

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
	6. L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

La riduzione principale si è ottenuta nelle emissioni dovute alla fermentazione enterica (-12,6%), che pesano per il 45,4% del totale settoriale, e alla diminuzione delle emissioni dalle deiezioni animali (-23,4%), 17,2% del totale, poiché sono diminuiti i capi allevati, in particolare bovini e vacche da latte. Si nota anche un minor uso di fertilizzanti azotati, con conseguente riduzione delle emissioni dai suoli agricoli (-17,4%). Negli ultimi anni si è registrato un incremento della produzione e raccolta di biogas dalle deiezioni animali a fini energetici, evitando emissioni di metano dallo stoccaggio delle stesse.

Nella gestione e trattamento dei rifiuti, le emissioni sono diminuite del 21,8%, dal 1990 al 2014, e sono destinate ad abbassarsi ulteriormente nei prossimi anni, essendo migliorata l'efficienza di captazione del biogas, generato dalle discariche ed essendosi ridotta la quantità di materia organica biodegradabile, smaltita in discarica, grazie alla sempre più diffusa pratica della raccolta differenziata.

Se si considerano le emissioni e gli assorbimenti totali di gas serra, incluso il settore *Land Use, Land-Use Change and Forestry - LULUCF*¹², l'energia pesa per il 76,3% del totale, in termini assoluti, seguito dai processi industriali e dall'uso dei prodotti in agricoltura (6,8%, ciascuno), LULUCF, che contribuisce per il 6,0%, e rifiuti (4,1%). Il Grafico 6.14 mostra l'andamento delle emissioni di gas serra dal 1990 al 2014 per settore, incluso LULUCF.

In particolare, gli assorbimenti totali nel settore LULUCF, in CO₂ equivalente, mostrano un'elevata variabilità nel periodo, fortemente influenzata dall'occorrenza annuale degli incendi e dalla relativa area bruciata. L'aumento degli assorbimenti, nel periodo osservato, è dovuto all'aumento del carbonio sequestrato dalle foreste (l'area forestale è aumentata del 22,8%, rispetto al 1990).

Per ulteriori approfondimenti sull'andamento delle emissioni dei gas serra si può consultare il documento ISPRA, *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2014 - National Inventory Report 2016*. Il documento, i dati della serie storica ed altre informazioni sono disponibili sul sito web dell'ISPRA¹³.

GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

IMPATTI

La maggior parte dei parametri che influenzano il clima cambiano continuamente, cosicché lo stesso non si può considerare statico, ma perennemente alla ricerca di un equilibrio: in pratica, la natura stessa del clima è di cambiamento, e ha attraversato, nei milioni di anni di storia, periodi più freddi e periodi più caldi.

Oggi viviamo sicuramente un periodo più caldo – negli ultimi 10 anni si sono registrate le temperature più alte da 150 anni a questa parte, e gli ultimi anni del '900 sono stati i più caldi del secolo – e, da un punto di vista meteorologico, ricco di eventi naturali estremi molto violenti.

I cambiamenti climatici sono un fenomeno complesso, che accompagna la storia della Terra dalla sua nascita e possono produrre eventi meteorologici estremi, quali tifoni, inondazioni, siccità, ondate di calore, che potrebbero aumentare in intensità e frequenza e portare a mutazioni considerevoli nei regimi di precipitazione con accentuazione dell'aridità anche nel sud dell'Europa e nella regione del Mediterraneo.

Alla scala globale si prefigurano carenze di cibo, di acqua potabile, di terreni coltivabili, l'acutizzarsi delle disuguaglianze fra il Nord e il Sud del mondo, di migrazioni e conflitti.

Nella zona del Mediterraneo gli impatti negativi attesi nei prossimi decenni sono correlati principalmente ad un innalzamento eccezionale delle temperature medie e massime – soprattutto in estate –, all'aumento della frequenza di eventi meteo climatici estremi – ondate di calore, siccità ed episodi di precipitazioni piovose intense – ed alla riduzione delle precipitazioni annuali medie e dei flussi fluviali.

In questo contesto, i potenziali impatti derivanti dai cambiamenti climatici e le principali vulnerabilità per l'Italia tracciano un quadro non molto differente da quanto sopra descritto con possibili

12 http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/lulucf/items/1084.php

13 <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>.

peggioramenti delle condizioni già esistenti di forte pressione sulle risorse idriche (riduzione della qualità e della disponibilità di acqua), sul regime idro-geologico, sul suolo (erosione e desertificazione del terreno), sulla biodiversità e sugli ecosistemi naturali (erosione delle coste e innalzamento del livello del mare).

Ma gli effetti di tali cambiamenti avranno conseguenti impatti anche su molti settori economici, come ad esempio l'agricoltura, la pesca e il turismo, fortemente dipendenti dalle condizioni climatiche.

I principali impatti attesi, alla scala nazionale, possono essere sintetizzati come segue:

- possibile peggioramento delle condizioni già esistenti di forte pressione sulle risorse idriche, con conseguente riduzione della qualità e della disponibilità di acqua, soprattutto in estate nelle regioni meridionali e nelle piccole isole dove il rapporto tra acquiferi alluvionali e aree montane è basso;
- possibili alterazioni del regime idro-geologico che potrebbero aumentare il rischio di frane, flussi di fango e detriti, crolli di roccia e alluvioni lampo. Le zone maggiormente esposte al rischio idro-geologico comprendono la valle del fiume Po - con un aumento del rischio di alluvione - e le aree alpine ed appenniniche - con il rischio di alluvioni lampo;
- possibile degrado del suolo e rischio più elevato di erosione e desertificazione del terreno, con una parte significativa dell'Italia meridionale classificata a rischio di desertificazione e diverse Regioni del Nord e del Centro che mostrano condizioni preoccupanti;
- maggior rischio di incendi boschivi e siccità per le foreste italiane, con la zona alpina e le Regioni insulari - Sicilia e Sardegna - che mostrano le maggiori criticità;
- maggior rischio di perdita di biodiversità e di ecosistemi naturali, soprattutto nelle zone alpine e negli ecosistemi montani;
- maggior rischio di inondazione ed erosione delle zone costiere, a causa di una maggiore incidenza di eventi meteorologici estremi e dell'innalzamento del livello del mare, anche in associazione al fenomeno della subsidenza, di origine sia naturale sia antropica;
- potenziale riduzione della produttività agricola soprattutto per le colture di frumento, ma anche di frutta e verdura; la coltivazione di ulivo, agrumi, vite e grano duro potrebbe diventare possibile nel nord dell'Italia, mentre nel Sud e nel Centro la coltivazione del mais potrebbe peggiorare e risentire ancor più della disponibilità di acqua irrigua;
- sono possibili ripercussioni sulla salute umana, specialmente per i gruppi più vulnerabili della popolazione, per via di un possibile aumento di malattie e mortalità legate al caldo, di malattie cardio-respiratorie da inquinamento atmosferico, di infortuni, decessi e malattie causati da inondazioni e incendi, di disturbi allergici e cambiamenti nella comparsa e diffusione di malattie di origine infettiva, idrica ed alimentare;
- potenziali danni per l'economia italiana nel suo complesso, dovuti principalmente alla possibilità di un ridotto potenziale di produzione di energia idroelettrica, ad un'offerta turistica invernale ridotta (o più costosa) e una minore attrattività turistica della stagione estiva, ad un calo della produttività nel settore dell'agricoltura e della pesca, ad effetti sulle infrastrutture urbane e rurali con possibili interruzioni o inaccessibilità della rete di trasporto con danni agli insediamenti umani e alle attività socio-economiche.

