

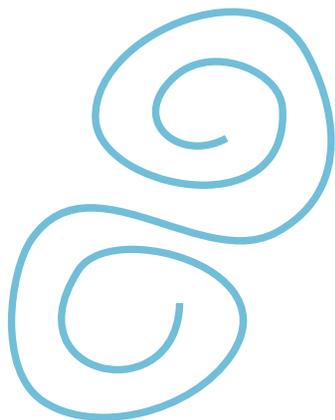
CAMBIAMENTI CLIMATICI



2

Cambiamenti climatici





Cambiamenti climatici

Dario Di Gangi, Giuseppe Onorati

HANNO COLLABORATO

per le tematiche "Telerilevamento" e "Mare" *Maria Rosaria Della Rocca, Emma Lionetti*

per la tematica "Cemec" *Elke Bonci, Antonio D'Ambrosio*

SCHEDE TEMATICHE

Centro funzionale della Protezione Civile

Mauro Biafore e Luigi Cristiano (Regione Campania, Settore Protezione Civile)

Qualità delle acque meteoriche

Rosarita Vardaro, Gennaro Giliberti, Francesco Matarazzo

Introduzione

A partire dagli ultimi decenni del secolo scorso, a seguito dell'acquisizione ed elaborazione di nuovi dati climatologici e paleoclimatologici, nella comunità scientifica si è diffusa la consapevolezza della presenza di cambiamenti del clima non facilmente interpretabili come fluttuazioni naturali. In parallelo, in ambito politico è stata portata all'attenzione degli stati membri dell'ONU l'esigenza di rivedere il modello di sviluppo socio-economico, al fine di garantire il benessere a lungo termine della popolazione e la salvaguardia delle risorse naturali del pianeta. In questo contesto lo studio del clima, se da un lato risulta essere un utile strumento di comprensione dei cambiamenti climatici, dall'altro supporta le decisioni strategiche relative alla mitigazione degli effetti e all'adattamento ai cambiamenti climatici stessi.

A livello internazionale il riferimento per i cambiamenti climatici è l'*Intergovernmental panel on climate change* (IPCC), istituito dagli organismi ONU, WMO (Organizzazione meteorologica mondiale) e UNEP (Programma ambientale delle Nazioni unite) nel 1988. Nel 1992, sulla base del Primo report IPCC, gli stati membri delle Nazioni unite hanno adottato la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (UNFCCC) che, a seguito del Protocollo di Kyoto del 1997, è divenuta la base condivisa in materia. In questo contesto l'IPCC svolge il ruolo di istituzione di riferimento internazionale ufficiale per la valutazione del clima e delle emissioni di gas climalteranti. Per facilitare la lettura del capitolo si riportano le due definizioni di cambiamento climatico rispettivamente dell'IPCC e dell'*United nations framework convention on climate change* (UNFCCC):

- IPCC - Cambiamento nello stato del clima che può essere identificato per mezzo di un cambiamento nella media e/o variabilità delle

sue proprietà, e che persiste per un periodo esteso, tipicamente decenni o più

- UNFCCC - Cambiamento del clima che è attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si somma alla variabilità naturale del clima osservata in periodi di tempo confrontabili (IPCC, 2007).

La letteratura di sintesi nel settore è quella elaborata dai tre gruppi di lavoro IPCC che pubblicano volumi tematici, sintetizzati poi nei rapporti di valutazione:

- gruppo di lavoro I - *The Physical Science Basis*
- gruppo di lavoro II - *Impacts, Adaptation and Vulnerability*
- gruppo di lavoro III - *Mitigation of Climate Change*.

Nel 2007 l'IPCC ha pubblicato il Quarto rapporto "Climate Change 2007 AR4" elaborato, su base volontaria non retribuita, da studiosi provenienti da tutti i paesi aderenti all'ONU, liberamente disponibile sul sito dedicato¹ e pubblicato a stampa. Il rapporto AR4-IPCC è il risultato di sei anni di lavoro con il coinvolgimento di:

- 800 autori, che hanno contribuito alla stesura dei capitoli nei tre gruppi di lavoro
- 450 autori responsabili di capitoli, che hanno coordinato il lavoro di finalizzazione dei capitoli
- 2.500 revisori, che hanno commentato e revisionato i capitoli elaborati.

Il rapporto è stato considerato un contributo fondamentale per la cooperazione fra i popoli e ha favorito l'assegnazione all'IPCC, insieme all'ex vicepresidente americano Al Gore, del premio Nobel per la Pace 2007 per «l'impegno profuso nella costruzione e nella divulgazione di una maggiore conoscenza sui cambiamenti climatici antropogenici e nel porre le basi per

(1) <http://www.ipcc.ch>

le misure che sono necessarie per contrastarli».

La principale conclusione del rapporto IPCC è che il riscaldamento del sistema clima è inequivocabile, come risulta ora evidente dalle osservazioni degli aumenti nelle temperature medie globali dell'aria e degli oceani, dal diffuso scioglimento dei ghiacciai e delle nevi e dall'aumento del livello medio globale del mare.

Per comprendere i meccanismi che originano il riscaldamento globale, nelle ricerche sui gas climalteranti, fondamentale è stato il contributo della paleoclimatologia, in particolare l'analisi delle carote di ghiacci fossili polari, che ha permesso di ricostruire le concentrazioni di CO₂ nelle ultime decine di migliaia di anni.

Le concentrazioni in atmosfera di CO₂ sono il risultato di molti processi che producono o rimuovono CO₂ nel ciclo del carbonio, che descrive la circolazione di tale elemento attraverso i vari compartimenti del sistema Terra. Durante gli ultimi 10.000 anni, fino a circa 150 anni fa, le concentrazioni in atmosfera della CO₂ sono rimaste pressoché invariate. Da allora il bruciare di combustibili fossili e delle foreste, per cause di origine antropica, ha portato a un permanente aumento delle concentrazioni di CO₂ - con l'aumento dell'effetto serra - e ai cambiamenti climatici. L'aumento di emissioni di gas serra in atmosfera potrebbe causare un ulteriore riscaldamento e indurre dei cambiamenti nel sistema globale clima durante il Ventunesimo secolo, cambiamenti che si prospettano essere più importanti di quelli già osservati nel Ventesimo secolo.

Per altri parametri climatici, diversi dalla temperatura, le tendenze sono molto più complesse. Ad esempio, su scala europea, l'analisi delle precipitazioni annuali mostra un incremento nel nord Europa (10-40%) e una diminuzione in alcune parti del sud Europa (fino al 20%). Le precipitazioni medie invernali sono aumentate nella maggior parte dell'Europa occidentale e settentrionale (da 20 a 40%), mentre

l'Europa meridionale e le parti dell'Europa centrale sono caratterizzate da inverni più asciutti (EEA/JRC/WHO, 2008).

Oggi è diventato più semplice stimare in maniera sistematica la magnitudo dell'impatto per un *range* di possibili aumenti di temperature medie globali.

Molti di questi impatti possono essere evitati, ridotti o ritardati, adottando politiche di mitigazione. Un insieme di misure di adattamento e di mitigazione riduce i rischi associati ai cambiamenti climatici, quindi, la vulnerabilità del sistema².

I segni di questi mutamenti sono già evidenti nelle regioni mediterranee e nelle zone montuose dell'Italia; anche se, osservando gli eventi meteorologici degli ultimi mesi del 2008 e dell'inizio del 2009, ci si accorge come sia complesso descrivere le variabili in gioco, avendo registrato eventi estremi relativi ad aumenti delle precipitazioni e delle nevicate diffuse su tutto il territorio.

Altri effetti dei cambiamenti climatici nelle regioni mediterranee sono l'incremento degli incendi di foreste, raccolti meno abbondanti, l'incremento del fabbisogno idrico per l'agricoltura, l'alto rischio di desertificazione, meno energia da fonte rinnovabile (idrico), l'incremento delle morti per ondate di calore nelle malattie veicolate, un più alto rischio per la perdita della biodiversità (EEA/JRC/WHO, 2008).

Pertanto, in base al principio di precauzione, occorre agire per una graduale riduzione dei gas serra di origine antropica per cercare di stabilizzare le concentrazioni di gas serra in atmosfera e invertire la tendenza all'aumento dei gas serra emessi in atmosfera, introducendo politiche strutturali e facilmente adattabili ai nuovi contesti.

I determinanti, cioè le cause dei cambiamenti climatici, includono le emissioni di gas serra (*Greenhouse gases* GHG), le loro concentrazioni in atmosfera, il bilancio radiativo fino ai *feedback* del sistema climatico. I determinanti di origine antropica sono

(2) La capacità di adattamento è l'abilità che ha il sistema di correggere i cambiamenti climatici (incluse le variazioni e gli eventi estremi del clima) per moderare i danni potenziali, per trarre vantaggio dalle opportunità, o fronteggiare le conseguenze. La vulnerabilità di un sistema è il grado al quale il sistema è suscettibile e inadatto a fronteggiare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici, inclusi le variazioni e gli eventi estremi dei cambiamenti climatici. La vulnerabilità è una funzione del carattere, della magnitudo, e parte delle variazioni e dei cambiamenti del clima ai quali un sistema è esposto, la sua sensibilità, e la sua capacità di adattamento (IPCC, 2007)

legati all'andamento dello sviluppo socio-economico. Infatti é probabile riscontrare in periodi di crisi economica una netta riduzione delle stesse emissioni inquinanti.

Nell'ambito della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (1992) e del Protocollo di Kyoto 1997 (entrato in vigore in Italia il 16 febbraio 2005, a seguito della ratifica formalizzata con Legge n. 120/2002) e in relazione agli obiettivi previsti per il periodo 2008-2012, alcuni stati dell'Unione europea sono in forte ritardo e l'Italia, addirittura, risulta essere uno dei paesi che fino al 2005 ha aumentato le proprie emissioni di gas serra invece di diminuirle. Tra il 1990 e il 2006 le emissioni di gas serra sono diminuite del 7,7% nei 27 stati membri dell'Unione europea. Infatti, rispetto all'obiettivo di ridurre le emissioni GHG del 6,5% dal 2008 al 2012, in base alle quantità emesse nel 1990, l'Italia al 2005 aveva +12,1% (519,5 milioni di tonnellate nel 1990 contro 582,2 nel 2005); l'Europa, invece, nel 1990 si stima avesse emesso 4.278,8 milioni di tonnellate contro le 4.192,0 del 2005, ottenendo una riduzione delle emissioni del 2% rispetto all'obiettivo di riduzione del 8% da raggiungere nel periodo 2008-2012 (si precisa che per i composti fluorurati l'Italia ha come base il 1990, al contrario della maggior parte delle altre nazioni europee che hanno il 1995).

In generale le emissioni di gas serra dei 27 Stati membri dell'Unione europea sono diminuite dal 1990 al 2006, se si fa eccezione per il settore dei trasporti, e si prevede una ulteriore diminuzione in tutti i settori tranne che nei processi industriali. È importante sottolineare come le emissioni di CO₂ degli EU-15 dai trasporti internazionali aerei e marittimi, non compresi nel Protocollo di Kyoto, aumentano del 102% e 60%, rispettivamente, tra il 1990 e il 2006. Rispetto ai gas serra emessi a livello globale le emissioni di gas serra dei 27 stati membri dell'Unione europea costituiscono il 10,5%. Circa l'80% di queste emissioni sono legate all'energia (produzione di elettricità e calore,

trasporti stradali). Le emissioni di gas serra pro capite variano ampiamente tra i diversi Paesi europei, con una media nei EU-27 di 10,4 tonnellate di CO₂ eq pro capite.

I meccanismi *Emissions trading system* (ETS, 2003/87/CE), relativi allo scambio di quote di emissioni, e i corrispondenti Piani nazionali di assegnazione richiederanno ulteriori importanti riduzioni (AEA, 2009).

Sembra che dal 2005 al 2008, secondo gli ultimi dati elaborati dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile, riportati nel "Dossier Kyoto", le emissioni in Italia siano in diminuzione soprattutto nei settori energetici.

Su queste basi, il pacchetto dell'Ue per il clima e l'energia approvato nel dicembre 2008, che entrerà in vigore al più tardi nel 2011 con il sistema di scambio di quote di emissioni che verrà modificato il 1 gennaio 2013, rappresenta un importante contributo alla lotta contro i cambiamenti climatici. Lo stesso pacchetto prevede che per il 2020 si realizzino i seguenti obiettivi³:

- ridurre i gas a effetto serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 (del 30% se gli altri paesi sviluppati assumeranno impegni analoghi)
- incrementare l'uso delle energie rinnovabili (eolica, solare, biomassa) giungendo al 20% della produzione totale di energia (livello attuale ± 8,5%)
- diminuire il consumo di energia del 20% rispetto ai livelli previsti per il 2020 grazie ad una migliore efficienza energetica.

