con un'analisi più dettagliata volta a quantificare gli impatti ambientali in altri ambiti o tramite altri indicatori.

Il modello TIMES fa parte dei "3E models": *environment, economy, energy*. Esso coniuga due approcci alla modellazione dell'energia, da una parte quello tecnico ingegneristico e dall'altra quello economico. Con approccio *bottom-up*, il sistema energetico simulato è suddiviso in settori e sottosectori (produzione elettrica, attività industriali ecc), ognuno dei quali è composto da una serie di tecnologie connesse da relazioni di *input-output*.

3.5 Conclusioni

ISPRA partecipa al dibattito sui *futures studies* in ambito ambientale, proponendo una prima applicazione non ancora esplorata sull'economia circolare. Si è scelto di analizzare tale argomento per la sua centralità nelle politiche europee (*European Green Deal*, Nuovo piano per l'economia circolare, Strategia EEA/Eionet al 2030) e per la compatibilità con l'intento di ISPRA di sondare dei futuri alternativi con approccio *policy-oriented*, al fine di ottenere informazioni utili ai decisori politici e indirizzare le scelte strategiche o validare e correggere le proposte già esistenti.

Si è cercato di costruire un processo di *foresight* che coniugasse l'attendibilità dei dati quantitativi con la soggettività necessaria per indagare futuri alternativi, pervenendo alla divisione del processo in due fasi: la

¹ Per le proiezioni delle emissioni di gas serra ISPRA utilizza un approccio integrato basato sull'uso di più modelli quantitativi che descrivono i settori emissivi. Si è scelto di rappresentare tali proiezioni con il termine "TIMES" poiché tale modello descrive la quota più rilevante di emissioni in termini di quantità

semplificazione del fenomeno complesso (economia circolare) e la costruzione dei possibili scenari. Data l'esperienza di ISPRA nel monitoraggio ambientale e nella costruzione di indicatori ambientali, si è cercato di sviluppare gli scenari futuri adottando un metodo che permettesse di creare scenari quantitativi legati alle serie storiche che l'istituto propone. In questo primo approccio con la fase di scomposizione sono stati raggiunti i risultati auspicati, poiché l'analisi strutturale effettuata sull'economia circolare ha permesso di raggiungere una maggiore comprensione dell'argomento, evidenziandone gli elementi costituenti e le relazioni che li legano. Per la fase di costruzione degli scenari, invece, sia dal punto di vista metodologico, sia dei risultati, sono emersi numerosi spunti di riflessione per miglioramenti e sviluppi futuri. Le prime considerazioni sono sicuramente relative all'iter metodologico scelto; essendo il primo approccio di ISPRA ai *future studies*, è stato necessario effettuare ricerche approfondite nell'ambito dei metodi di *foresight*, proponendo poi una raccolta dei metodi studiati che evidenziasse per ognuno campi di applicazione, punti di forza e di debolezza. Data la novità del tema, si è scelto di applicare un metodo efficace, ma allo stesso tempo semplice, che implica una semplificazione della trattazione del futuro. Uno degli sviluppi futuri proposti consiste, pertanto, nel perfezionare gli scenari e ampliare/approfondire le considerazioni proposte affiancando al processo metodologico creato altri modelli settoriali e/o economici. Un ulteriore perfezionamento dei risultati potrebbe derivare dall'ampliamento del gruppo di lavoro, in un'ottica di maggiore interdisciplinarietà, per poter integrare, ad esempio, valutazioni economiche al progetto proposto o studi di settore accademici.

In secondo luogo, è stato necessario semplificare le caratteristiche dell'evento futuro inatteso a causa della carenza di studi di settore che permettessero di quantificare gli impatti ambientali dell'evento con un approccio globale, pertanto si sottolinea la necessità di implementare la base dati relativa agli impatti tramite studi di settore che permettano di comprendere in modo più approfondito i legami tra le varie componenti antropiche e ambientali. In questo modo sarebbe possibile, inoltre, aumentare il grado di dettaglio della trattazione e dei risultati andando a "rimuovere" la semplificazione operata nella rappresentazione delle pressioni ambientali: una migliore comprensione qualitativa a quantitativa delle relazioni permetterebbe infatti di ampliare il ventaglio di pressioni considerate. In riferimento all'interpretazione dei risultati del paragrafo precedente, ad esempio, potrebbero essere svolte delle analisi specifiche sugli effetti della mancata messa in discarica o sulla mancata estrazione da cava, così come potrebbe essere valutato l'effetto sugli altri indicatori ambientali disponibili o sull'impatto sul capitale naturale.