Le maggiori criticità riguardano:

- le risorse idriche e le aree a rischio di desertificazione;
- le zone costiere a rischio di erosione e inondazione e gli ecosistemi marini a rischio di alterazione;
- la regione alpina e gli ecosistemi montani, con la perdita di ghiacciai e di copertura nevosa;
- la popolazione con riferimento alla salute, al benessere e alla sicurezza;
- le aree soggette a rischio idrogeologico;
- l'area idrografica del fiume Po e i bacini idrografici del distretto dell'Appennino centrale, dove sono insediati i grandi invasi di regolazione delle acque.

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
6.	L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

Foto 6.04
Alluvione
Fonte ISPRA Franco Iazzoli



RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

box

6.01

ACIDIFICAZIONE MARINA

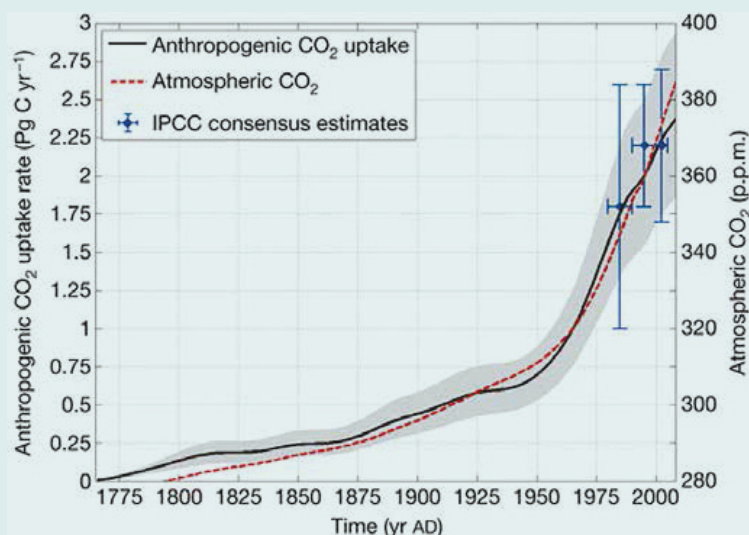
Tra gli effetti dei cambiamenti climatici, un aspetto di particolare importanza riveste il processo noto come Acidificazione Marina (*Ocean Acidification - OA*), il quale ha conseguenze importanti sull'ambiente e sugli organismi. Questo processo è ormai scientificamente provato e ben documentato con studi e progetti internazionali sviluppati ad hoc negli ultimi decenni. La pressione parziale della CO_2 nell'atmosfera è cresciuta del 40% (da 267 a 384 ppm) dall'inizio della rivoluzione industriale ad oggi. Gli oceani, quale principale serbatoio della CO_2 , contribuiscono alla diminuzione della concentrazione atmosferica derivante dalle emissioni antropiche e del conseguente effetto serra. Il rapido incremento dei livelli di CO_2 di origine antropogenica nell'atmosfera sta non solo causando il riscaldamento

globale in atto, ma comporta anche, come conseguenza non secondaria, un aumento della concentrazione di CO_2 nelle acque di superficie degli oceani: ciò determina una contemporanea riduzione del pH marino. Infatti, il principale effetto dell'incremento della dissoluzione di CO_2 nell'acqua di mare ha corrisposto, dall'inizio dell'era preindustriale, ad un aumento del 30% nella concentrazione degli ioni idrogeno disciolti con una diminuzione del valore di pH marino, prevista per il 2100, fino a 0,5 unità (Sabine *et al.*, 2004; Khatiwala *et al.*, 2009) (Grafico 6.15).

La diminuzione del pH è legata alla partecipazione della CO_2 a un equilibrio multiplo, chimicamente e matematicamente, definito da costanti di equilibrio, che a loro volta sono influenzate da grandezze,

quali temperatura e salinità. Un abbassamento del pH oceanico può modificare i processi metabolici intra-cellulari (Pörtner *et al.*, 2009), inoltre, un eccesso di ioni H^+ causa una minore disponibilità degli ioni carbonato CO_3^{2-} , utilizzati da molteplici organismi marini per formare il carbonato di calcio (CaCO_3) di cui è composto il loro scheletro o conchiglia. Questi organismi sono alla base di ecosistemi costieri estremamente produttivi, che soffrirebbero molto a causa di un eccessivo abbassamento di pH. La solubilizzazione della CO_2 può dipendere da processi fisici, chimici e biologici e pertanto la valutazione del fenomeno dell'acidificazione deve prevedere indagini mirate a monitorare tutti i processi. Risultati di simulazioni sull'andamento futuro indicano che,

Grafico 6.15
Rateo di assorbimento di CO_2 antropogenica dal 1765 al 2008 (linea nera)
Fonte Khatiwala (2009)



A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
6.	L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

anche riducendo le emissioni di CO₂, l'inerzia del sistema atmosfera-oceano è tale per cui il processo di acidificazione potrà proseguire comunque esponendo quindi il biota a condizioni mai sperimentate precedentemente nella storia evolutiva. Infatti, il conseguente decremento della capacità degli organismi marini di concrezionare il proprio scheletro o guscio carbonatico porterà ad un drammatico cambiamento della struttura trofica della biosfera marina. Inoltre, la riduzione dello stato di saturazione dei carbonati marini diminuirà, a sua volta, la capacità degli oceani di assorbire CO₂ antropogenico: ciò condurrà ad un ancor più rapido incremento dei livelli di CO₂ nell'atmosfera. Si prevede inoltre che, alle modificazioni prodotte dall'acidificazione marina, si sommeranno altre alterazioni ambientali e in particolare quelle legate all'aumento della temperatura. Ad oggi, non è possibile determinare appieno qualitativamente e quantitativamente come le comunità bentoniche e planctoniche rispondano al fenomeno. Per valutare correttamente le risposte degli organismi e degli ecosistemi alle crescenti emissioni di CO₂ devono essere quindi predisposte sperimentazioni a diverse scale dimensionali e temporali che vengano da esperimenti di laboratorio specie-specifici, a esperimenti di campo, a modellizzazioni basate su studi condotti a breve/lungo termine con metodologie standardizzate. Le ricadute socio-economiche dell'acidificazione riguardano i beni ed i servizi ecosistemici derivanti dall'ambiente marino: l'acquacoltura (molluschi e veneridi), la pesca (impatti su componente fito/zooplanctonica,

alla base della catena trofica), il turismo (modificazione dei fondali), la protezione delle coste (perdita di substrati rocciosi) ecc.

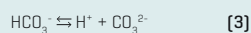
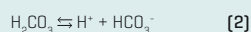
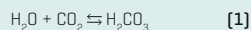
La Comunità europea - CE ha deciso di investire risorse, sia nella ricerca che nella costruzione di reti osservative [ad es. il programma *Integrated Carbon Observing System - ICOS*¹], del livello di acidificazione e dei flussi di CO₂. A fronte degli ingenti investimenti da parte di diversi Paesi europei quali Regno Unito, Germania, Norvegia, emerge come l'Italia non sia tra questi. L'unico progetto nazionale è stato VulnErabilità delle Coste e degli ecosistemi marini italiani ai cambiamenti climatici e loro ruolo nei cicli del carbonio mediterraneo - VECTOR, conclusosi nel 2010 a scapito della continuità delle misure e del rafforzamento italiano, nel contesto europeo, in questo campo di osservazioni.