In questa relazione, per ciò che riguarda i gas serra sono stati utilizzati i dati prodotti da Ispra e pubblicati nel sito Inventaria⁴. A tal proposito sono disponibili i dati relativi agli anni 1990, 1995, 2000, 2005 delle emissioni di gas serra (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) disaggregati a livello provinciale e per settore economico (SNAP 97-CORINAIR).

Per tale ragione in questa relazione i valori di CO₂eq sono stati calcolati tenendo conto di tutti i macrosettori

(3) http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm

(4) <http://www.inventaria.sinanet.apat.it>

(5) altre sorgenti mobili e macchinari (trasporto aereo e marittimo, tra le altre)

economici, quando invece il protocollo di Kyoto ad esempio non tiene conto delle emissioni da trasporto *off-road*⁵. Così il calcolo della CO₂eq risulta sovrastimato in relazione al raggiungimento degli obiettivi di Kyoto, anche in considerazione dell'aumento di questo tipo di emissioni negli ultimi anni.

Per la valutazione del clima il riferimento è l'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO) che nelle norme tecniche di settore stabilisce che «il clima è costituito dall'insieme delle osservazioni meteorologiche relative a un trentennio». In ambito internazionale il trentennio di riferimento è il periodo 1961-1990 denominato CLINO e adottato anche dal Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare nell'Atlante climatico d'Italia.

Per la Campania è stato, quindi, preso in considerazione il periodo 1961-1990 e le relative elaborazioni sono state effettuate nell'ambito della realizzazione del Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati climatologici di interesse ambientale, denominato SCIA, coerente con i criteri generali adottati per l'elaborazione e la rappresentazione degli indicatori qui presentati, così come indicati dalla Organizzazione meteorologica mondiale (WMO, 1990). Per questa ragione Arpac, attraverso i progetti Cemec e SIRA-PFR, è impegnata ad arricchire e migliorare la rappresentatività dei dati climatici agevolando il flusso dei dati di altre reti regionali quali, ad esempio, quelle ereditate dal Servizio idrografico e mareografico nazionale (SIMN) trasferite al Centro funzionale della Protezione Civile e quelle dei servizi meteorologici o agrometeorologici di operatività più recente. Sono adottati, come variabili macrodescrittive del clima in Campania, i seguenti parametri: la temperatura, le precipitazioni, il vento, l'umidità relativa e la copertura nuvolosa.

Sulla base dei dati storici e di quelli degli ultimi anni sono state confrontate le misure meteorologiche degli ultimi tre anni (2005-2006-2007) con il periodo climatologico di riferimento (1961-1990), cercando di utilizzare le stesse stazioni ove possibile, limitando i problemi di disomogeneità relativa ai metadati (posizionamento, strumentazione).

Gli indicatori scelti per trattare il tema dei cambiamenti climatici fanno riferimento alle emissioni di gas serra e agli indicatori climatologici, questi ultimi nell'intento di valutare gli impatti dei cambiamenti climatici in Campania.

Un'analisi sulle tendenze climatiche nella regione, operata attraverso elaborazioni statistiche e uso di modelli per disegnare i possibili scenari, permetterà di ridurre gli effetti negativi dei cambiamenti climatici e di gestire al meglio il territorio, per far fronte a un problema globale che si manifesta in maniera potenzialmente pericolosa a scala locale. Di conseguenza sarà possibile predisporre e ottimizzare gli indirizzi e le strategie di adattamento del territorio ai cambiamenti climatici. Per valutare la preparazione del "sistema Campania" ad affrontare i cambiamenti climatici è stato considerato l'indicatore di risposta relativo agli interventi antropici per fronteggiare i cambiamenti climatici e, quindi, ridurre la vulnerabilità del sistema ambiente nonché adattarlo alle modificate condizioni climatiche. L'indicatore descrive la capacità di resistere ai cambiamenti del territorio tramite l'indicazione delle azioni antropiche implementate in questi anni in Campania dalle istituzioni pubbliche e dagli attori socio-economici.

I dati presentati nel presente capitolo sono organizzati nei due sottotemi: *Emissioni* (indicatori di pressione), *Clima* (indicatori di stato e risposta).

Le emissioni di gas serra in Campania

Le sostanze emesse nell'ambiente atmosferico contribuiscono ad alterare gli equilibri dinamici del clima. Hanno anche altri effetti negativi sull'atmosfera diminuendo l'ozono stratosferico, generando l'acidificazione, attivando lo smog fotochimico e alterando la qualità dell'aria. I gas serra, così come definiti dal Protocollo di Kyoto, sono: Anidride carbonica (CO₂), Metano (CH₄), Protossido di azoto (N₂O), Idrofluorocarburi (HFC), Perfluorurati (PFC), Esafluoruro di zolfo (SF₆). La metodologia di riferimento per l'uso di opportuni processi di stima di questi gas serra è quella indicata dall'*Intergovernmental panel on climate change* (IPCC). Le emissioni di gas serra sono espresse in tonnellate di CO₂ equivalente per ogni anno (tonnellate CO₂eq/anno). Il valore equivalente è calcolato moltiplicando le quantità in tonnellate di gas serra emesse per il *Global warming potential* (GWP), potenziale di riscaldamento globale di ogni specie in rapporto al potenziale dell'anidride carbonica.

Valutare il ruolo dei processi energetici, industriali e non industriali, dell'agricoltura e del ciclo dei rifiuti rispetto alle emissioni complessive di gas serra, è il presupposto per la definizione delle strategie mirate a diminuire l'impatto dell'uso dell'energia e, in genere, delle altre attività socio-economiche sui cambiamenti climatici. Inoltre l'indicatore scelto per descrivere le emissioni di gas serra in Campania, sia a livello regionale che provinciale, disaggregandole per settore, supporta la verifica del raggiungimento dell'obiettivo individuato dal Protocollo di Kyoto. Infatti, nonostante il *target* sia a livello di Stato membro, il rispetto da parte dell'Italia degli obiettivi di Kyoto passa attraverso un'analisi dettagliata delle diverse realtà regionali. Ciascuno dei gas serra, da monitorare nell'ambito del Protocollo di Kyoto, viene emesso

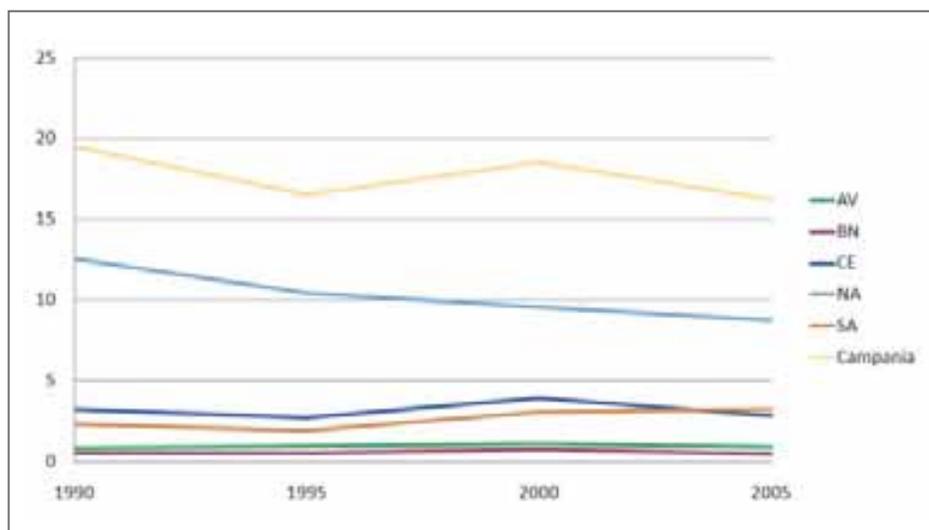
da attività antropiche, fermo restando i contributi di origine naturale nei relativi cicli biogeochimici.

L'utilizzo di combustibili fossili (impianti per la produzione di energia, riscaldamento domestico, trasporti) contribuisce in gran parte alle emissioni di anidride carbonica, così come alcuni processi industriali e la deforestazione; le attività agricole, il settore energetico/processi industriali emettono protossido di azoto e anche metano; quest'ultimo viene emesso anche tramite lo smaltimento dei rifiuti; il contributo generale all'effetto serra degli F-gas o gas fluorurati (HFCs, PFCs, SF₆) è minore rispetto ai suddetti inquinanti e proviene da attività industriali e di refrigerazione.

Dal quadro delle emissioni totali di gas serra a livello regionale e provinciale si evince che le emissioni di CO₂eq in Campania, nel periodo che va dal 1990 al 2005, si sono ridotte del 17% risultando in controtendenza con il trend nazionale. La ragione di questa tendenza alla riduzione delle emissioni di gas serra è da ricercarsi nella crisi produttiva che ha investito in particolare la provincia di Napoli nello scorso decennio. Le emissioni di gas serra provengono prevalentemente dagli impianti di combustione nell'industria dell'energia e trasformazione combustibili, dai trasporti stradali, e da processi di combustione dell'industria, che hanno subito ristrutturazioni, riconversioni e delocalizzazioni.

Dal 1990 al 2005 (figura 2.1) si ha una netta riduzione delle emissioni di gas serra nella provincia di Napoli; nelle province di Avellino e Benevento si registra un andamento sostanzialmente costante mediamente dal 1990 al 2005; per la provincia di Caserta si nota un incremento dal 1995 e poi nel 2005 ritorna ai valori del 1990; infine, per la provincia di Salerno, si nota un importante aumento dal 1995 al 2005.

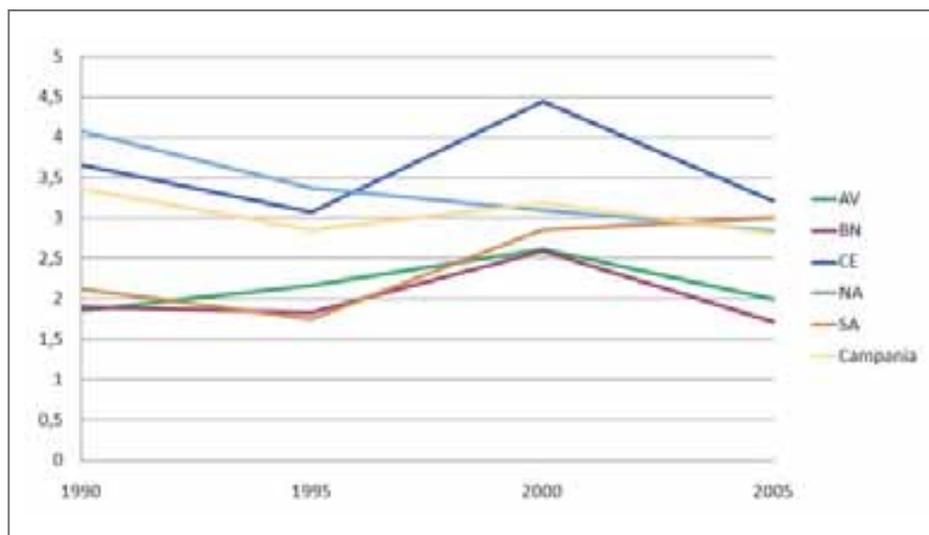
Figura 2.1
Andamento emissioni di gas serra (milioni di tonnellate) a livello provinciale e regionale in Campania (elaborazione Arpac su dati inventaria. sinanet.apat.it)



A livello regionale, il contributo procapite alle emissioni di gas serra (figura 2.2) diminuisce dal 1990 al 2005 e si attesta intorno a 3 tonnellate CO₂eq/ pro capite, ben al di sotto della media europea (10,4 tonnellate CO₂/eq pro

capite), testimoniando uno sviluppo socio-economico rallentato rispetto al resto d'Europa, dove le emissioni di gas serra risultano direttamente legate ai tassi di produzione regionali.

Figura 2.2
Andamento emissioni provinciali procapite di gas serra in Campania, anni 1990-2005 (elaborazione Arpac su dati inventaria. sinanet.apat.it)



I macrosettori riportati in figura 2.3 sono quelli adottati in ambito CORINAIR e contengono degli aggregati diversi da quelli definiti in ambito IPCC. Infatti i macrosettori IPCC sono così rappresentati: 1. Settore energetico, 2. Processi industriali, 3. Uso di solventi, 4. Agricoltura, 5. Cambiamenti uso del suolo e foreste, 6. Rifiuti, 7. Altro.

Dal 1990 al 2005 (figura 2.3) si rileva una netta riduzione delle emissioni dei settori relativi alla combustione

industriale e ai processi produttivi; un aumento di emissioni di gas serra nel settore dei trasporti e nella combustione non industriale; infine un aumento della capacità di assorbimento della CO₂eq.

Nel calcolo delle emissioni di gas serra, l'anidride carbonica immessa in atmosfera, espressa come CO₂eq, costituisce il contributo maggiore in senso assoluto.

