

Capitolo 4

I MPATTI

Le conseguenze dei cambiamenti climatici sull'uomo, sugli ecosistemi, sul sistema economico, sul turismo

I RISULTATI IN BREVE

I risultati di questa linea di ricerca permettono di elaborare diversi scenari di impatto, che saranno tanto più severi quanto meno efficaci saranno gli interventi mitigatori.

In particolare, il sistema socio-economico e naturale della Lombardia sarà comunque interessato dai cambiamenti climatici.

Gli effetti macroscopici più rilevanti saranno riconducibili all'aumento di frequenza dei fenomeni estremi, connessi a temperatura e precipitazioni, e riguarderanno specialmente: l'aumento degli episodi sanitari (soprattutto nella fascia più anziana della popolazione) causati dalle ondate di calore; i danni all'agricoltura dovuti alla siccità; l'aumento generalizzato del rischio idrogeologico e di alluvioni causato da precipitazioni intense.

Gli ecosistemi alpini d'alta quota sono i più vulnerabili e saranno soggetti a profonde trasformazioni in seguito all'aumento della temperatura.

Inverni sempre più caldi e anticipazione delle temperature tipiche del periodo primaverile favoriranno la diffusione dei pollini responsabili di problemi respiratori, come l'asma bronchiale e la rinite.

La riduzione della disponibilità idrica aumenterà i conflitti fra i settori agricolo, civile e industriale per l'uso dell'acqua.

Si potranno verificare problemi nella navigazione lacustre e fluviale nei periodo di magra.

L'aumento della temperatura e la riduzione delle risorse idriche potrà comportare un peggioramento della qualità delle acque con problemi di balneazione nei laghi lombardi.

Il turismo invernale alpino risentirà di una progressiva e sistematica diminuzione delle precipitazioni nevose, soprattutto a quote marginali.

4.1 – I nomi chiave di questa linea di ricerca



Giulio De Leo è il responsabile della linea di ricerca Esternalità del Progetto Kyoto Lombardia. È professore ordinario di Ecologia presso il Dipartimento di Scienze Ambientali della Università degli Studi di Parma. Ha sviluppato la sua ricerca nel campo della valutazione di impatto ambientale e dei modelli bioeconomici per la gestione delle risorse rinnovabili; da una decina di anni studia gli effetti ambientali della produzione di energia.

La linea di ricerca da lui coordinata ha visto il contributo di tre unità operative che indichiamo qui di seguito con i nomi dei responsabili del team e il tema principale da loro affrontato:

- Unità Operativa 1** Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Scienze Ambientali (Giulio De Leo e Federico Beffa): **il quadro sinottico degli impatti in Lombardia; focus su rischio alluvioni e impatto sul turismo invernale**
- Unità Operativa 2** Politecnico di Milano, Dipartimento di Elettronica e Informazione (Marino Gatto e Giulia Fiorese): **impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e le risorse naturali**
- Unità Operativa 3** Fondazione ENI E. Mattei (Alessandra Goria): **vulnerabilità del sistema economico e sociale della Lombardia; focus su impatti sulla salute delle ondate di calore e impatti sul sistema agricolo dei cambiamenti climatici.**

Nota: nomi e cognomi degli altri collaboratori sono riportati a pagina 259 del capitolo Tutti i protagonisti della ricerca.

4.2 – Obiettivi e metodi del gruppo di ricerca

La linea di ricerca Esternalità si è posta l'obiettivo di delineare il quadro complessivo degli impatti diretti e indiretti dei cambiamenti climatici in Lombardia (**mappa delle vulnerabilità territoriali**), considerando quelli generati sia da un lento, ma progressivo aumento della temperatura media, sia dal possibile aumento di frequenza e intensità dei fenomeni meteo-climatici estremi come: l'aumento delle precipitazioni brevi e intense, la diminuzione degli apporti nevosi, l'aumento della lunghezza dei periodi siccitosi e l'aumento delle temperature minime invernali e delle massime estive.

Il quadro sinottico dei danni potenziali e dei possibili impatti diretti e indiretti dei cambiamenti climatici prende in considerazione i rischi in termini di:

- danni alla salute conseguenti alle ondate di calore
- danni all'agricoltura conseguenti a siccità ed eventi meteorici estremi
- danni alle infrastrutture conseguenti ad alluvioni e dissesto idrogeologico
- aumento dei costi energetici per riscaldamento e condizionamento
- effetti sugli ecosistemi terrestri e fluviali
- effetti sul turismo, con particolare riferimento a quello alpino
- altri effetti diretti e indiretti conseguenti ai cambiamenti climatici sulla salute, la qualità delle acque e la disponibilità delle risorse idriche e il sistema socio-economico della Lombardia.

L'analisi si è avvalsa della copiosa letteratura scientifica internazionale sui potenziali effetti dei cambiamenti climatici sull'ambiente naturale (flora, fauna e comunità ed ecosistemi), l'ambiente costruito e il sistema socio-economico e la salute dell'uomo e su alcuni studi che sono stati condotti proprio in Italia e, in qualche caso, sul territorio regionale.