A oggi, sono in atto diversi tentativi per la costituzione di reti di sistemi osservativi sovranazionali a livello europeo, ICOS e globale *Global Ocean Acidification - Observing Network - GOA-ON*² a cui una rete nazionale italiana potrebbe partecipare e contribuire attivamente.

IL PROCESSO DI ACIDIFICAZIONE OCEANICA

Le acque superficiali oceaniche hanno un pH leggermente alcalino, ovvero un valore medio di circa 8,1 comunque soggetto a variazioni naturali nelle diverse aree geografiche. Gli oceani sono i più importanti serbatoi naturali di carbonio: l'apporto giornaliero oceanico stimato equivale a 22 milioni di tonnellate di CO₂ (Feely *et al.* 2008).

Una tonnellata di carbonio equivale a 3,67 tonnellate di CO₂. I gas si trasferiscono nell'interfaccia tra aria e acqua spinti dalla differenza della pressione parziale della CO₂ (Doney *et al.*, 2009). Un aumento previsto nella concentrazione della CO₂ atmosferica compreso fra 0,5 e 1,0 % all'anno [Guinotte e Fabry, 2009; Kleypas, 2006], comporterà anche un suo aumento negli oceani: l'acidificazione oceanica è una conseguenza visibile e prevedibile di questo aumento. A causa di questo fenomeno, l'IPCC prevede una diminuzione ubiquitaria di 0,35 unità di pH delle acque oceaniche entro la fine di questo secolo. Il processo di assorbimento del biossido di carbonio da parte degli oceani, se da una parte può contribuire a mitigare gli effetti del cambiamento climatico, ha però anche una conseguenza importante: mentre la CO₂ in atmosfera si presenta come un gas relativamente inerte, nel mare essa è molto più reattiva e viene spesso coinvolta in diverse reazioni chimiche con importanti implicazioni di carattere chimico, fisico, geologico e biologico. Uno dei principali risultati di questi fenomeni è che la CO₂ disciolta nelle acque fa aumentare la concentrazione di ioni idrogeno [H⁺] a causa della formazione di acido carbonico (H₂CO₃) e degli equilibri di dissociazione acido-base che ne derivano (Figura 6.01):

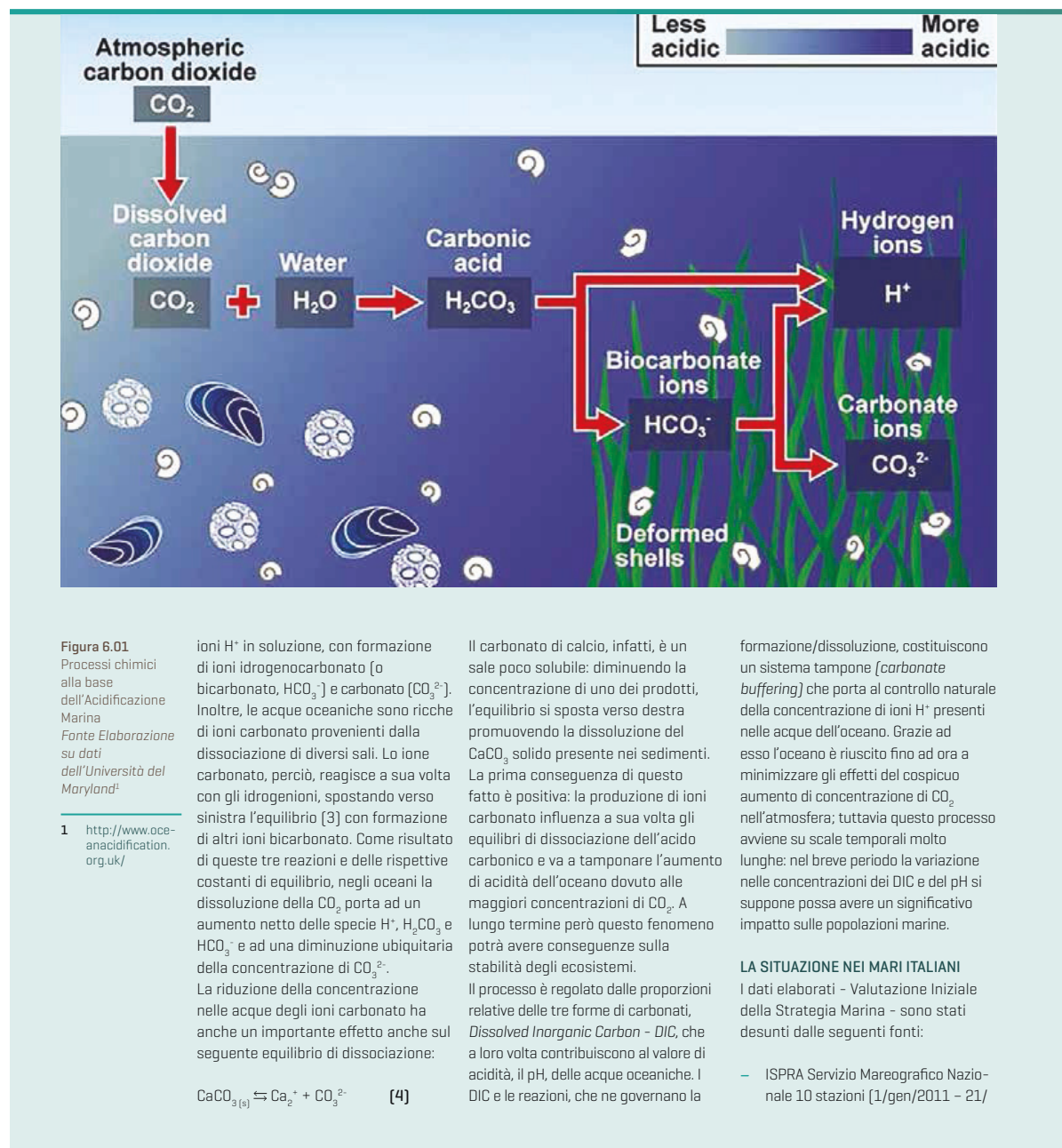


L'acido carbonico è un acido debole che tende a reagire con l'acqua, a dissociarsi parzialmente e a rilasciare

1 <https://www.icos-ri.eu/>

2 <http://goa-on.org/>

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente



A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
6.	L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