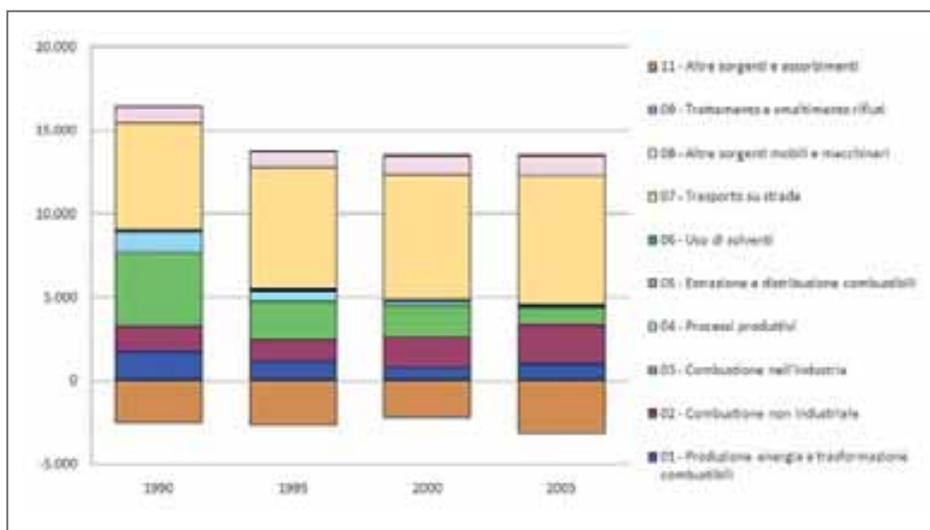


Figura 2.3
Migliaia di tonnellate di CO₂eq in Campania per settore economico, anni 1990-2005 (elaborazione Arpac su dati inventaria. sinanet.apat.it)

I combustibili fossili sono la principale fonte. Il secondo contributo di gas serra è quello delle emissioni di metano provenienti fondamentalmente dalla agricoltura, dal sistema dei rifiuti e dall'energia. Questo tipo di emissioni ha un andamento peculiare, in particolare la crescita fino al 2000 è dovuta a un incremento di emissioni da fermentazione enterica di capi di bestiame.

Probabilmente dopo la riforma delle Politiche agricole comunitarie (PAC) le pratiche agricole sono state migliorate (uso di mangimi, tipo di allevamenti, quantità) realizzando una riduzione delle emissioni di metano. Le emissioni di protossido di azoto seguono l'andamento dell'anidride carbonica, risultando emesse fondamentalmente dai trasporti e dall'industria (figura 2.4).

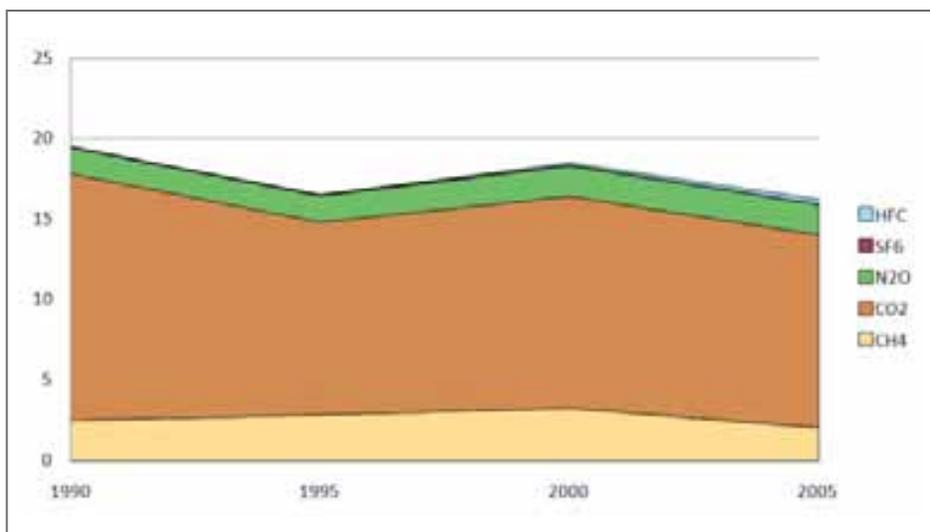


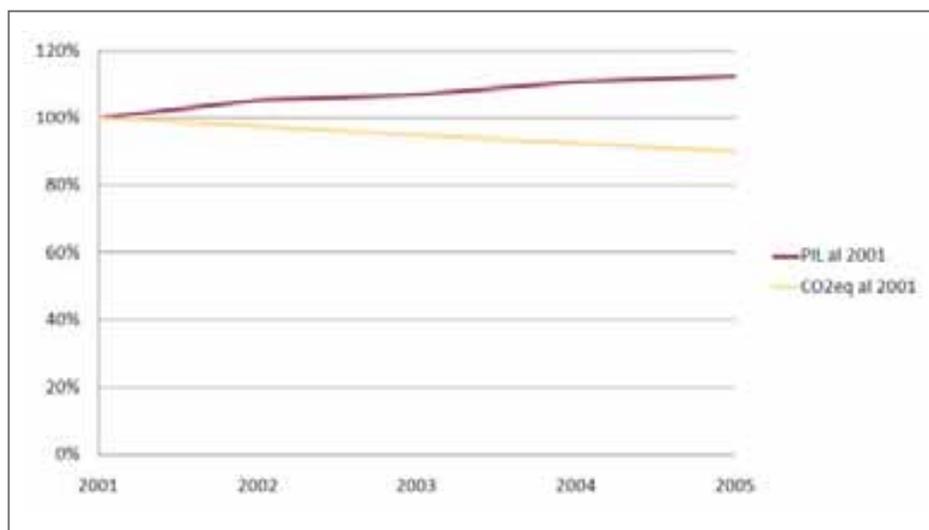
Figura 2.4
Contributi dei diversi gas serra (CO₂, N₂O, CH₄, SF₆, HFC) in milioni di tonnellate a livello regionale, anni 1990-2005 (elaborazione Arpac su dati inventaria. sinanet.apat.it)

Una prima analisi delle relazioni fra sviluppo economico ed emissioni è basata sul confronto fra Prodotto interno lordo (PIL) e CO₂ equivalente. Si rileva il disaccoppiamento tra la crescita del PIL attualizzato⁶ e delle emissioni di gas serra (figura 2.5). Infatti, si nota come il PIL per abitante, espresso come valore attuale, varia positivamente dal 2001 al 2005 a livello regio-

nale; invece le emissioni di gas serra in atmosfera, espresse come CO₂eq, variano negativamente dal 2001 al 2005. Questo disaccoppiamento è legato sia a processi di deindustrializzazione e alla delocalizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica, sia a meccanismi virtuosi di creazione di PIL a bassa intensità energetica.

(6) Fonte: Istat

Figura 2.5
Variazione percentuale 2001-2005
delle emissioni di CO2eq e dei valori
del PIL rispetto al 2001 in Campania
(elaborazione Arpac su dati inventaria.
sinanet.apat.it)



SCHEDA TEMATICA

CENTRO FUNZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Istituito con DGR n. 6940 del 21 dicembre 2001, come servizio 04 del Settore programmazione interventi di Protezione Civile sul territorio, il "Centro funzionale per la previsione meteorologica e il monitoraggio meteoidropluviometrico e delle frane" ha iniziato le sue attività nell'ottobre 2002, all'atto del trasferimento alla Regione Campania dell'Ufficio compartimentale di Napoli del servizio idrografico e mareografico nazionale (SIMN) della presidenza del Consiglio dei ministri, avvenuto ai sensi del D.Lgs. n. 112/1998 e del relativo DPCM attuativo del 24 luglio 2002.

Individuato, con DPGR n. 299 del 30 giugno 2005, quale Centro funzionale regionale ai sensi e per gli effetti della Direttiva PCM 27 febbraio 2004 e smi, il Centro ha conseguito, in data 1 settembre 2005, il formale riconoscimento dello stato di attività e operatività, rilasciato dal dipartimento della Protezione Civile nazionale, ottenendo contestualmente l'autorizzazione ai fini dell'autonoma emissione degli avvisi regionali di condizioni meteo avverse e diventando, così, componente istituzionale della rete dei centri funzionali regionali, organismo che, insieme al dipartimento della Protezione Civile, assicura la gestione del sistema di allertamento nazionale (statale e regionale) per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile, secondo gli indirizzi operativi stabiliti dalla Direttiva.

La struttura organizzativa è articolata in tre aree integrate, dedicate:

- alla raccolta, concentrazione, elaborazione, archiviazione e validazione dei dati rilevati
- all'interpretazione e all'utilizzo integrato dei dati rilevati e delle informazioni prodotte dai modelli previsionali relativi al dominio territoriale di competenza
- alla gestione del sistema di scambio informativo.



Figura 2.6
Sala operativa centro funzionale

Il Centro funzionale fornisce il supporto alle decisioni delle autorità di Protezione Civile competenti per gli allertamenti, attuando in tempo reale e con modalità integrata, per 365 giorni all'anno, le fasi di previsione meteorologica, di monitoraggio diretto e strumentale e di valutazione delle criticità idrogeologiche e idrauliche in atto e attese.

Al Centro, inoltre - nell'ambito delle pianificazioni di emergenza, adottate sin dal 1998 a seguito degli eventi di dissesto idrogeologico che hanno interessato vari comuni della Campania e tuttora vigenti sul territorio regionale - sono state attribuite le funzioni di vigilanza meteorologica sul territorio regionale e di sorveglianza e monitoraggio idropluviometrico in tempo reale per l'attivazione degli stati di allerta (attenzione, preallarme e allarme) ai fini di protezione civile.

Il clima in Campania

«Il clima della Campania è prevalentemente di tipo mediterraneo. Più secco e arido lungo le coste e sulle isole, più umido sulle zone interne, specie in quelle montuose. Nelle località a quote più elevate, lungo la dorsale appenninica, si riscontrano condizioni climatiche più rigide, con invernamenti invernali persistenti ed estati meno

calde» (Regione Campania, 2001).

Il clima della Campania è il risultato dell'interazione fra gli anticicloni delle Azzorre, Siberiano e Sud Africano e le depressioni di origine prevalentemente atlantica (cicloni di Islanda e delle Aleutine), con calde e secche estati e inverni piovosi, moderatamente freddi (Ducci, 2008).

Temperatura

Le temperature medie annue sono di circa 10°C nelle zone montuose interne, 18°C nelle zone costiere e 15,5°C nelle pianure interne circondate da rilievi carbonatici. In Campania la correlazione tra la temperatura e l'altitudine è estremamente alta (generalmente >0,9), con un gradiente compreso fra -0,5°C e -0,7°C ogni 100 m (Ducci, 2008) e ciò consente di stimare con metodologie geostatistiche i valori medi di temperatura per l'intero territorio regionale.

La temperatura media annua registrata dal 2005 al 2007 nelle stazioni di riferimento utilizzate oscilla tra i 9,5°C misurati nella stazione di Trevico e i 19,1°C a Capo Palinuro. A livello nazionale l'area climatica in cui è compresa la regione Campania risulta essere

mediamente quella con temperature elevate.

In particolare, l'andamento delle temperature registrate negli ultimi anni (2005-2007) dimostra come rispetto al trentennio di riferimento vi sia un incremento dei valori di temperatura misurati fino a 1-2°C mediamente.

Il grafico (figura 2.9) relativo all'andamento delle temperature mensili (2002-2006) delle stazioni di Avellino-civile, Battipaglia e Benevento, gestite dal Centro funzionale della Protezione Civile, evidenzia che la stazione con temperature più elevate è quella di Battipaglia, ubicata nella piana del fiume Sele, caratterizzata dalle temperature medie più alte in tutto il territorio regionale.