D'altra parte, adottare i risultati degli studi settoriali in un processo di *foresight*, permetterebbe di costruire e proporre una serie di scenari settoriali, analoghi a quello già proposto, da utilizzare congiuntamente per la trattazione di tematiche più ampie, rappresentate nella struttura FISM delle "Azioni" (Figura 3.8) dai fattori alla base della gerarchia, quali i *business models* di supporto alla circolarità. In altre parole, ampliando la conoscenza di base dei temi più ristretti e combinando una serie di scenari settoriali con le medesime assunzioni, si rende possibile l'analisi e la creazione di futuri per quei temi più ampi e inclusivi che altrimenti sarebbero difficili da trattare. Dato che il processo è stato creato per essere applicabile a una varietà di argomenti, tra gli sviluppi futuri si pone lo sviluppo di scenari per altri temi ambientali di interesse.

Tenendo conto che gli scenari possono essere utilizzati come strumento decisionale di supporto a interventi normativi in essere o da programmare, nell'ambito della transizione verso l'economia circolare si potrebbe utilizzare il processo per valutare e confrontare la circolarità di un set di azioni future in esame, in modo tale da aiutare i decisori a stabilire le priorità di azione e fissare le strategie. Inoltre, è possibile valutare "la circolarità" delle azioni in termini di impatti complessivi sulle pressioni ambientali, pertanto, nel caso in cui l'azione determini allo stesso tempo influenze positive e negative, le stime proposte sugli effetti futuri permettono di capire quale dei due impatti prevale globalmente.

Facendo riferimento all'applicazione sull'economia circolare, il processo di *foresight* si completa e concretizza quando le valutazioni sugli scenari vengono tradotte in una serie di azioni o strategie. Uno sviluppo del progetto dovrebbe prevedere, pertanto, la definizione di un piano d'azione volto a creare le migliori condizioni per il realizzarsi dell'evento che permette di raggiungere lo stato futuro desiderato. I risultati ottenuti nell'ambito delle azioni sul riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione permettono di confermare le ipotesi di partenza sull'utilità e la bontà degli effetti di un ulteriore progresso delle prestazioni sul recupero e riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione, ma evidenziano come i margini di miglioramento ambientale siano limitati a causa delle prestazioni già elevate. Nonostante l'impatto ambientale ottenuto sia limitato, lo si ritiene comunque importante e rilevante dato che può essere raggiunto sfruttando conoscenze, tecnologie e impianti già esistenti, con necessità limitate di nuovi interventi e investimenti.

Relativamente alle conseguenze "pratiche" dei risultati, un eventuale piano d'azione potrebbe consigliare di migliorare le prestazioni favorendo una migliore qualità dei rifiuti in ingresso grazie, ad esempio, alla demolizione selettiva. I risultati, inoltre, sembrano suggerire una pianificazione della normativa che affianchi alle misure sul recupero dei rifiuti, interventi mirati a modificare e gestire la domanda di materiale vergine. Risulta infatti che la quantità di materie vergini inerti richieste dal settore sono molto più elevate delle quantità di rifiuti prodotte dal settore delle costruzioni e demolizioni (circa 220 Mt vs 36Mt, secondo i dati Istat e ISPRA), pertanto le materie prime seconde prodotte non saranno mai sufficienti a coprire tutta la domanda di materiali inerti. I decisori potrebbero, di conseguenza, suggerire azioni che aumentino l'uso di materie prime seconde generate da riciclo, ad esempio aumentando le percentuali di uso di Materie Prime Seconde (MPS) sul totale dei materiali utilizzati per la costruzione o ristrutturazione di edifici, o favorendo

il recupero delle MPS rendendo preferibile (se non obbligatorio) la ristrutturazione o la demolizione di edifici inutilizzati contestualmente alla fase di costruzione, allo scopo di recuperare la maggior quantità di materiali possibili. Altre azioni potrebbero essere orientate ad aumentare la quota di rifiuti raccolti e gestiti correttamente, tramite una migliore tracciabilità e una svolta nella lotta all'abbandono o al deposito illecito dei rifiuti. Aumentare la quantità di rifiuti raccolta correttamente permetterebbe di limitare l'impatto ambientale sia per l'evitato smaltimento nell'ambiente, sia per la maggior quantità di MPS utilizzabili.