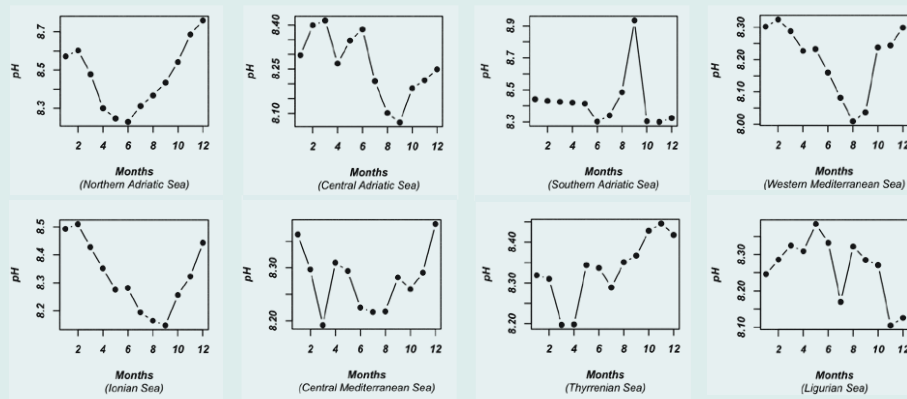


Figura 6.02
Andamento del pH nell'arco dei 14 mesi di rilevazione (gennaio 2011-febbraio 2012) per ciascun sottobacino del Mediterraneo
Fonte ISPRA

Anni	n	Media	Mediana	Deviazione Standard	M.A.D
2006	3377	8,208	8,210	0,1495	0,8599
2007	769	8,173	8,115	0,1825	0,0252
2008	708	8,221	8,172	0,2129	0,1038
2009	831	8,245	8,190	0,2124	0,1631
2010	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2011	86.056	8,331	8,300	0,2057	0,1426
2012	12.242	8,466	8,500	0,2081	0,1426

Tabella 6.03
Indici di posizione (Media e Mediana) e di variabilità (Deviazione Standard e Deviazione Assoluta dalla Mediana - M.A.D.) calcolati sul pH in corrispondenza dei vari anni di rilevazione (2006-2012)
Fonte ISPRA

feb/2012). Le stazioni considerate sono: Imperia, Carloforte, Otranto, Vieste, Messina, Palinuro, Porto Torres, Venezia, Trieste, Lampedusa.

- Sinanet (2006-2009);
- 15 Regioni costiere;
- Piattaforme ENI (Lug/Ago 2006-2009) valori superficiali della stazione utilizzata come bianco (Adriatico);
- ISPRA stazione di Lampedusa (2007).

La copertura temporale era compresa fra il 2006 ed il 2012. Il numero di record su cui è stata effettuata l'analisi è risultato pari a 104.228. I

dati sono stati elaborati con tecniche di analisi volte a:

- sintetizzare in termini descrittivi gli andamenti annuali del pH, e degli altri parametri;
- studiare la distribuzione di probabilità dei valori di pH, allo scopo di determinare il range entro cui il parametro dovrebbe naturalmente variare.

La Tabella 6.03 riporta i parametri statistici caratteristici delle distribuzioni di pH calcolati per ciascun anno di campionamento. Da un rapido esame dei valori in essa riportati si evince che i valori medi

del pH sono aumentati nel corso del periodo considerato passando da $8,21 \pm 0,15$ nel 2006 a $8,47 \pm 0,21$ nel 2012 (primi due mesi).

I diagrammi della Figura 6.02, mostrano gli andamenti mensili del pH nel periodo di osservazione, nei mari italiani.

IMPATTI SUGLI ORGANISMI PLANCTONICI E BENTONICI

Gli organismi vegetali ed animali che si servono di minerali carbonatici per la formazione del loro scheletro o conchiglia in ambiente marino sono, tra i più numerosi, alghe corallinacee

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

incrostanti, molte specie appartenenti al fitoplancton, *Warm e Cold-Water Corals* - *CWC*, nomi che distinguono gli ecosistemi coralligeni di acque calde e fredde, ed una grande varietà di invertebrati pelagici e bentonici. La sensibilità degli organismi al fenomeno di OA è specie-specifica, legata in primo luogo agli adattamenti fisiologici.

Lo ione carbonato precipita tramite reazioni chimiche - calcificazione - sul mantello dei molluschi a formare la conchiglia (Figura 6.03), oppure nei tessuti di altri organismi per comporre il loro scheletro interno. Il tipo di minerale carbonatico, formato a seguito di questo processo, influenza la vulnerabilità degli organismi calcificanti rispetto all'acidificazione oceanica. La struttura dello scheletro carbonatico varia considerevolmente tra i taxa, sia per quanto riguarda la quantità di CaCO_3 formata sia che per la forma di carbonato che viene prodotta, oltre che per la composizione chimica. I coralli

sclerattinici, che formano aragonite, mostrano la maggiore riduzione nel tasso di calcificazione. Cocolitoforidi e molluschi - costituenti principalmente calcite - hanno mostrato invece cambiamenti variabili nel tasso di calcificazione. La calcificazione è favorita ad alto pH ed alte concentrazioni di ioni carbonato (CO_3^{2-}): con l'abbassamento di pH e la diminuzione della concentrazione dello ione carbonato, il dispendio energetico per la calcificazione è destinato a salire. Anche i taxa con basso controllo sulla chimica dei loro fluidi interni risultano a rischio rispetto all'acidificazione oceanica: organismi come echinodermi, brachiopodi e altri invertebrati quali spugne, cnidari e ctenofori. Gli echinodermi appaiono poco tolleranti ad acque con bassi valori di pH, come dimostra la loro assenza negli ecosistemi tipici di acque ad alte concentrazioni di CO_2 e a basso pH. Gli organismi marini, sia invertebrati che vertebrati, con un'alta specializzazione

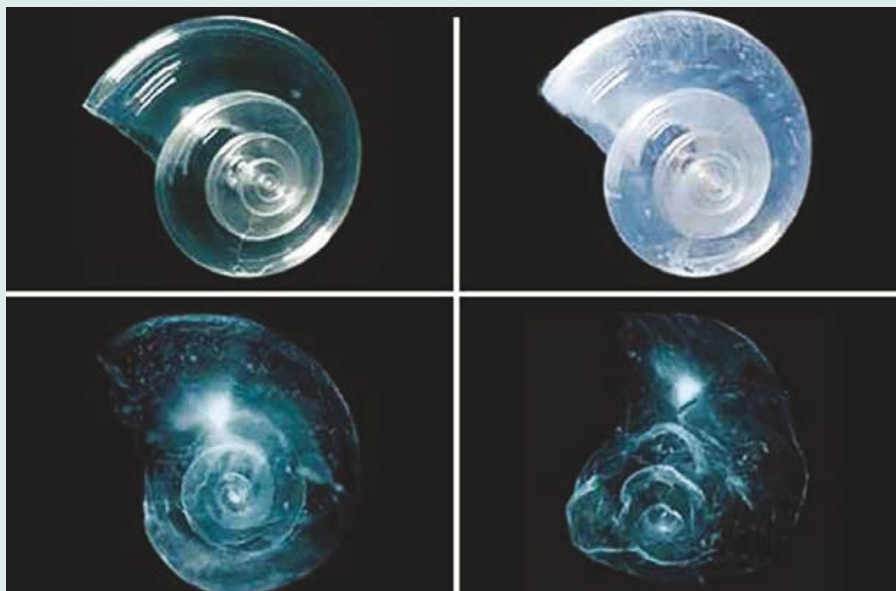
degli organi respiratori, quali cefalopodi e crostacei decapodi e pesci, risultano invece pre-adattati a molti fattori di stress legati all'OA (Melzner *et al.*, 2009); i rischi per questi organismi sono sensibilmente più bassi. Lo stesso vale per molti taxa che occupano habitat con pH naturalmente bassi, che presentano adattamenti per acque ipossiche e a pH ridotto. Soltanto pochissime specie hanno mostrato un tasso di calcificazione più alto rispetto al normale in condizioni di pH più basso.