Figura 2.7
 Grafico temperatura media mensile (°C), anni 1961-1990
 (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)

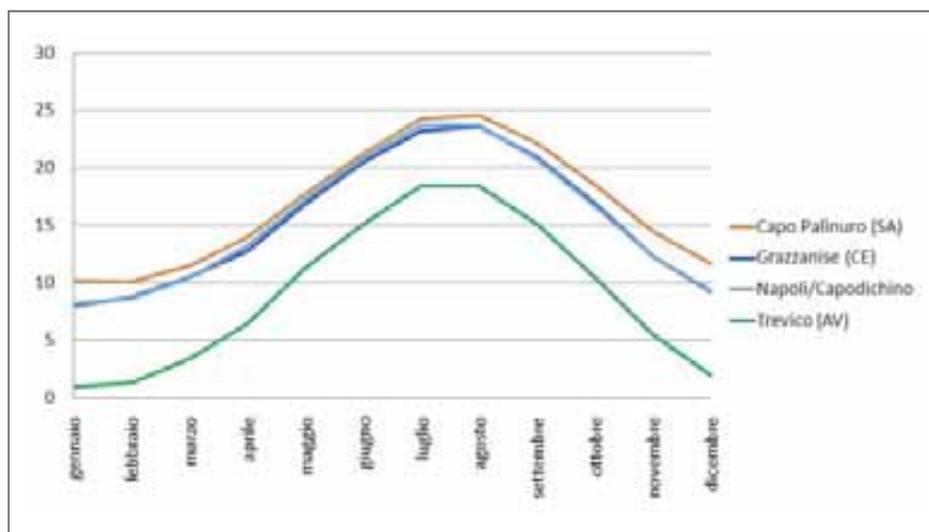
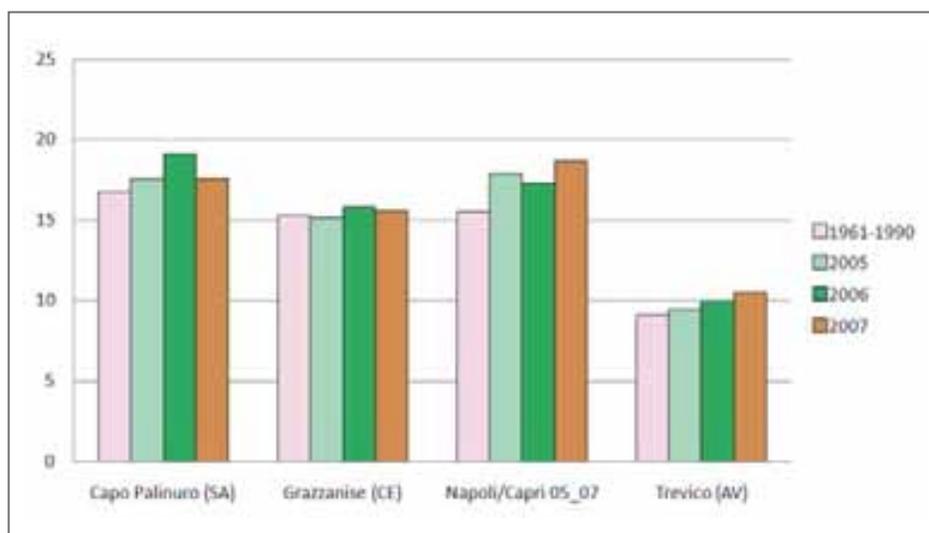
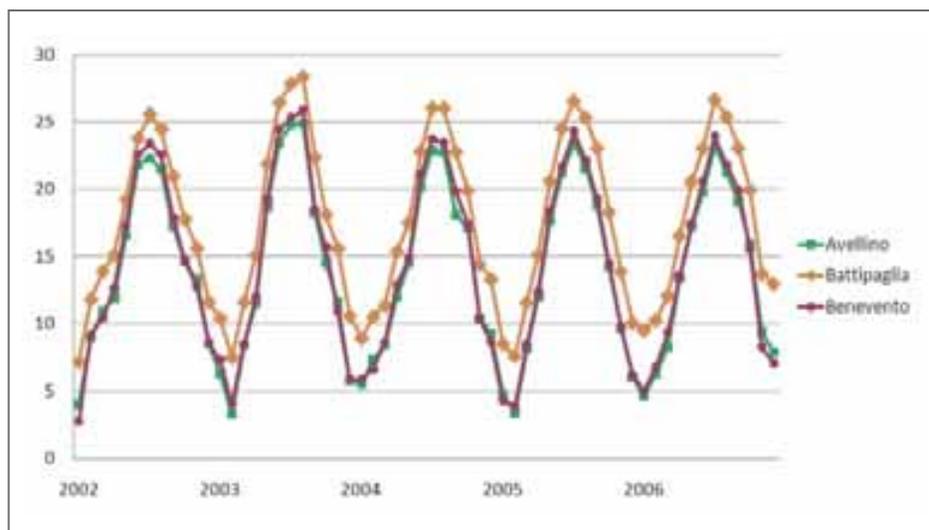


Figura 2.8
 Confronto temperature medie trentennio (°C), anni 1961-1990 con anni 2005-2006-2007
 (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)



Dalla figura 2.9 si rileva che nel 2003 nel mese di luglio sono stati misurati valori particolarmente elevati, soprattutto a Battipaglia, con un'anomalia di quasi 5 gradi rispetto alla media, in coerenza con l'eccezionale ondata di calore che ha investito tutta l'Europa continentale.

Figura 2.9
 Temperature medie mensili (°C) di alcune stazioni della rete del Centro Funzionale di Protezione Civile (elaborazione su dati del Centro funzionale Protezione Civile Campania)



Di seguito si riportano le carte della temperatura media annua relative rispettivamente ai periodi 1951-1980 e 1981-1999, dalle quali è possibile

notare un aumento delle temperature medie nel ventennio 1981-1999 rispetto al trentennio 1951-1980 (Ducci e Tranfaglia, 2005).

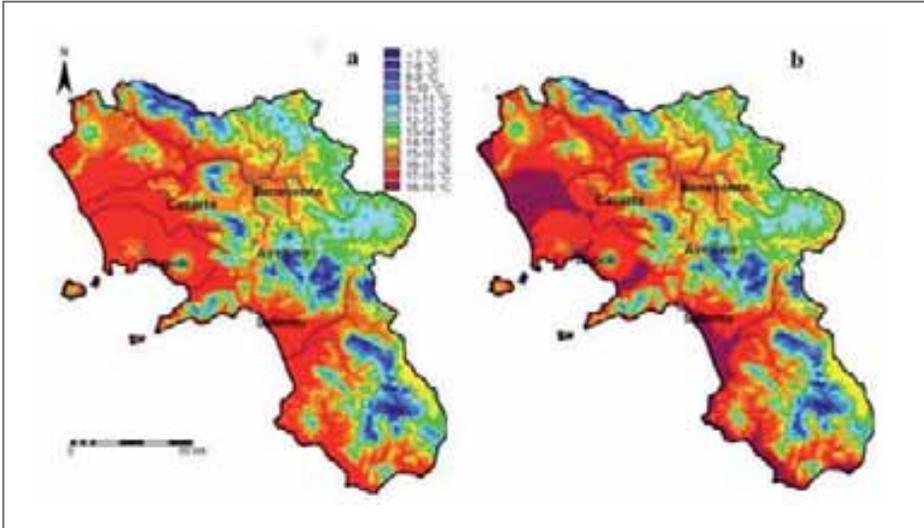


Figura 2.10
Confronto temperature medie (°C) trentennio 1951-1980 con decennio 1981-1999
(Fonte: Ducci e Tranfaglia, 2005)

Precipitazioni

Il regime di precipitazioni in Campania è appenninico sublitorale, con un massimo in autunno/inverno. Le precipitazioni sono influenzate principalmente dalle catene montuose, in termini di altitudine (spesso 1.500-2.000 m slm), disposizione dei rilievi (effetto barriera) e prossimità al mar Tirreno. La più bassa media annua delle precipitazioni fino al 1999 si attesta intorno ai 700 mm, caduta nella parte orientale della

regione, dall'altro lato del bacino idrografico appenninico; la più alta circa 1.800 mm, caduta nella parte centrale del rilievo appenninico (Ducci, 2008). I valori di precipitazione cumulata, registrata in Campania nelle stazioni di riferimento negli ultimi anni (2005-2007), vanno dai 452,2 mm della stazione di Trevico nel 2007 ai 1.297,6 mm della stazione di Pontecagnano nel 2005.

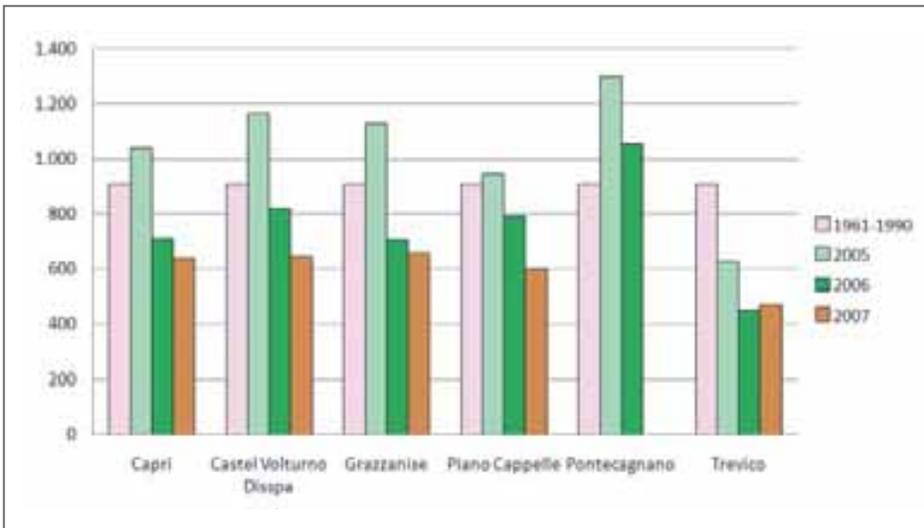
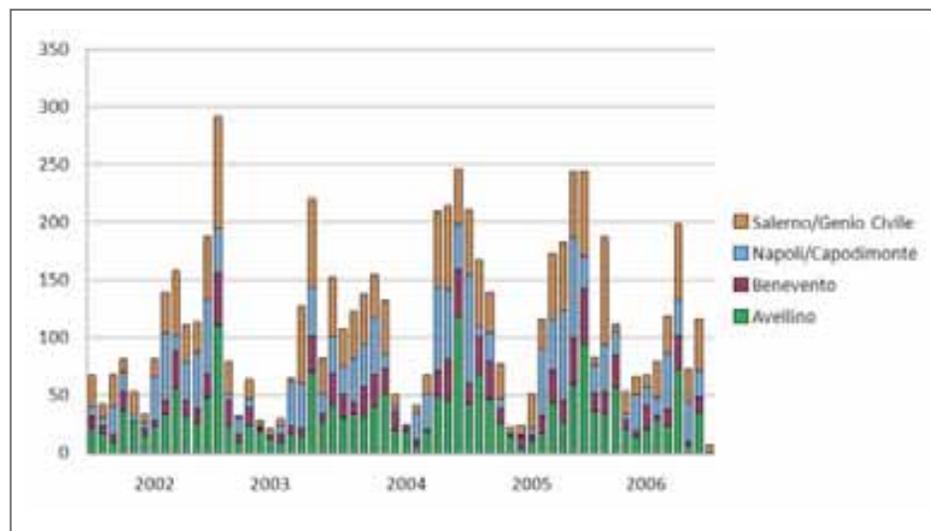


Figura 2.11
Confronto precipitazioni medie (mm) trentennio 1961-1990 con anni 2005-2006-2007 (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)

Di seguito (figura 2.12) si rappresentano le precipitazioni mensili (2002-2006) di alcune stazioni significative gestite dal Centro funzionale della Protezione Civile Campania, in partico-

lare nei capoluoghi di Salerno, Napoli, Avellino e Benevento. Si può notare l'andamento stagionale della pioggia e il picco dell'autunno 2002.

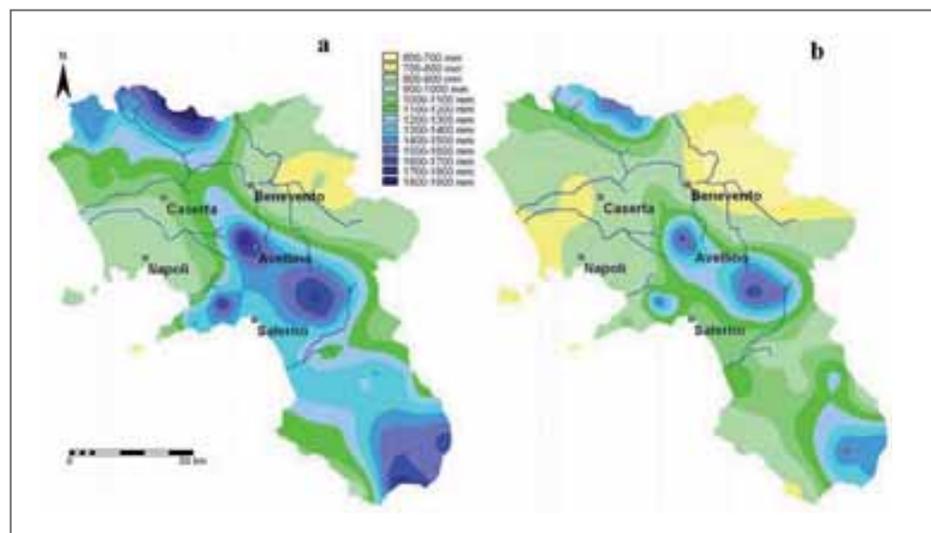
Figura 2.12
Precipitazioni mensili (mm) di alcune stazioni della rete del Centro funzionale di Protezione Civile 2002-2006
(elaborazione su dati del Centro funzionale Protezione Civile Campania)



Dall'analisi e dal confronto delle carte della piovosità media annua relative rispettivamente al periodo 1951-1980 e al periodo 1981-1999, si evince come mediamente le precipitazioni si siano

ridotte nel recente decennio rispetto al trentennio precedente, confermando la tendenza riscontrata a livello europeo.