In conclusione, questo primo approccio di ISPRA al *foresight* ambientale mette in evidenza alcune necessità per uno sviluppo strutturale in questo settore:

- Integrare e promuovere la propensione a percepire e pensare al futuro in modo creativo, identificando i segnali deboli di cambiamento (*weak signals*) che permettono di immaginare futuri ad oggi impensabili;
- Integrare nel processo discipline tecniche di supporto che vanno al di là delle competenze prettamente ambientali;
- Ampliare le competenze sui *futures studies* tramite una ricognizione dei modelli settoriali esistenti;
- Creare un database che descriva in modo quantitativo il rapporto tra le attività antropiche e l'ambiente grazie a dati, informazioni, studi e ricerche a livello settoriale e globale, promuovendo inoltre la realizzazione di nuovi studi settoriali;
- Applicare l'iter metodologico ad altre tematiche di interesse;
- Utilizzare i risultati del processo di *foresight* per migliorare le politiche e le strategie ambientali sul medio-lungo periodo.

Bibliografia e sitografia

- Agami, N. M., & Omran, A. M. (2008). An enhanced approach for Trend Impact Analysis. In *Technological Forecasting & Social Change* 75 (p. 1439–1450). Elsevier Inc.
- Alaimo, L., & Maggino, F. (2020). Sustainable Development Goals Indicators at Territorial Level: Conceptual and methodological issues. The Italian perspective. *Social Indicators Research*, 147(2), 383–419. doi:10.1007/s11205-019-02162-4
- Bengston, D. (2012). Environmental futures research: experiences, approaches and opportunities. Gen. Tech. Rep. NRS-P-107. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 79 p.
- Bengston, D. N., Kubik, G. H., & Bishop, P. C. (2012). Strengthening Environmental Foresight: Potential Contributions of Futures Research. *Ecology and Society*, Vol. 17, No. 2.
- Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*, VOL. 9 NO. 1, pp. 5–25. doi:10.1108/14636680710727516
- Casadio Tirabusi, E., & Guarini, G. (2013, Maggio). An Unbalance Adjustment Method for Development Indicators. *Social Indicators Research*, 112, p. 19–45.
- Commissione Europea (2019). The European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Circular Economy introduction*. Tratto da Ellen MacArthur Foundation: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/glossary>
- EPA Network. (2020, Dicembre). Bellagio Declaration "Circular Economy Monitoring Principles". Tratto da EPA Network, 2020. Monitoring progress in Europe's circular economy [WWW Document]. URL <https://epanet.eea.europa.eu/reports-letters/monitoring-progress-in-europes-circular-economy>
- European Foresight Platform. (2020). <http://www.foresight-platform.eu/>
- Eurostat (2022). *Annex 2 Methodology notes*. Tratto da Sustainable development in the European Union - Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context - 2022 edition: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/ks-09-22-019>
- Glenn, Gordon, & al. (2009). *Futures Research Methodology - Version 3.0*. (CD-ROM). The Millennium project.
- Glenn, J., Gordon, T., & Dator, J. (2001). Closing the deal: how to make organizations act on futures research. *Foresight*, 3 No. 3, 177–189. Tratto da <https://doi.org/10.1108/14636680110803111>
- Godet, M. (1994). *From Anticipation to Action: A Handbook of Strategic Prospective*. United Nations Educational.
- Hines, A., & Bishop, P. (2015). *Thinking about the future: Guidelines for strategic foresight*. Hinesight Edition.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018, Aprile). *Trend methods*. Tratto da Forecasting: Principles and Practice: <https://otexts.com/fpp2/holt.html>
- ISPRA. (2021, 12). *Catasto Rifiuti sezione nazionale*. <https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=navigazioners&advice=si&width=1280&height=720>
- ISPRA. (varie edizioni). *Annuario dei dati Ambientali*. <https://annuario.isprambiente.it>
- ISPRA. (2020). *Ambiente in Italia: Trend e normative*.
- Kosow, H., & Gaßner, R. (2007). *Methods of future and scenario analysis: overview, assessment and selection criteria*. Bonn: Dt. Inst. für Entwicklungspolitik.
- Kubik, G. (2009). Ph.D. thesis, University of Minnesota. *Projected futures in competency development and applications: A Delphi study of the future of the wildlife biology profession*.
- Maggino, F. (2006). *Gli indicatori statistici: concetti, metodi e applicazioni*. 1–458. Firenze University Press, Archivio E-Prints.
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2012). *Indici sintetici per confronti spazio-temporali: un'applicazione alla dotazione infrastrutturale*.
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2020). *Gli indici sintetici*. Giappichelli Editore.