SCENARI FUTURI

La previsione degli scenari futuri è complicata da una serie di fattori soggetti a variabilità stagionale e geografica. Mentre la CO_2 antropogenica aumenta nell'atmosfera contemporaneamente avvengono dei cambiamenti nelle variabili del sistema dei carbonati che modificano la capacità degli oceani

Figura 6.03
Esperimento in laboratorio
Fonte Courtesy of David Littschawger/
National Geographic Society

Nata
Una conchiglia di pteropode, in acque con acidità crescente, si dissolve in 45 giorni.



A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
6.	L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE



di assorbire CO_2 . È stato calcolato che, se la CO_2 atmosferica crescesse da 563 a 788 ppm, la capacità degli oceani decrescerebbe dal 40% al 26% [Sarmiento *et al.*, 1995]. L'obiettivo futuro è quello di fornire delle proiezioni associate ai cambiamenti delle variabili dei sistemi carbonatici, inclusi pH, $[\text{CO}_3^{2-}]$ e le loro variazioni locali. Particolare attenzione meritano gli scenari ipotizzati per l'oceano Artico e per l'oceano Antartico poiché in queste acque si registrano i livelli di saturazione più bassi del pianeta. Oltretutto, la presenza delle calotte glaciali, per ora, sta limitando la superficie di scambio aria-acqua disponibile, dove avviene il flusso della CO_2 che dall'atmosfera si sposta negli oceani. Con l'aumento previsto delle temperature globali, lo scioglimento dei ghiacci porterà ad una maggiore superficie di scambio disponibile, accelerando il processo di riduzione del pH.

STAZIONE ISPRA PER IL MONITORAGGIO DELL'ACIDIFICAZIONE MARINA
La stazione ISPRA "Sergio Silenzi"

è localizzata nel Mar Tirreno ed è attrezzata con un sensore di temperatura e salinità, un sensore di pH e un sensore di pressione parziale di anidride carbonica (pCO_2) che effettuano un monitoraggio in continuo e garantiscono una estrema accuratezza e precisione delle misure. Il sottobacino prescelto di particolare significato per le condizioni ambientali è il Mar Tirreno. Il bacino tirrenico è influenzato sia dalla circolazione ciclonica dell'acqua atlantica superficiale - *Modified Atlantic Water* - MAW - che dal gyre ciclonico a largo dello Stretto di Bonifacio, detto "Vortice Tirrenico Freddo" (*Cold Tyrrhenian Eddy*), permette alle acque tirreniche di entrare nel Mar Ligure [Astraldi, 1994]. La *Levantine Intermediate Water* - LIW o acqua levantina, invece, mescolandosi con l'acqua superficiale e profonda gioca un ruolo essenziale negli scambi verticali all'interno del bacino tirrenico. Il suo ingresso nello stesso bacino avviene infatti nelle acque profonde tra la Sardegna e la Sicilia. Alla luce delle peculiari condizioni

oceanografiche riscontrabili nel bacino tirrenico ed in particolar modo lungo le coste orientali della Sardegna, il sito prescelto per la messa in opera della stazione di monitoraggio di pH è l'Area Marina Protetta - AMP di Capo Carbonara, posta sul lato sud-orientale dell'isola. Riassumendo, i criteri definiti dall'ISPRA, per la selezione dell'area di studio, sono stati i seguenti:

- il regime e le dinamiche oceanografiche del sotto bacino Mediterraneo (Tirreno) in cui l'AMP è collocata;
- la presenza di habitat ad alto interesse conservazionistico e specie protette come le praterie di *Posidonia oceanica*, le specie coralligene (ordine Alcyonacea) e le macroalghe (ordine Fucales).

"Capo Carbonara" è stata individuata come AMP di riferimento dalla Legge n. 394 del 1991 ed è stata istituita con il D.M. del 15 settembre 1998 e modificato con il D.M. del 7 febbraio 2012 (G.U. n. 113 del 16.05.2012).

Figura 6.04
Immagine satellitare dell'Isola dei Cavoli - AMP Capo Carbonara - Sardegna
Fonte Google Earth

Nota
La bandierina segna il punto in cui è immersa la stazione "Sergio Silenzi"

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

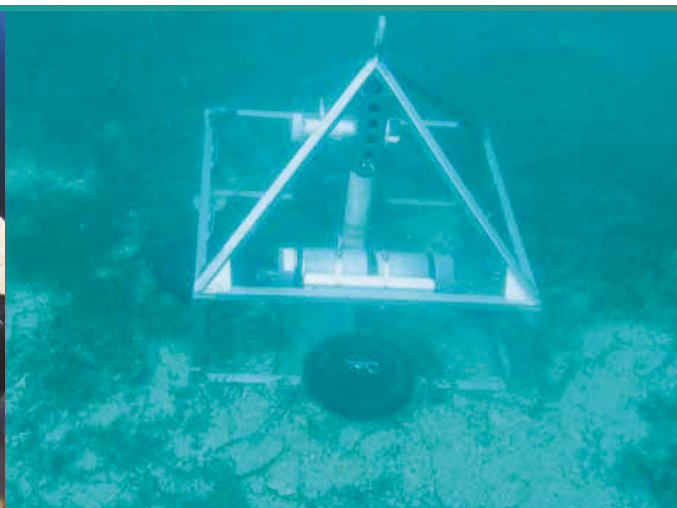


Foto 6.05
Stazione "Sergio Silenzi"
Fonte ISPRA

La stazione ISPRA "Sergio Silenzi" si trova ad una profondità di 33 metri all'interno di una delle zone A della AMP [zona con massimo livello di protezione] su un fondale sabbioso nelle cui vicinanze prende forma il complesso roccioso chiamato "Varigloni dell'Isola dei Cavoli" (Figura 6.04).

I Varigloni dell'isola dei Cavoli ospitano biocenosi di fondale oceanico molto ricche e diversificate quali popolamenti corallini ad alta densità di gorgonie come ad esempio *Euricella cavolinii* e *Paramuricea clavata*.

Il sistema di monitoraggio della stazione "Sergio Silenzi" si compone di 3 sonde oceanografiche, una sonda *Conductivity Temperature Depth - CTD* per la misurazione della conducibilità (salinità) e della temperatura, una sonda per la misurazione del pH ed una sonda sperimentale per la misurazione della pCO_2 (Foto 6.05 e Foto 6.06).

La sonda CTD installata sulla stazione è una SBE 37 - SMP - MicroCAT (*Sea-Bird Electronics*). La sonda è in

Foto 6.06
Stazione "Sergio Silenzi" depositata sul fondale sabbioso
Fonte ISPRA

grado di misurare la conducibilità e la temperatura dell'acqua. La conducibilità dell'acqua è significativa del grado di salinità. L'apparecchio ha un range di conduttanza tra 0 a 7 Siemens al metro [S/m]. Misura la temperatura tra -5 e +45 °C.

La misura del pH è operata da un sonda *SeaFET Ocean pH sensor* (*Sea-Bird Electronics*). La sonda è dotata di due celle potenziometriche, una interna ed una esterna. L'azione delle due celle produce una misurazione per entrambe, si avrà quindi un valore misurato dalla cella interna [pH interno] ed uno dalla cella esterna [pH esterno]. Il potenziale misurato dipende dalle caratteristiche dell'elettrolita ed è sensibile ad ogni cambiamento nella concentrazione degli ioni dell'ambiente di misurazione. La sonda può rilevare il valore di pH con una ottima accuratezza [0,004 unità], in un range di pH tra 6,5 e 9,0 unità.