Figura 2.13
Confronto precipitazioni medie trentennio 1951-1980 con decennio 1981-1999
(Fonte: Ducci e Tranfaglia, 2005)



La carta della piovosità media annua dal 1951 al 1980 mostra un massimo di precipitazioni nelle zone in rilievo della Campania (dai 1.500 ai 1.900 mm). Anche nel periodo 1981-1990, nonostante la diminuzione delle preci-

pitazioni medie annue, si nota un massimo nelle stesse zone montuose con i minimi situati nella pianura di Napoli e Caserta e nella zona alle spalle di Benevento (dai 600 ai 1.000 mm).

Vento

Le misure di vento sono fortemente condizionate dal posizionamento delle stazioni di misura rispetto all'orografia locale e pertanto sono generalmente rappresentative di un'area di estensio-

ne limitata. Risulta utile allora riportare nel grafico sottostante le misure relative al vento medio misurato piuttosto che quelle relative alla direzione del vento.

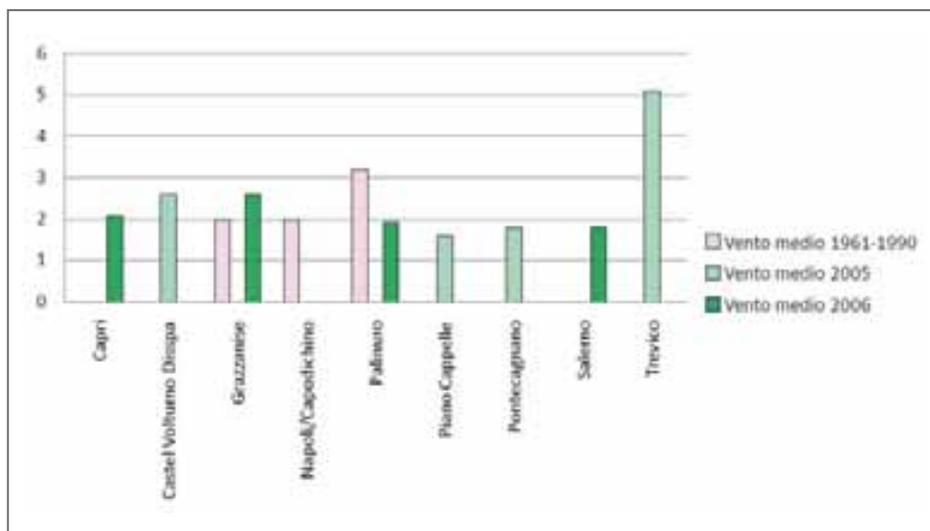


Figura 2.14
Confronto vento medio (m/s) trentennio 1961-1990 con anni recenti (2005-2007) in Campania (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)

A questi valori di vento rilevati dalle stazioni AM e RAN (UCEA) si aggiungono i valori rilevati dalla stazione di Battipaglia gestita dal Centro funzionale della Protezione Civile della Regione

Campania. In particolare si rileva come i dati di vento medio vettoriale rilevati dal 2000 al 2006 vanno dai 5,0 m/s del 2004 al 1,2 m/s del 2006 (scalare 1,4 m/s).

Umidità

I valori di temperatura media annua registrati dal 2005 al 2007 oscillano tra i 63,6% misurati nella stazione di Capri (NA) - che é caratterizzata da un clima a carattere mediterraneo e, quindi,

moderatamente più arido rispetto alle zone continentali - e i 79,1% misurati in quella di Trevico (AV). A scala annuale non si rilevano *trend* significativi.

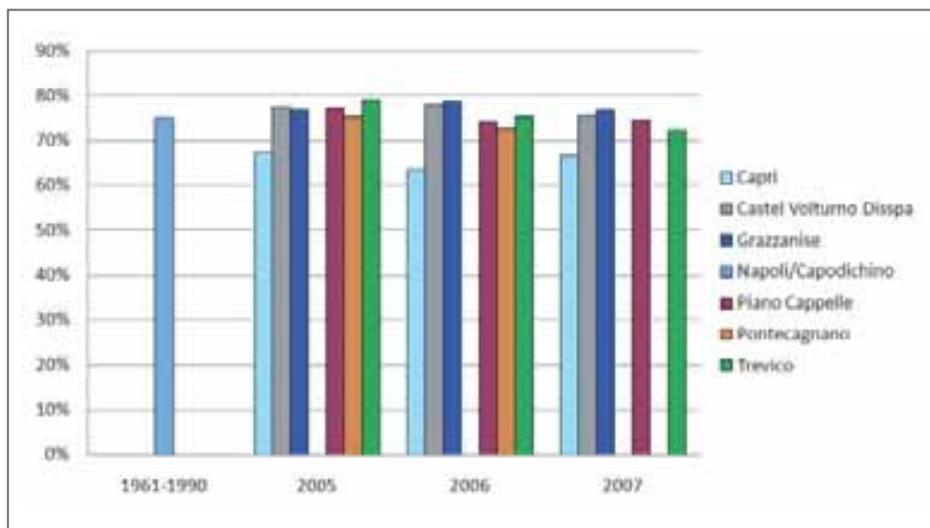
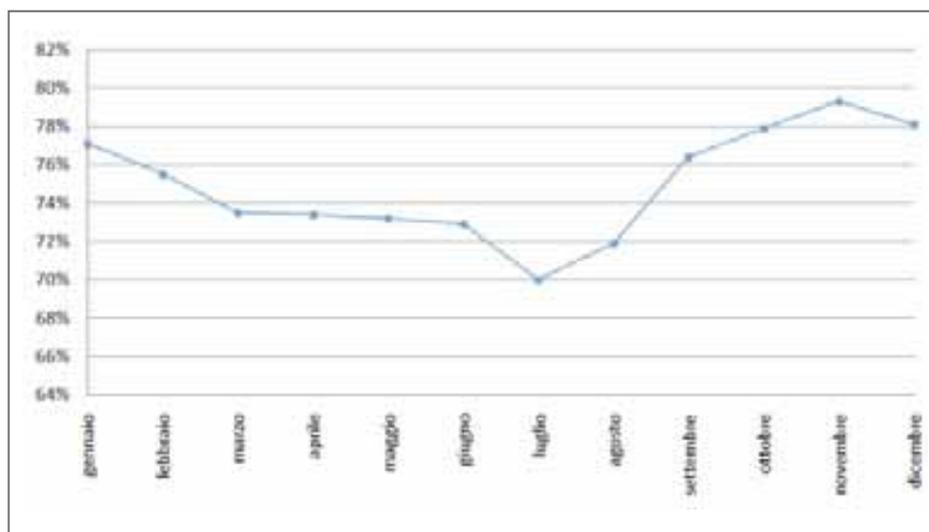


Figura 2.15
Confronto umidità relativa media (%) trentennio 1961-1990 con anni 2005-2006-2007 in Campania (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)

Figura 2.16
Umidità relativa (%) 1961-1990 rilevata nella stazione meteorologica di Napoli Capodichino (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)



I valori di umidità relativa media registrati nel trentennio 1961-1990 (figura 2.15), rilevati nella stazione di Napoli Capodichino, sono poco inferiori al 75%. L'analisi della distribuzione

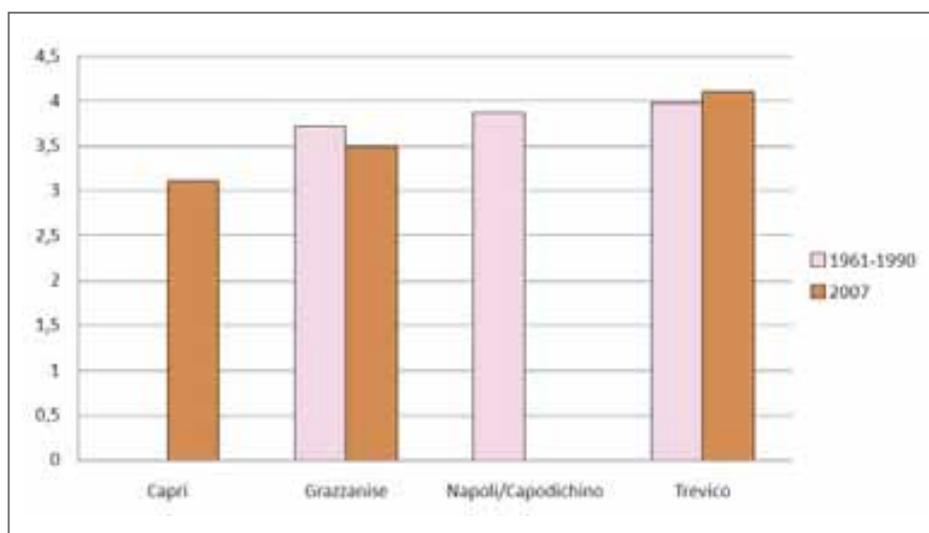
dell'umidità relativa media mensile (figura 2.16) nello stesso periodo (1961-1990) evidenzia un andamento dei valori di umidità relativa che vanno dal 70% di luglio al 79% di novembre.

Copertura nuvolosa

La copertura nuvolosa media mensile in Campania ha un valore che va dai 3,1 ottavi di Capri ai 4,1 di Treviso. L'analisi della distribuzione della copertura nuvolosa media annuale nello stesso periodo (1961-1990) evidenzia

un andamento dei valori medi che vanno dal poco inferiore a 2 ottavi nel mese di settembre a 5,5 ottavi nei mesi di dicembre-gennaio con una maggiore differenziazione per Treviso fra estate e inverno.

Figura 2.17
Confronto copertura nuvolosa media (ottavi) 1961-1990 con 2007 in Campania (Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)



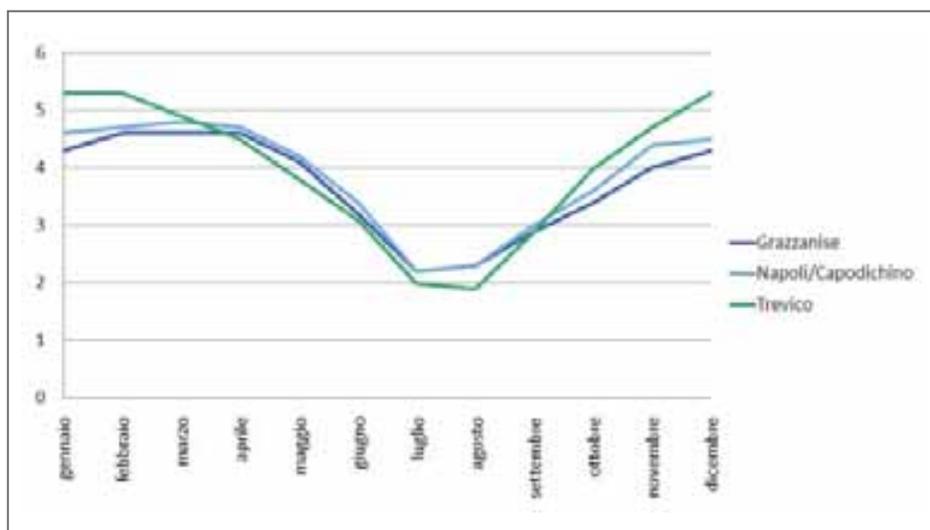


Figura 2.18
Copertura nuvolosa media mensile (ottavi) 1961-1990 in Campania
(Fonte: Ispra su dati UGM-ENAV-UCEA-Arpa EMR)

Temperatura superficiale del mare

«Gli indicatori 2007 della temperatura superficiale dei mari italiani sono stati calcolati a partire dai dati elaborati dalla *National oceanic and atmospheric administration*. Sono state selezionate dal grigliato regolare sei celle, ciascuna rappresentativa di uno dei mari italiani. Gli estremi in latitudine e longitudine delle celle selezionate sono relativamente alla Campania:

	Longitudine	Latitudine
Tirreno	38°- 40°	10°- 12°

I valori medi annui della temperatura media superficiale dei mari italiani nel 2007⁷, così ottenuti, sono compresi tra 18,7°C (Adriatico) e 20,5°C (Ionio). Dalla media dei valori mensili dei sei mari (Adriatico, Ionio, mar di Sardegna, canale di Sardegna, canale di Sicilia, Tirreno), dal 1961 al 2007, è stata calcolata la serie delle anomalie medie annuali della temperatura superficiale del mare in Italia rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990. La serie presenta diverse analogie con quella relativa alla temperatura dell'aria e mostra che il 2007 è stato complessivamente un anno più caldo rispetto alla media di lungo periodo, con una temperatura del mare di 0,5°C superiore alla norma» (APAT, 2008).

La variabilità stagionale della temperatura superficiale dell'acqua di mare può essere considerata indicativa dello stato di degrado effettivo e poten-

ziale dell'ambiente marino. Rispetto agli oceani, il Mediterraneo sembra subire maggiormente i cambiamenti climatici facendo registrare un innalzamento della temperatura superficiale del mare.