-
- Network, E. (2020). *Monitoring progress in Europe's circular economy* . <https://epanet.eea.europa.eu/reports-letters/monitoring-progress-in-europes-circular-economy>
- OECD. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*.
- Parlamento europeo. (2021). *Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi*. Parlamento Europeo - Attualità: <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>
- Sharma, A., Abbas, H., & Siddiqui, M. (2021). *Modelling the inhibitors of cold supply chain using fuzzy interpretive structural modeling and fuzzy MICMAC analysis*". PLoS ONE 16(4): e0249046. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249046>
- UE (2018). *Direttiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio*.
- UNDP, G. C. (2018). *Foresight Manual - Empowered Futures for the 2030 Agenda*.
- Voros, J. (2017). *The Futures Cone, use and history*. <https://thevoroscope.com/2017/02/24/the-futures-cone-use-and-history/>

Appendice A

In questa edizione di “Indicatori, indici e scenari per l’analisi dei principali *trend* ambientali” è stato calcolato il “tasso di crescita annuale composto” (CAGR) per fornire una valutazione dell’andamento della serie dei valori registrati dagli indicatori negli anni monitorati. Il risultato ottenuto viene sintetizzato da una freccia che mostra l’intensità e la direzione delle variazioni. L’interpretazione dei risultati si divide in due casi, a seconda dell’esistenza o meno di un obiettivo quantitativo. Per gli indicatori con un obiettivo quantitativo, le frecce indicano se per il fenomeno monitorato l’obiettivo è raggiungibile mantenendo il *trend* attuale o meno; il valore a cui si fa riferimento è ottenuto dal confronto tra il tasso reale e quello necessario per il raggiungimento dell’obiettivo.

Per gli indicatori senza obiettivo quantitativo, le frecce indicano se l’andamento dell’indicatore è nella direzione desiderabile e qual è la velocità di questo movimento.

Il valore CAGR è calcolato per gli ultimi 10 anni per i quali il dato è disponibile. Può essere utile notare che questo indice, misurando la variazione percentuale nel tempo di una grandezza come valore medio annuale costante, potrebbe discostarsi dai valori rilevati cambiando il periodo di riferimento.

Formalmente, dati i valori $y_{(t_0)}$ e y_t di un indicatore al tempo iniziale (anno base) t_0 e al tempo t , il CAGR viene calcolato tramite la formula:

$$CAGR = \left(\frac{y_t}{y_{t_0}} \right)^{\frac{1}{t-t_0}} - 1$$

Nel caso sia disponibile un valore obiettivo è possibile calcolare il CAGR con riferimento a quel valore sostituendo nell’espressione il valore obiettivo al numeratore e il tempo fissato per il raggiungimento dell’obiettivo t_{ob} all’esponente

$$CAGR_{ob} = \left(\frac{O_{t_{ob}}}{y_{t_n}} \right)^{\frac{1}{t_{ob}-t_0}} - 1$$

Il confronto tra i due valori viene effettuato tramite rapporto:

$$R = \frac{CAGR}{CAGR_{ob}}$$

I valori ottenuti sono sintetizzati visivamente da frecce che indicano la direzione ed intensità del *trend*, come riportato in tabella A.1 nel caso di un indicatore con polarità positiva e in tabella A.2 nel caso di indicatore con polarità negativa (in tal caso si considera l’opposto del valore soglia e si invertono le disuguaglianze cioè cambiano il segno dei valori soglia e il verso delle disuguaglianze). Nella tabella A.3 sono invece indicati i valori soglia per la valutazione dell’andamento degli indicatori con obiettivi quantitativi fissati.

Tabella A.1: Valori soglia CAGR per determinazione del *trend* per indicatori a polarità positiva

Tasso di crescita CAGR in relazione alla direzione desiderata	Simbolo	Valutazione associata
$\leq 1\%$		Significativo progresso verso la direzione desiderata
$< 1\%$ e $\geq 0\%$		Moderato progresso verso la direzione desiderata
$< 0\%$ e $\geq -1\%$		Insufficiente progresso verso la direzione desiderata
$< -1\%$		Allontanamento dalla direzione desiderata

Fonte: Eurostat

Tabella A.2: Valori soglia CAGR per determinazione del *trend* per indicatori a polarità negativa

Tasso di crescita CAGR in relazione alla direzione desiderata	Simbolo	Valutazione associata
< -1%		Significativo progresso verso la direzione desiderata
≤ 0% e ≥ -1%		Moderato progresso verso la direzione desiderata
≤ 0% e > -1%		Insufficiente progresso verso la direzione desiderata
> 1%		Allontamento dalla direzione desiderata

Fonte: Eurostat

Tabella A.3 Valori soglia Rapporto tra valore CAGR reale e necessario per il conseguimento dell'obiettivo

Rapporto tra valore CAGR reale e necessario	Simbolo	Valutazione associata
≥ 95%		Significativo progresso verso l'obiettivo
< 95% e ≥ 60%		Moderato progresso verso l'obiettivo
< 60% e ≥ 60%		Insufficiente progresso verso l'obiettivo
< 0%		Allontamento dall'obiettivo

Fonte: Eurostat