La sonda di pCO_2 è un prototipo sperimentale messo a punto dal Dipartimento di Scienze della Terra

della Sapienza Università di Roma. La stazione Silenzi è stata immersa per la prima volta il 3 Dicembre 2014, giorno in cui è iniziato il monitoraggio. Le tre sonde acquisiscono i dati con un intervallo di 3600 secondi, uno ogni ora. La sonda di pH registra 3 valori ogni ora, a distanza di un minuto, uno per la cella interna ed uno per la cella esterna, per un totale di sei misurazioni, poi va in stand-by fino all'ora successiva, quando si riattiva per ripetere il ciclo di misure. La sonda CTD, misura invece un solo valore di salinità ed uno di temperatura, con un intervallo di un'ora. La sonda di pCO_2 misura anch'essa un dato di pCO_2 ogni ora.

I risultati preliminari si riferiscono all'analisi dei dati raccolti dal 4 dicembre 2014 al 23 marzo 2015 per un totale di 171 giorni.

I dati sono stati analizzati mediante utilizzo dei metodi di decomposizione delle serie storiche.

L'andamento delle misurazioni di pH, effettuate dalla cella interna, viene

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
6.	L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

illustrato nella Figura 6.05. I valori si distribuiscono tra un massimo di 8,21, registrato il 22 gennaio 2015 ed un minimo di 8,03, registrato il 21 marzo 2015. I valori registrati presentano 3 picchi evidenti corrispondenti alla fine dell'inverno 2015. L'aumento del valore di pH è di circa 0,15 unità. Il periodo successivo ed antecedente al suddetto mostrano un andamento del parametro piuttosto costante. Il pH medio calcolato sull'intero periodo di campionamento è di 8,07. I tre picchi di pH riscontrati alla

fine di gennaio, a febbraio ed all'inizio di marzo potrebbero significare un'anticipazione delle condizioni favorevoli di illuminazione e disponibilità dei nutrienti. Tali condizioni causano una stratificazione della colonna d'acqua precoce, dopo i forti rimescolamenti autunnali - da ottobre a dicembre - dovuti principalmente ai venti del quadrante settentrionale, e conseguentemente danno l'avvio ad una forte crescita algale e ad una prevalenza della fotosintesi sulla respirazione. I dati

indicano quindi una fotosintesi sviluppata durante quasi 50 giorni. Il fatto che i picchi dei valori di pH [8,2] siano separati può essere dovuto a fattori abiotici quali l'irradianza, *Photosynthetic Available Radiation* - PAR, e la torbidità, che influenzano e conseguentemente fanno variare il tasso fotosintetico. I valori registrati dalla cella esterna sono sensibilmente più bassi di quelli registrati dalla cella interna. Questo potrebbe essere dovuto all'aggressione del *biofouling* sul sensore esterno della sonda di pH.

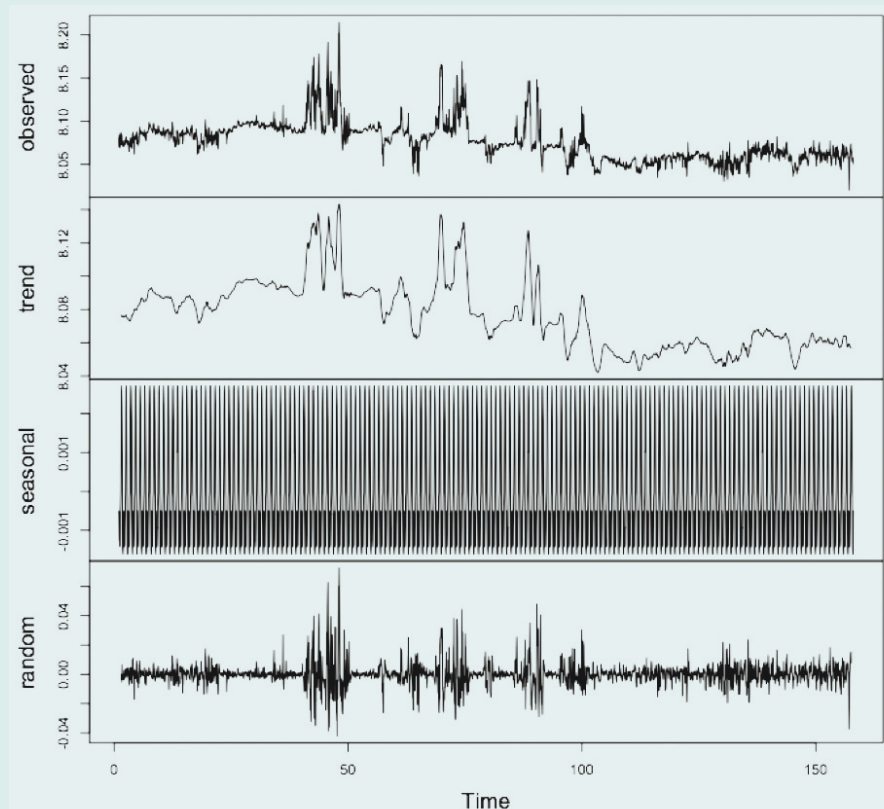


Figura 6.05
Decomposizione di
serie storica relativa
al pH misurato dalla
cella interna
Fonte ISPRA

AZIONI LE MISURE PER CONTRASTARE I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Le azioni di mitigazione

Negli anni '80 è emerso, con tutta evidenza, che i cambiamenti climatici stavano diventando una minaccia reale per il pianeta e che si rendeva necessaria una azione coordinata a livello internazionale: a seguito dell'approvazione della UNFCCC il cui obiettivo ultimo è di stabilizzare le concentrazioni in atmosfera di gas serra ad un livello tale da impedire che le attività umane interferiscano negativamente con il sistema climatico, i paesi di tutto il mondo hanno intrapreso iniziative e azioni volte a contrastare l'incremento o a ridurre le emissioni di gas climalteranti. Queste azioni sono le cosiddette azioni di mitigazione delle cause del cambiamento climatico.

Emissions Trading System

Il Consiglio europeo di primavera del 2007 riconosceva la necessità che la UE, unilateralmente, avviasse una transizione verso un'economia a basso contenuto di carbonio, attraverso un approccio integrato che preveda politiche energetiche e politiche per la lotta ai cambiamenti climatici. A tale riguardo il Consiglio si è impegnato a raggiungere entro il 2020 i seguenti obiettivi:

- riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra del 20% rispetto ai livelli del 1990, da innalzare al 30% nel caso di raggiungimento di un accordo globale per contrastare i cambiamenti climatici nel periodo 2008-2012;
- riduzione dei consumi energetici del 20% rispetto allo scenario *business as usual*;
- produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 20% dei consumi energetici della UE;
- uso dei biocombustibili per il 10% della quantità di combustibile utilizzato nel settore dei trasporti.

In aggiunta il Consiglio europeo ha stabilito la necessità di sviluppare un quadro di riferimento tecnico, economico, normativo al fine di diffondere le tecnologie per la cattura e il sequestro del carbonio entro il 2020.