Il Mediterraneo ha la caratteristica di avere una temperatura costante intorno ai 13°C.

Durante il periodo estivo le acque superficiali possono superare i 28°C di temperatura, con una diminuzione della densità e raggiungere una salinità del 38 per mille, specialmente nella parte sud-orientale. Per questo riescono a galleggiare su quelle profonde, che si mantengono ad una temperatura di 13°C per tutto l'anno. Il riscaldamento del mare non è tuttavia uniforme. In profondità si avverte meno l'azione termica dei raggi solari per cui i valori di temperatura diminuiscono con la profondità ma non in maniera costante: esiste una zona, il termocline, che crea una barriera netta dovuta alla differenza di temperatura fra i due strati di acqua che limita gli scambi fra le acque che separa e che, per molti animali, è insuperabile.

Nel mar Mediterraneo i termoclini sono due: uno stagionale che si instaura fra i 15 ed i 40 metri e l'altro, stabile e più profondo, a una profondità tra 150 e 400 metri. I cicli vitali delle comunità marine risentono delle escursioni termiche che ne derivano.

(7) <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>

La schiusa delle uova delle forme animali, ad esempio, è concentrata nel periodo che va dalla tarda primavera all'inizio dell'estate, come pure nello stesso periodo l'attività vegetativa di alghe e fanerogame marine si intensifica. Il variare della temperatura può, quindi, diventare un fattore limitante alla diffusione delle specie in quanto può essere letale per le larve e gli avannotti, mentre può alterare i periodi riproduttivi degli adulti. Le specie in grado di sopportare le variazioni di temperatura sono dette euriterme, mentre quelle meno tolleranti si definiscono stenoterme.

Fra i dati raccolti sistematicamente lungo le coste della Campania sono da segnalare le serie temporali di dati, dal 1999 al 2007, a disposizione di Arpac sulla temperatura superficiale del mare, che si riferiscono alle misure effettuate nel semestre aprile-settembre durante i monitoraggi svolti, ai sensi del DPR n. 470/82 e s.m.i., dai Dipartimenti provinciali Arpac di Caserta, Napoli e Salerno per la qualità delle acque destinate alla balneazione. Tali

misure sono effettuate in superficie e in prossimità del litorale con termometri manuali, quindi consentono una valutazione di massima dello stato termico del mare. Sono state confrontate le medie stagionali della temperatura dell'aria e dell'acqua di mare, tra il periodo primaverile e quello estivo, a dettaglio provinciale e comunale, per il monitoraggio 1999-2006 e quello relativo all'anno 2007.

Considerato che la normativa vigente in materia di balneazione considera come periodo di monitoraggio il periodo che va dal 1 aprile e al 30 settembre di ogni stagione balneare, i dati dei mesi di aprile, maggio e giugno sono stati considerati rappresentativi del periodo primaverile e i restanti mesi di luglio, agosto e settembre di quello estivo.

Il mare in cui si affaccia la costa casertana tende all'eliminazione della mezza stagione: le temperature primaverili sono diminuite, avvicinandosi quindi a un clima invernale, mentre le temperature estive sono aumentate.

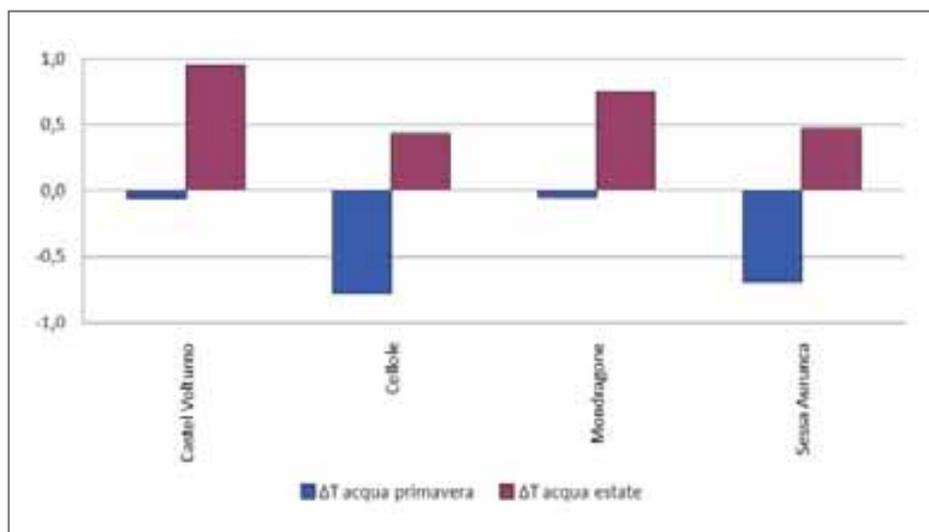


Figura 2.19
Variazioni di temperatura dell'acqua dal periodo 1999-2006 al 2007 della zona balneare di Caserta

Le temperature delle acque della costa di Napoli non mostrano significative differenze tra le temperature primaverili e quelle estive. Infatti quasi tutti i comuni evidenziano un aumento delle temperature dell'acqua nella stagione

primaverile e un calo, invece, nella stagione estiva.

In provincia di Salerno si nota un calo, in alcuni casi addirittura di quasi due gradi centigradi, delle temperature delle acque di tutti i comuni.

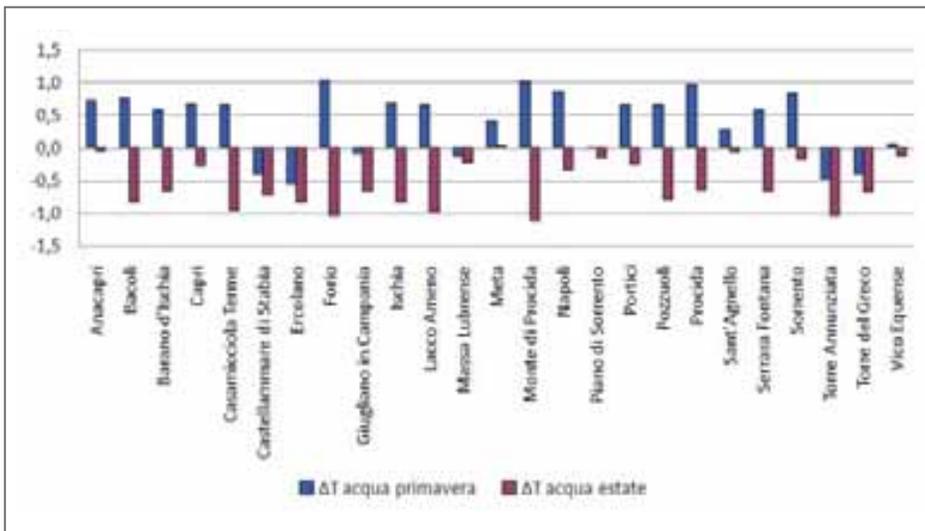


Figura 2.20
Variazioni di temperatura dell'acqua dal periodo 1999-2006 al 2007 della zona balneare di Napoli

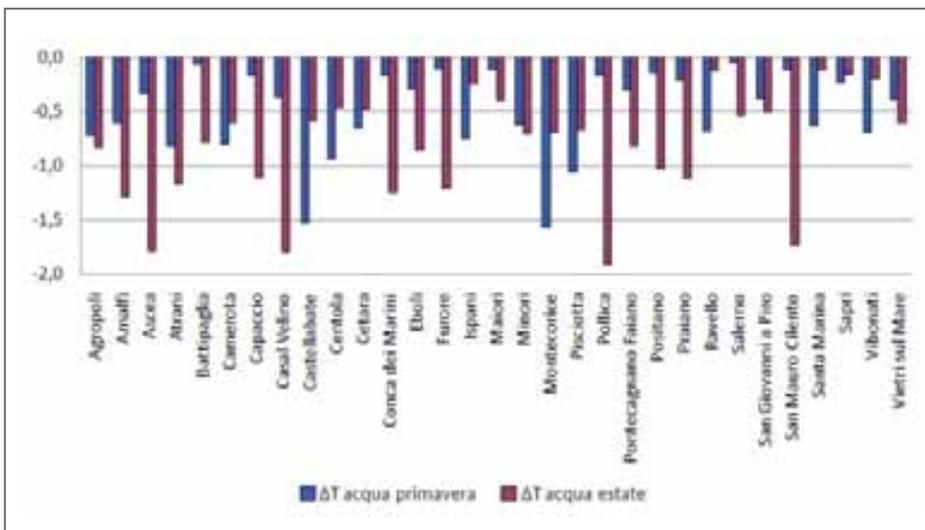


Figura 2.21
Variazioni di temperatura dell'acqua dal periodo 1999-2006 al 2007 della zona balneare di Salerno

Il Centro MEteorologico Climatologico (Cemec)

Il Centro meteorologico e climatologico della Campania, Cemec, è la struttura operativa di Arpac dedicata a svolgere previsioni e valutazioni meteoambientali. Opera su impulso della Giunta regionale della Campania che ha affidato ad Arpac la realizzazione, con il cofinanziamento comunitario POR Campania 2000-2006 Misura 1.1, del "Sistema regionale di monitoraggio ambientale" comprendente anche il progetto "Meteorologia". Svolge l'attività meteo e climatologica finalizzata alle applicazioni in campo ambientale a scala regionale. I prodot-

ti elaborati sono :

- Bollettino giornaliero previsioni condizioni meteo che favoriscono l'inquinamento da polveri e ozono nelle aree urbane e mappe tematiche orarie
- Bollettino previsioni e mappe tematiche orarie stato del mare e dei venti
- Bollettino previsioni portate e qualità dei fiumi
- Relazione annuale sulle variazioni climatiche a scala regionale
- Caratterizzazione della presenza di aerosol in atmosfera

- Caratterizzazione meteorologica per la relazione annuale sulla qualità dell'aria
- Elaborazioni idrometeorologiche e modellistiche per la valutazione dell'inquinamento delle acque
- Elaborazioni climatologiche per la valutazione delle risorse idriche.

Sul sito è diffuso inoltre il Bollettino meteorologico regionale giornaliero per zone omogenee (attività svolta dal Centro funzionale regionale di Protezione Civile).

I prodotti sono realizzati dalla sala operativa meteo, tramite la collaborazione

con il Servizio meteorologico dell'Arpa Emilia Romagna, l'acquisizione delle previsioni elaborate dai modelli meteo e dei dati rilevati da satelliti; l'interconnessione con le reti idrometeoromare in funzione in Campania, i dati del sistema *wind profiler*, che permette di misurare vento e temperatura dal livello del suolo alla quota di 3.000 metri slm, i modelli per qualità dell'aria, stato del mare, regime idrologico.

Da un punto di vista organizzativo Cemec è organizzato secondo lo schema di seguito riportato.

Sistema CEMEC

Questo sistema permette la raccolta, la gestione, la produzione e disseminazione dell'informazione meteorologica, ambientale, osservativa e previsionale nell'ottica di integrare le attività ambientali di Arpac. Nel Cemec è stato creato un archivio centrale dei dati, costituito da una base dati relazionale nella quale confluiscono i dati osservati o provenienti dalle reti di stazioni di misura, i dati previsionali generati dalla modellistica, i prodotti meteorologici generati da Arpac.

Un flusso di dati fondamentale in input al sistema è costituito dai dati di analisi e previsione oggettiva, prodotti da centri nazionali e internazionali, che è articolato nei dati forniti dal modello LAMI per le previsioni ad area limitata e dall'ECMWF per le situazioni previsionali su scala nazionale o sovranazionale. I dati osservati, provenienti dalle reti di stazioni di misura della protezione civile e rete agrometeorologica e dalla messaggistica meteorologica (CNMCA report meteo SYNOP, TEMP), sono standardizzati, validati secondo le regole *standard* di controllo di qualità, e archiviati in una struttura integrata, che ne rende possibile un utilizzo omogeneo. Nella base dati è comunque presente anche il dato grezzo, per consentire raffronti e verifiche statistiche, e una porzione dei dati osservati sono storicizzati per

usi climatologici. I dati delle stazioni di misura si affiancano nel sistema a flussi di dati ambientali provenienti da strumentazioni a elevato *standard* tecnologico quali il LIDAR o il *Wind Profiler* - RASS; tale insieme di parametri ambientali contribuisce all'input di catene modellistiche per la generazione di previsioni e simulazioni ambientali nei vari settori di applicazione: idrologica, della qualità dell'aria, dello stato del mare. L'integrazione della catena ricevente Meteosat consente la fruizione del dato satellitare, indispensabile per una efficace implementazione del *nowcasting*. L'insieme dei dati previsionali provenienti dai modelli, dei dati osservati - provenienti dalla messaggistica meteo e dalle reti di stazioni di misura - e dei dati di sensoristica specialistica alimentano la catena operativa, che è integrata e implementata nel Cemec, mediante la quale sono generati quotidianamente i prodotti di previsione e di analisi. La figura che segue mostra schematicamente i flussi informativi del Cemec.

Come riportato nella figura 2.22, il Cemec è costituito da una sezione dedicata al sistema informatico per l'elaborazione dei dati e da una sala operativa dove i previsori, analizzando le mappe prodotte dal sistema, realizzano i bollettini e altri prodotti previsionali pubblicati sul sito *web*.

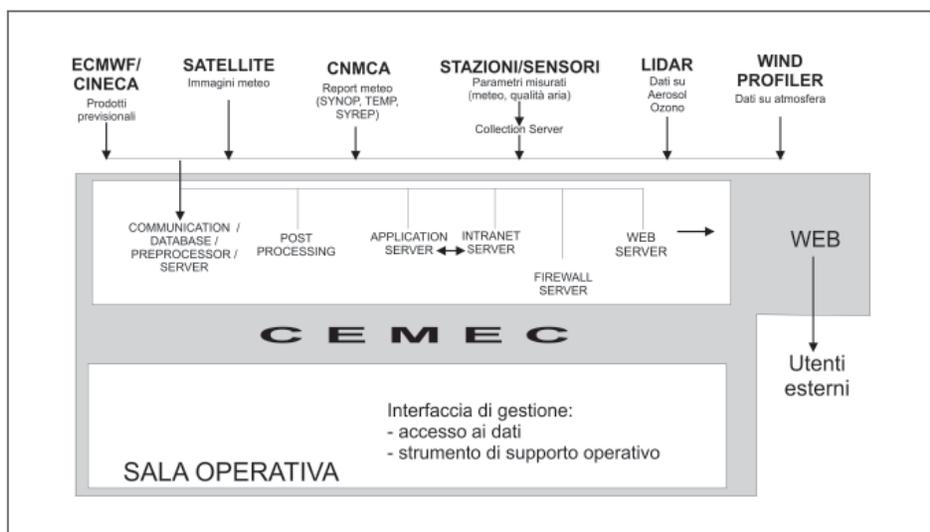


Figura 2.22
Cemec: flussi informativi

Il Cemec, nello svolgimento delle proprie attività, si avvale della collaborazione dei seguenti partner istituzionali:

- Centro funzionale di Protezione Civile della Campania
- Arpa Emilia Romagna - Servizio idro-meteo-clima
- CIRA - Centro italiano ricerche aerospaziali
- Centro Agrometeorologico regionale
- Università degli Studi di Napoli "Federico II"
- Università degli Studi "Roma Tre"
- Consorzio dell'Alto Calore (fiume Sabato)
- Consorzio Velia (fiume Alento)
- Ispra - Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale
- Aeronautica militare Servizio meteorologico
- Presidenza del consiglio dei Ministri, Dipartimento di Protezione Civile
- PREV'AIR - Istituto INERIS
- EUMETSAT
- WMO - *World meteorological organization*.

Servizi sistema CEMEC

La diffusione dei dati gestiti dal sistema Cemec è affidata al sito www.meteoambiente.campania.it

Il sito è diviso in diverse sezioni: previsioni meteo, stato del mare, qualità dell'aria, pollini, stato dei fiumi e clima (tabella 2.1). Le informazioni contenute nella sezione "previsioni meteo" e

parte di quelle presenti nella sezione "clima" sono rese disponibili dal "Centro funzionale per la previsione meteorologica e il monitoraggio meteo-idropluviometrico" afferente al settore Protezione Civile della Giunta regionale della Campania.

Mappe previsionali delle precipitazioni, copertura nuvolosa, venti, temperatura	Ricavate dall'applicazione del modello LAMI
Meteogrammi (precipitazioni, copertura nuvolosa, venti, temperatura)	Forniscono una visione sintetica delle condizioni meteo nei capoluoghi di provincia
Bollettino previsionale	Fornisce informazioni circa la temperatura dell'acqua, dell'aria la direzione e intensità del vento, moto ondoso e concentrazione di raggi UV
Bollettino previsionale della qualità dell'aria	Fornisce informazioni sulla dispersione delle polveri sottili e dell'ozono oltre ai fattori meteorologici che la influenzano: condizioni meteo, presenza di vento, emissioni
Mappe previsionali concentrazione inquinanti	Ricavate dal modello Chimere relative alle concentrazioni di Polveri sottili, Ozono, Biossido di Zolfo, Polveri
Misure in atmosfera estraibili dalla base dati	Ottenute utilizzando LIDAR e un <i>Wind Profiler</i> consentono una caratterizzazione fine dell'area. A lato un esempio di un profilo di vento a varie quote ottenuto tramite il <i>Wind Profiler</i>

Tabella 2.1
Cemec: prodotti di informazione

L'aspetto caratterizzante del sito è l'accento che esso pone sulle questioni meteo ambientali, per cui il moni-

toraggio fornisce una serie di *output* grafici, quantitativi e qualitativi, sotto forma di bollettini e mappe.

Contributo di Arpac al sistema SCIA di Ispra

Il sistema Cemec è la fonte informativa di riferimento per l'alimentazione del sistema SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di interesse ambientale). SCIA è stato realizzato da Apat (oggi Ispra), nell'ambito dei propri compiti di gestione e sviluppo del sistema informativo nazionale ambientale, in collaborazione con gli organismi istituzionali qualificati. Esso risponde all'esigenza di armonizzare e standardizzare i metodi di elaborazione e rendere disponibili gli indicatori utili alla rappresentazione dello stato del clima e della sua evoluzione.

Attraverso SCIA vengono elaborati e rappresentati gruppi di indicatori climatologici, derivati dalle serie temporali delle variabili misurate da diverse reti di osservazione meteorologica.

Le principali variabili meteorologiche che vengono prese in considerazione sono: temperatura, temperatura potenziale, temperatura equivalente potenziale, precipitazioni, umidità relativa, vento, bilancio idrico, indici bio-

climatologici, eliofania, evapotraspirazione potenziale, gradi giorno, nebbia e visibilità, nuvolosità, pressione atmosferica, radiazione globale. Per ciascuna variabile viene calcolato, su base decennale, mensile e annuale, l'insieme degli indicatori rappresentativi del fenomeno climatico a essa associato e della sua distribuzione statistica.

Gli indicatori vengono calcolati e sottoposti a controlli di validità con metodologie omogenee e condivise con gli organismi titolari dei dati da cui hanno origine. Le modalità di calcolo degli indicatori e i controlli di validità sono descritti nel documento "Criteri di calcolo degli indicatori meteoroclimatici".

Attraverso il sito *web* di SCIA è possibile visualizzare sotto forma di tabelle, grafici e mappe - e scaricare su file di testo - i principali indicatori elaborati e memorizzati dal sistema.

Il sistema SCIA risulta di grande utilità grazie alla pubblicazione degli annuari su scala nazionale che integrano informazioni presenti su scala globale.

SCHEDA TEMATICA

LA QUALITÀ DELLE ACQUE METEORICHE NEI COMUNI DI AVELLINO, ATRIPALDA E MERCOGLIANO

Il Dipartimento provinciale Arpac di Avellino ha attivato un progetto di monitoraggio delle acque piovane in quanto indicatrici dello stato di qualità dell'aria ambiente, integrando quindi modalità di intervento più convenzionali con un approccio alternativo di monitoraggio ambientale. L'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche - che è infatti operata da inquinanti aeriformi tra cui ossidi di zolfo e di azoto, tipicamente attribuibili, in ambienti urbani, a sorgenti emmissive quali traffico veicolare e riscaldamento domestico - può seriamente compromettere l'equilibrio degli ecosistemi interessati nei suoi vari comparti (acqua, aria e suolo), accelerare il decadimento dei materiali da costruzione, compromettendo bellezza e decoro anche del patrimonio artistico-culturale delle nostre città, nonché attentare alla salute pubblica sia attraverso una riduzione, a volte molto seria, della visibilità, sia indirettamente attraverso l'ingestione di alimenti alterati nei loro contenuti naturali. Il monitoraggio, svolto tra novembre 2005 e giugno 2006, ha interessato il territorio del capoluogo irpino, con più elevato dettaglio spaziale, e quello di altri due comuni limitrofi, quali Atripalda e Mercogliano in località Torrette, sostanzialmente lungo gli assi viari principali di collegamento con la città capoluogo. Il sistema di campionamento adottato, quindi, di tipo "bulk" (*wet/dry sampler*), se da un lato non consente di discriminare il contributo delle deposizioni secche, ben si presta però per avere informazioni sulla qualità delle deposizioni in toto. Il numero totale delle rilevazioni, per ciascuna postazione, oscilla da un minimo di 19 prelievi validi a un massi-

mo di 31, per un totale di 270 campioni complessivi di pioggia e relative 4.000 determinazioni analitiche. Su ciascun campione prelevato, si è proceduto, in laboratorio, alla determinazione di: pH, conducibilità, ammoniaca, solfati, nitrati, cloruri, metalli alcalini, alcalino/terrosi, pesanti (Na,K,Ca,Mg,Cu,Pb,Cr,Ni,Cd).

Confrontando le medie estive del pH con quelle invernali, risulta evidente un innalzamento di tale parametro nella stagione più calda, di circa 1,0/1,5 unità, in tutte le postazioni, tranne che nella 10, per la quale, partendo da un dato medio invernale più alto, si registra un incremento di sole 0,5 unità di pH. Nel periodo novembre-giugno si presenta un *trend* di valori sostanzialmente in crescita, pur se, dato comune a tutte le postazioni, i valori più alti in assoluto sono stati registrati nel mese di aprile.

Analogo andamento crescente si riflette ovviamente nel dato medio mensile di pH sviluppato, però, per comune di appartenenza, passando da valori medi di pH a novembre pari a circa 5,0 a valori medi di pH a giugno compresi tra 6,7 e 7,1.

Nel confrontare poi, i valori delle medie mensili tra i vari comuni, relativi allo stesso mese, si rileva che il comune di Mercogliano è caratterizzato da un valore medio di pH sempre leggermente più basso, riflettendo quindi caratteristiche di acidità delle piogge, su base mensile, maggiori. Che la qualità delle acque piovane possa essere indicatrice dello stato di qualità dell'aria ambiente è, ormai, argomento risaputo e questo monitoraggio ha rappresentato una esperienza iniziale nell'acquisizione di dati di "caratterizzazione" quali/quantitativa delle acque meteoriche che interessano i comuni indagati, il cui grado di approssimazione potrà essere ridotto ricorrendo ai "grandi numeri", cumulabili, però, in archi di tempo pluriennali, come si evince anche dai vari riferimenti bibliografici.

Stante quanto premesso si riportano pertanto le prime conclusioni di questo studio. L'elaborazione dei dati, relativi in particolare a pH, conducibilità e nitrati, ha evidenziato una notevole variabilità con la presenza di chiari effetti stagionali. Ciò risulta ragionevolmente associato sia all'aumento di emissioni generatrici di acidità (ossidi di zolfo e ossidi di azoto) nel periodo autunnale/invernale, sia all'azione neutralizzante operata dal particolato atmosferico prevalentemente nel periodo estivo. È infatti probabile che le piogge, nella stagione più calda, oltre alla riduzione dell'apporto di fonti emmissive acidificanti, legate al riscaldamento domestico, risentano maggiormente degli apporti di particolato terrigeno, la cui dispersione e diffusione in aria è favorita dalla riduzione di eventi meteorologici che ne accelerano un abbattimento al suolo nel periodo invernale. Tale supposizione potrebbe essere confermata dal fatto che la conducibilità media nel periodo primavera/estate è sempre maggiore in tutte le postazioni monitorate. Anche per i nitrati si osserva un chiaro effetto stagionale, essendo le concentrazioni rilevate nel periodo estivo maggiori che nel periodo invernale, anch'esso presumibilmente associato a un apporto "terrigeno", non esistendo alcuna correlazione statisticamente significativa tra nitrati e pH (potendosi avere elevate concentrazioni di nitrati in presenza di pH acidi, basici o neutri). È chiaro che sulla qualità delle piogge agiscono oltre ai fattori antropici, anche fattori meteorologici locali, quali la presenza di periodi di inversione termica che caratterizzano soprattutto il periodo invernale. È proprio al periodo autunno/inverno che risultano ascrivibili, a seguito di questo monitoraggio, gli eventi di pioggia acida (con pH pari a 5). Da un confronto, in condizioni di contemporanea disponibilità di dati su tutti e tre i comuni, si evidenzia una condizione maggiormente impattante, associata alla località Torrette del comune di Mercogliano. Ad esso è infatti assegnata la maggiore incidenza percentuale mensile di piogge acide, rispetto al totale dei giorni monitorati nell'anno, con il valore del 19% registrato nel mese di dicembre, seguito da Atripalda ed Avellino con valori rispettivamente del 6,7% e 6,4%. Anche il dato di incidenza percentuale di piogge acide, su base annua per comune, ripropone il valore del 19% per Torrette di Mercogliano contro il 16,1% di Avellino e il 16,7% di Atripalda.