A seguito delle decisioni del Consiglio, è stato approvato il "pacchetto clima-energia", ossia un'insieme di direttive/decisioni finalizzate a dare attuazione agli impegni assunti. Tra i vari provvedimenti legislativi in materia di gas serra occorre citare la Decisione 406/2009 (*Effort Sharing*) e la Direttiva 2003/87/CE — *European Union Emission Trading Scheme - ETS*. La Decisione *Effort Sharing* ripartisce, tra gli Stati membri, l'obiettivo comunitario di riduzione delle emissioni di gas serra per i settori non regolati dalla Direttiva ETS (da qui la definizione "settori non-ETS"), ovvero per i settori quali agricoltura, trasporti, residenziale e civile. Per l'Italia l'obiettivo di riduzione, ripartito a livello europeo sulla base del Prodotto Interno Lordo pro-capite, è pari al -13% entro il 2020 rispetto ai livelli del 2005. Allo stato attuale, l'attuazione degli impegni assunti in materia di efficienza energetica e fonti rinnovabili di cui alle Conclusioni del Consiglio europeo del marzo 2007 permette al Paese di ottenere riduzioni di emissione superiori a quelle necessarie per adempiere agli obiettivi di cui alla Decisione *Effort Sharing*.

La Tabella 6.04 riporta una stima delle emissioni nazionali di gas ad effetto serra per gli anni 2013-2015 e 2020, sulla base della metodologia del IV° Rapporto IPCC.

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
6.	L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

	2013	2014	2015	2020	Tabella 6.04 Emissioni di gas ad effetto serra (GHG) per i settori non ETS Fonte IPCC
	[Mt CO2eq.]				
Emissioni non ETS	272,5	264,1	269,5	276,2	
Obiettivi Decisioni 162/2013 e 634/2013	308,2	306,2	304,2	294,4	
Distanza dagli obiettivi	-35,7	-42,1	-34,7	-18,2	

Energie rinnovabili ed efficienza energetica

Secondo le stime preliminari pubblicate dal Gestore dei Servizi Energetici – GSE, nel 2015 la quota dei consumi finali lordi di energia prodotta da Fonti Energetiche Rinnovabili - FER ha raggiunto il 17,3%, superando con largo anticipo l'obiettivo concordato in sede europea per il 2020 (17%).

Tale dinamica è stata sostenuta anche dal calo dei consumi energetici complessivi dovuto alla crisi.

Come si evince nel Grafico 6.16, in termini assoluti, il settore termico e quello elettrico contribuiscono, in quasi egual misura ai consumi totali da FER (21,14 Milioni di tonnellate equivalenti di petrolio - Mtep nel 2015). Il settore trasporti partecipa in modo marginale (1,18 Mtep nel 2015), attraverso l'utilizzo di biocarburanti.

La Tabella 6.05 riporta, invece, i consumi finali lordi di energia da FER relativi agli anni 2010-2015.

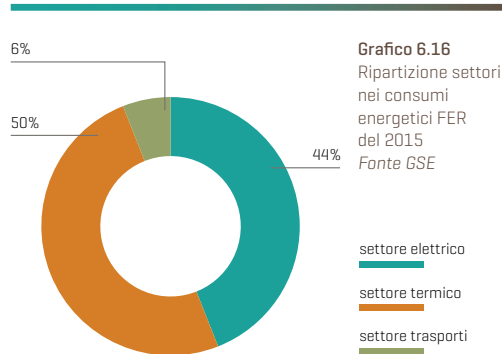
Nel settore elettrico, oltre al ruolo predominante dell'idroelettrico, si registra un contributo compreso tra il 14 e 20% delle altre principali fonti, con un peso relativamente maggiore del fotovoltaico, anche grazie ai meccanismi incentivanti che si sono succeduti dal 2005.

Nel settore termico, invece, il ruolo predominante è giocato dalle bioenergie, con particolare riferimento all'utilizzo della biomassa solida – legna da ardere e *pellet*. Per quanto riguarda la produzione di biocarburanti, essa è dovuta quasi interamente all'utilizzo di biodiesel, mentre il bioetanolo ed il bio-ETBE (etil-t-butil-etere) contribuiscono appena per l'1%.

Osservando il trend degli ultimi anni, si evince che i consumi nel settore elettrico sono in costante aumento, mentre nel settore termico si riscontra un dato più basso nel 2014, che può essere ricondotto a condizioni climatiche invernali particolarmente miti. Il settore dei trasporti, invece, è in lieve calo principalmente come conseguenza del trend di contrazione dei consumi di carburanti.

Parallelamente all'incremento dei consumi energetici da FER, si assiste ad una sempre maggiore centralità del tema dell'efficienza energetica.

Con riferimento all'efficienza energetica, l'obiettivo è di raggiungere, entro il 2020, un risparmio pari a 15,5 Mtep ai consumi finali ampiamente in linea con gli obiettivi fissati in sede europea.



RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

Tabella 6.05

Energia da fonti rinnovabili in Italia e quota dei consumi finali lordi coperta da FER (espressi in Mtep)

Fonte GSE

	2010	2011	2012	2013	2014	2015 (stime preliminari)
CONSUMI FINALI LORDI DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI (A)	17,36	16,51	19,62	20,74	20,25	21,34
SETTORE ELETTRICO	5,92	7,01	8,03	8,88	9,25	9,37
Idraulico (normalizzato)	3,73	3,78	3,8	3,87	3,94	3,94
Eolico (normalizzato)	0,76	0,88	1,07	1,21	1,28	1,31
Solare	0,16	0,93	1,62	1,86	1,92	1,96
Geotermico	0,46	0,49	0,48	0,49	0,51	0,53
Bioenergie	0,81	0,93	1,06	1,46	1,61	1,62
SETTORE TERMICO	10,02	0,1	10,23	10,6	9,93	10,59
Geotermico	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13
Solare termico	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19
Bioenergie	7,65	5,55	7,52	7,78	7,04	7,69
Energia rinnovabile da pompe di calore	2,09	2,27	2,42	2,52	2,58	2,58
SETTORE TRASPORTI (biocarburanti)	1,42	1,4	1,37	1,25	1,06	1,18
CONSUMI FINALI LORDI (B)	133,32	128,21	127,05	123,86	118,6	122,21

In questo quadro, le azioni portate avanti dal governo nel comparto delle fonti rinnovabili ed efficienza energetica sono:

- la definizione della normativa di settore, con il progressivo innalzamento degli standard energetico-ambientali per impianti/edifici e la definizione di schemi incentivanti per l'implementazione delle relative tecnologie;
- l'istituzione, a partire dal 2008, di un "Fondo per la Promozione delle Energie Rinnovabili e dell'Efficienza Energetica – Solare Termodinamico" (Legge Finanziaria 2008), attraverso cui il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - MATTM¹⁴ ha sottoscritto Accordi di Programma, Protocolli di Intesa, Convenzioni con Regioni, Enti Pubblici, Università Pubbliche ed Enti di Ricerca nazionali finalizzati ad interventi per la promozione delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica attraverso il controllo e la riduzione delle emissioni inquinanti e clima alteranti (Box 6.02);
- il rafforzamento delle misure e degli strumenti per l'efficienza energetica e l'introduzione di nuovi meccanismi atti a superare le difficoltà riscontrate in alcuni settori (Box 6.03). Tra le politiche nazionali messe in campo in tale ambito si segnalano:
 - l'istituzione della cabina di regia per il coordinamento degli interventi e delle misure per