In accordo con quanto finora esposto anche il confronto dei dati medi mensili di pH tra i vari comuni, relativamente allo stesso mese, evidenzia caratteristiche di acidità delle piogge sempre leggermente più alte, nel comune di Mercogliano. È però doveroso ricordare che, mentre i dati riferiti a Mercogliano sono relativi esclusivamente alla località Torrette, zona caratterizzata da densità abitativa e volume di traffico elevati, i dati degli altri due comuni sono invece mediati su più punti di campionamento. La disaggregazione dei dati per singola postazione rileva, infatti, anche negli altri due comuni indagati, situazioni puntuali più direttamente confrontabili con quella evidenziata per Torrette, quali quelle riscontrate nel sito P2 di via Roma ad Atripalda e nei siti P5 (S. Tommaso), P7 (via Piave) e P9 (via F. Tedesco) ad Avellino. È da sottolineare comunque che, sia i dati relativi alle piogge acide che i valori medi annuali, riportati per i vari parametri ricercati, sono, in tutti e tre i comuni, dello stesso ordine di grandezza di quelli rilevati, attraverso studi analoghi, in altre città italiane dimensionalmente confrontabili con le zone monitorate, evidenziando, anzi, caratteristiche di acidità fortunatamente anche inferiori.

Criticità e peculiarità in Campania

I sistemi fisici e biologici sono già stati interessati dai recenti cambiamenti climatici e in particolare dall'aumento delle temperature. Gli effetti di questi cambiamenti sui sistemi antropici, sebbene con un livello di incertezza superiore, stanno emergendo, evidenziando come il riscaldamento globale dovuto all'azione dell'uomo nell'ultimo trentennio stia avendo delle gravi conseguenze sui sistemi fisici e biologici.

Dall'analisi effettuata in precedenza è possibile individuare le seguenti criticità per la Campania in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici sul territorio: l'aumento della temperatura, la diminuzione delle precipitazioni, il progressivo rallentamento della ricarica delle falde acquifere, le frane di crollo, l'erosione del suolo, frequenti raffiche di vento si manifestano con una intensità superiore rispetto agli anni precedenti. In sintesi gli eventi estremi sono aumentati e, in Campania negli ultimi anni, si nota in particolare: una riduzione delle precipitazioni medie, un lieve aumento della tem-

peratura e un'alterazione del bilancio idrologico con riduzione significativa dell'infiltrazione media, specialmente negli acquiferi di tipo carbonatico, nelle zone montuose della parte settentrionale e meridionale della Campania. Inoltre negli ultimi venti anni si è registrata una riduzione delle portate dei fiumi e, in genere, un'alterazione del regime idrologico. Questo si riflette nella gestione delle acque in generale e, in particolare, per quelle di tipo sotterraneo e si identifica come una criticità legata ai cambiamenti climatici (Ducci et al., 2008).

L'entità del rischio dei cambiamenti climatici si lega a diversi fattori sistemici ma anche alla capacità di adattamento del sistema antropico stesso.

Ad esempio, nell'ambito dei rischi di tipo idrogeologico, si possono proporre scenari sulla vulnerabilità in relazione ai cambiamenti climatici distinguendo le principali tipologie di fenomeni franosi e alluvionali che possono, in prima approssimazione, essere ripartite in "veloci" e "lente".

TIPOLOGIE EVENTO	CAMBIAMENTI CLIMATICI CON AUMENTO VULNERABILITÀ	TENDENZE ANTROPICHE CON AUMENTO VULNERABILITÀ
Frane veloci	Aumento frequenza piogge	Urbanizzazione pedemontana
Frane lente	Stagionalizzazione piogge	Abbandono zone montane
Alluvioni in bacini versante	Aumento intensità piogge	Incendi e disboscamento
Alluvioni nelle piane	Stagionalizzazione piogge	Urbanizzazione piane alluvionali

I lavori della Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici 2007 sono stati preceduti da una serie di *workshop*, organizzati in collaborazione con il sistema delle Agenzie ambientali, aventi l'obiettivo di preparare documenti da presentare in occasione della Conferenza. Nei *workshop* sono state affrontate le situazioni di maggiore criticità presenti nel nostro paese: il fenomeno della desertificazione, l'erosione e l'inondazione delle aree costiere, la perdita dei manti nevosi e dei ghiacciai, il rischio idrogeologico, il bacino

idrografico del Po. Nel *workshop* sui cambiamenti climatici e dissesti idrogeologici⁸, organizzato da Apat e Arpac a Napoli nel luglio 2007, sono state definite le priorità d'azione per le diverse tipologie di eventi estremi, elaborate a partire dagli scenari relativi alla vulnerabilità. Nel *workshop* è stata condivisa l'esigenza di affrontare le priorità tematiche con una visione consapevole che la riduzione dei disastri naturali costituisce una componente dello sviluppo sostenibile e che, nel corso del Ventunesimo secolo, i fattori d'inne-

(8) http://www.conferenzacambiamenticlimatici2007.it/site/it/IT/Sezioni/workshop_e_convegni/Documenti/dissesto_idrogeologico.html

sco idrologici subiranno significative variazioni a seguito dei cambiamenti climatici (IPCC, 2009).

La scelta di valutare gli effetti dei cambiamenti climatici a livello regionale e tentare l'analisi degli interventi antropici espressi come rafforzamento della resilienza dei sistemi antropici e naturali, permette di disegnare le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. La resilienza è entrata nella terminologia delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici grazie ai contributi della comunità scientifica e degli organismi istituzionali sulle tematiche della riduzione dei rischi naturali, dell'evoluzione degli ecosistemi, dello sviluppo sostenibile. L'importanza di rafforzare la resilienza è stata condivisa a livello internazionale con le risoluzioni su disastri naturali adottate dall'assemblea generale delle Nazioni Unite nel 2006 e nel 2007.

In particolare, tra gli approcci per aumentare la resilienza per la riduzione dei disastri, si possono distinguere quattro principali tipologie di azione:

- consapevolezza della cittadinanza
- impegno delle pubbliche autorità
- partenariato e sistema a rete multidisciplinare e intersettoriale
- conoscenza scientifica.

In quest'ottica si inquadrano le azioni della Regione Campania per sviluppare un sistema integrato di preallerta e prevenzione a cura del settore Protezione Civile, di programmazione e conoscenza del territorio da parte del settore Difesa suolo e di monitoraggio meteoambientale da parte di Arpac. Da ciò nasce l'azione di Arpac per la costruzione del sistema informativo ambientale e, in particolare, del Centro meteorologico e climatologico (Cemec) che permette di diffondere la conoscenza sul tema della climatologia e in generale degli effetti sui macrodescrittori legati alle variabili meteorologiche a livello regionale.

Anche l'informazione ambientale costituisce uno degli strumenti per migliorare la capacità di resilienza agli eventi estremi e, in generale, ai cambiamenti climatici che dei primi ne

sono la causa.

A queste azioni si associa l'elaborazione di nuove politiche per la mitigazione dei cambiamenti climatici. Su questi temi il riferimento è costituito dal contributo del Gruppo di lavoro III *Mitigation of Climate Change* al quarto rapporto di valutazione IPCC (AR4) che focalizza l'attenzione sugli aspetti scientifici, tecnologici ambientali e socio-economici della mitigazione dei cambiamenti climatici. Nel rapporto si evidenzia: come i gas serra emessi a livello globale siano aumentati del 70% dal 1970 al 2004; che, con le politiche attuali di mitigazione dei cambiamenti climatici e le relative pratiche di sviluppo sostenibile, le emissioni di gas serra a livello globale continueranno ad aumentare nei prossimi decenni; che esiste un potenziale economico (entro il 2030 a breve e medio termine) sostanziale per la mitigazione delle emissioni di gas serra a livello globale (ricambio di tendenza o riduzione); che cambiamenti negli stili di vita e negli schemi di comportamento, nonché le modalità di gestione, possono contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici in tutti i settori; la riduzione dei gas serra potrebbe essere legata alla riduzione dell'inquinamento atmosferico riducendo così i costi delle politiche di mitigazione; le azioni di mitigazione nel settore dell'energia e dei trasporti potrebbero essere contrastate dalla crescita economica e dal mancato utilizzo di strumenti per l'ottimizzazione nell'utilizzo dell'energia (efficienza energetica degli edifici), così come una migliore gestione dell'agricoltura e delle foreste potrebbe contribuire a rimuovere parte della CO₂eq dal sistema.

In ambito regionale un importante contributo verso una politica energetica sostenibile è rappresentato dalla proposta di piano del marzo 2009 intitolata "Piano energetico ambientale regionale (PEAR)" in cui sono illustrati gli scenari per la programmazione regionale al 2013 e al 2020 (Regione Campania, 2009).

In conclusione, si richiamano le azioni

prioritarie da porre in atto in Campania per il rafforzamento della capacità della comunità di fronteggiare le conseguenze dell'effetto serra:

- valutare l'effetto del clima sulla qualità delle risorse idriche
- sistematizzare le conoscenze sul clima e il regime idrologico tramite reti di monitoraggio
- adattare l'uso delle risorse idriche ai cambiamenti climatici tramite la gestione integrata
- ridefinire gli scenari di rischio am-

biennale tenendo conto dei cambiamenti climatici.

Si evidenziano, inoltre, le priorità per la mitigazione dell'effetto serra:

- riduzione delle emissioni da trasporti
- miglioramento della coibentazione degli edifici
- incentivazione delle energie rinnovabili
- adozione di buone pratiche agricole, zootecniche e forestali.

Bibliografia e sitografia

- AEA, 2009. Greenhouse gas emissions trends and projections in Europe 2008
- EEA/JRC/WHO, 2008. Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment, EEA Report n. 4/2008
- APAT. Annuario dei dati ambientali 2007, 2008
- APAT. Gli indicatori del Clima in Italia nel 2007 Anno III, 2008
- APAT. Gli indicatori del Clima in Italia nel 2006 Anno II, 2007
- APAT. Gli indicatori del Clima in Italia nel 2005 Anno I, 2006
- Assemblea Generale delle Nazioni Unite. Risoluzione A/RES/60/196 - Natural disasters and vulnerability. New York, USA, 1-4, 2006
- Assemblea Generale delle Nazioni Unite. Risoluzione A/RES/61/200 - Natural disasters and vulnerability. New York, USA, 1-4, 2007
- DGR 21 dicembre 2001, n. 6940 istitutivo del "Centro Funzionale per la previsione meteorologica e il monitoraggio meteoidropluviometrico e delle frane"
- DPGR n. 299 del 30 giugno 2005 individua quale Centro Funzionale Regionale ai sensi e per gli effetti della Direttiva PCM 27 febbraio 2004 e smi
- IPCC. AR-4.Climate Change 2007:Synthesis Report - An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2009
- IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers. Bruxelles, 1-22, 2007
- Ducci D. e G. Tranfaglia, "Effects of climate change on groundwater resources in Campania (southern Italy) in Dragoni W. and B.S. Sukhija Climate Change and Groundwater. The Geological Society, London 2008, Special Publications, 288, 25-38
- ISPRA. http://www.sinanet.apat.it/it/inventaria/disaggregazione_prov2005
- Mennella C. Il clima d'Italia - F.Ili Conte Editori - Napoli, 1973
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Decreto 23 febbraio 2006 (Assegnazione e rilascio delle quote di CO₂ per il periodo 2005-2007 ai sensi di quanto stabilito dall'articolo 11, paragrafo 1 della direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Deliberazione n.1 del 26-01-2009 relativa all'esecuzione della designazione di assegnazione delle quote di CO₂ agli impianti di combustione supplementari o a parti supplementari di impianti di combustione, per il periodo 2008-2012, in osservanza al nulla osta della Commissione europea
- Ministero dell'Ambiente della Svezia, AA. VV. 2002. Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Environmental Advisory Council to the Swedish Government. Stockholm. 1-74
- Regione Campania, 2009. Piano energetico ambientale regionale. Assessorato all'Agricoltura e alle Attività Produttive della Regione Campania, edito da CUEN srl Napoli, pp. 1-254
- Regione Campania. I parchi e le riserve naturali terrestri della Campania, Regione Campania Assessorato all'Ambiente, Settore Ecologia 2001
- WMO (World Meteorological Organization)- Guide to climatological practices, seconda edizione. Ginevra, (alcuni capitoli di una edizione successiva non ancora pubblicata sono reperibili sul sito web del WMO, www.wmo.ch), 1990
- www.scia.sinanet.apat.it - www.sias.regione.sicilia.it - www.meteoam.it - www.ipcc.ch
- www.greta.sinanet.apat.it - www.eea.europa.eu - www.greta.sinanet.apat.it
- ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm
- www.ipcc.ch/pdf/10th-anniversary/anniversary-brochure.pdf