14 <http://www.minambiente.it/>

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
	6. L'aria
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

- l'efficienza energetica (D.M. del 9 gennaio 2015);
- le detrazioni fiscali al 65% per gli interventi di riqualificazione degli edifici privati, attive dal 2007 ed estese all'anno 2016 dalla recente Legge di Stabilità;
 - l'incentivazione diretta per gli interventi di efficienza energetica della Pubblica Amministrazione attraverso strumenti quali il conto termico, il Fondo di rotazione per Kyoto e, in generale l'attuazione di quanto previsto dal D.Lgs. 102/2014;
 - l'elaborazione dei Piani d'Azione per l'Efficienza Energetica - PAEE;
- l'istituzione del “Fondo Rotativo per il finanziamento delle misure finalizzate all'attuazione del Protocollo di Kyoto”, (Legge Finanziaria 2007), che dispone l'erogazione di prestiti a tasso agevolato (0,5% di interesse) per incentivare sia interventi di efficientamento energetico che la realizzazione di impianti di produzione di energia da FER. Il Fondo, gestito da parte della Cassa Depositi e Prestiti SpA, in nome e per conto del MATTM, ha una dotazione iniziale di risorse pari a seicento milioni di euro, attualmente distribuiti su tre diversi cicli di programmazione (Box 6.04). La natura rotativa del Fondo Kyoto prevede che le rate di rimborso dei finanziamenti concessi vadano a ricostituire senza soluzione di continuità il *plafond* iniziale, garantendo così la copertura economica per ulteriori cicli di programmazione futura;
- il Programma Operativo Interregionale - POI “Energie rinnovabili e risparmio energetico” 2007-2013 (POI Energia o Programma), per le quattro Regioni obiettivo “convergenza”, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia, (Box 6.05);
- la costituzione di un Comitato consultivo biocarburanti (D.M. del 21 dicembre 2012, del Ministero dello Sviluppo Economico - MiSE¹⁵), in risposta all'esigenza di effettuare controlli in merito alla corretta gestione dell'immissione in consumo di biocarburanti che, secondo la normativa, per essere incentivati, devono rispettare i criteri di sostenibilità individuati nella normativa comunitaria di settore. A tal fine il Comitato provvede a:
- effettuare ispezioni sia documentali che in loco presso i fornitori di carburanti al fine di verificare il rispetto della sostenibilità per i biocarburanti immessi in consumo;
 - collaborare alla predisposizione di tutta la normativa afferente il settore;
 - analizzare tutte le criticità derivanti dalla corretta gestione del sistema;
 - organizzare incontri periodici con le associazioni di categoria e con gli organismi di certificazione su varie tematiche inerenti il settore;
- la pubblicazione del Piano di Settore per le Bioenergie, alla cui stesura hanno lavorato amministrazioni centrali e regionali, il mondo della ricerca e quello delle associazioni, quale documento strategico nazionale per assicurare un corretto sviluppo delle diverse bioenergie nel medio periodo. Esso effettua un'analisi *swot* di ogni tipo di fonte, ossia un'analisi dettagliata dei relativi punti di forza, di debolezza nonché delle criticità e delle potenzialità, individuando una serie di azioni da intraprendere al fine di promuovere le linee più strategiche e sostenibili. Sarà importante dare seguito a quanto previsto.

15 <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/>

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

box

6.02

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

EUROPEA

- **Direttiva 2015/1513 del 9 settembre 2015** che modifica la Direttiva 98/70/CE, relativa alla qualità della benzina e del combustibile diesel, e Direttiva 2009/28/CE, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.
- **Direttiva 2012/27/CE del 25 ottobre 2012** 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.
- **Direttiva 2010/31/CE del 19 maggio 2010** sulla prestazione energetica nell'edilizia.
- **Direttiva 2009/30/CE del 23 aprile 2009** che modifica la Direttiva 98/70/CE per quanto riguarda le specifiche relative a benzina, combustibile diesel e gasolio nonché l'introduzione di un meccanismo inteso a controllare e ridurre le emissioni di gas a effetto serra, modifica la Direttiva 1999/32/CE per quanto concerne le specifiche relative al combustibile utilizzato dalle navi adibite alla navigazione interna e abroga la Direttiva 93/12/CEE.
- **Direttiva 2009/28/CE del 23 aprile 2009** sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione della Direttiva 2001/77/CE e della Direttiva 2003/30/CE.

NAZIONALE

- **Decreto interministeriale 16 febbraio 2016**. Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza ener-

getica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

- **Decreto interministeriale 6 agosto 2015**. Modifica del Decreto 2 marzo 2010 in materia di emissione dei certificati verdi per le verifiche dei controlli delle biomasse.
- **Decreto interministeriale 26 giugno 2015**. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.
- **Decreto interministeriale 26 giugno 2015**. Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici.
- **Decreto interministeriale 26 giugno 2015**. Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici.
- **Decreto del MiSE del 19 maggio 2015**. Approvazione del modello unico per la realizzazione, la connessione e l'esercizio di piccoli impianti fotovoltaici integrati sui tetti degli edifici.
- **Decreto interministeriale 11 maggio 2015**. Approvazione della metodologia che, nell'ambito del sistema statistico nazionale, è applicata per rilevare i dati necessari a misurare il grado di raggiungimento degli obiettivi regionali, in attuazione dell'Articolo 40, comma 5, del D.Lgs. n. 28 del 3 marzo 2011 [Burden Sharing].
- **Decreto interministeriale 9 gennaio 2015**. Individuazione delle modalità di funzionamento della cabina di regia istituita per il coordinamento degli interventi e delle

misure per l'efficienza energetica.

- **Decreto interministeriale 6 novembre 2014**. Rimodulazione degli incentivi per la produzione di elettricità da fonti rinnovabili diverse dal fotovoltaico spettanti ai soggetti che aderiscono all'opzione di cui all'Articolo 1, comma 3, del D.Lgs. n. 145 del 23 dicembre 2013, convertito con modificazioni, in Legge n. 9 del 21 febbraio 2014.
- **D.M. 10 ottobre 2014**. Aggiornamento delle condizioni, dei criteri e delle modalità di attuazione dell'obbligo di immissione in consumo di biocarburanti compresi quelli avanzati. Piano di Settore per le Bioenergie. Le filiere bioenergetiche e l'agricoltura italiana. Luglio 2014.
- **Decreto interministeriale 17 luglio 2014**. Approvazione del Piano d'azione italiano per l'efficienza energetica 2014.
- **D.Lgs. n. 102 del 4 luglio 2014**. 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.
- **Decreto del MiSE 31 gennaio 2014**. Attuazione dell'Articolo 42 del D.Lgs. n. 28 del 3 marzo 2011, sulla disciplina dei controlli e delle sanzioni in materia di incentivi nel settore elettrico di competenza del GSE.
- **Decreto interministeriale 5 dicembre 2013**. Modalità di incentivazione del biometano immesso nella rete del gas naturale.
- **Decreto interministeriale n. 139 del 9 ottobre 2013**. Regolamento concernente specifiche procedure autorizzative, con tempistica