All'interno del quadro sinottico, per ogni settore e tipologia di impatto è stata fornita una descrizione degli agenti causanti, dei processi e degli elementi che caratterizzano il fenomeno, delle possibili conseguenze a catena su altri settori. È stata quindi valutata la possibilità che la specifica tipologia di impatto possa accadere anche sul territorio nazionale e nello specifico in Lombardia. L'analisi è anche accompagnata da valutazioni sui tempi e sulle probabilità di accadimento. Per quanto riguarda gli impatti sulla salute umana, sulla distribuzione e sopravvivenza di alcune specie carismatiche in Lombardia, sul rischio alluvionale e sulla riduzione della copertura nevosa in ambito alpino, si è ricorso a valutazioni quantitative in termini fisici e/o monetari utilizzando – laddove disponibili – serie storiche di dati di temperatura e/o precipitazione, downscaling delle previsioni dei modelli climatologici globali per stimare le tendenze locali di alcune variabili meteo-climatiche. Sono state inoltre formulate ipotesi di aumento della frequenza di fenomeni estremi in accordo con gli scenari analizzati nei rapporti dell'IPCC.

4.3 – Sintesi dei risultati ottenuti

Quadro generale degli impatti dei cambiamenti climatici in Lombardia: impatti diretti e indiretti

Gli impatti del cambiamento climatico sono stati analizzati valutando gli effetti diretti e secondari sui diversi comparti socio-economici e naturali della Lombardia provocati dal cambiamento del regime delle precipitazioni e dall'aumento della temperatura media, in particolare delle minime invernali (come accaduto nel 2007) e delle massime estive (come accaduto nel 2003). Le previsioni del clima futuro sono in linea con quanto previsto dai principali modelli climatologici, come quello dell'inglese Hadley Center, sviluppati per lo studio del clima futuro e con le tendenze messe in evidenza nel capitolo Climatologia.

Gli effetti diretti più eclatanti di questi fenomeni in Lombardia sono ovviamente riconducibili all'aumento di frequenza dei fenomeni estremi, come ondate di calore e precipitazioni intense; tutti gli impatti andranno a sovrapporsi e a interagire pericolosamente con gli elementi strutturali caratteristici del sistema socio-economico e naturale lombardo, quali l'invecchiamento progressivo della popolazione, il dissesto idrogeologico, la crescita della domanda energetica, la produzione agricola, la biodiversità e la rete delle aree naturali protette della regione Lombardia.

Lo stress termico legato alle ondate di calore e quello idrico conseguente a una diminuzione delle precipitazioni nel periodo estivo potranno ripercuotersi negativamente sulla produzione agricola soprattutto nei mesi più critici di giugno e luglio, in particolare in quelle zone già caratterizzate tradizionalmente da deficit idrico nel periodo estivo, come per esempio la Bassa Padana. Le colture di mais e orticoli saranno verosimilmente quelle più colpite dai cambiamenti climatici.

La varietà degli impatti è talmente vasta e complessa che non è possibile prevederli tutti con precisione (figura 4.1 a pag. 145). Tuttavia, per ogni settore abbiamo cercato di evidenziare gli impatti più probabili, anche sulla base di fenomeni diventati già ormai palesi. Per la valutazione dettagliata delle tipologie di impatto si rimanda al rapporto tecnico. Nelle pagine seguenti vengono presentati i principali impatti su biodiversità, flora e fauna, salute umana, risorse idriche, regime idrologico e sistema socio-economico.

Alcuni degli effetti diretti del cambiamento climatico sono riconducibili all'aumento di frequenza e intensità degli eventi estremi

La varietà degli impatti è talmente vasta e complessa che non è possibile prevederli tutti con precisione (figura 4.1 a pag. 145). Tuttavia, per ogni settore abbiamo cercato di evidenziare gli impatti più probabili, anche sulla base di fenomeni diventati già ormai palesi. Per la valutazione dettagliata delle tipologie di impatto si rimanda al rapporto tecnico. Nelle pagine seguenti vengono presentati i principali impatti su biodiversità, flora e fauna, salute umana, risorse idriche, regime idrologico e sistema socio-economico.

4.3.1 – Ecosistemi

Di una certa rilevanza sono, e saranno, gli impatti sulla componente naturale, in particolare sulla struttura e il funzionamento degli ecosistemi terrestri, sulle specie vegetali e animali, sulla localizzazione degli areali di distribuzione delle specie.

In questo ambito, oltre all'evidente impatto negativo generato dall'aumento di fre-

quenza degli eventi estremi (ondate di calore, siccità, precipitazioni intense), giocano un ruolo fondamentale anche le **variazioni piccole, ma continue e progressive della temperatura** capaci di influenzare il ciclo biologico di molte specie animali e vegetali. Per esempio, inverni mediamente più miti e brevi possono modificare le relazioni competitive fra le specie alterando la struttura delle comunità biologiche e, in alcuni casi, favorendo la diffusione di agenti parassitari la cui azione negativa è peraltro già stata osservata anche in agricoltura.

Le aree naturali più vulnerabili della regione Lombardia saranno quelle tendenzialmente isolate, localizzate in particolare in zone montane. Infatti un aumento della temperatura provocherà una riduzione degli habitat adatti alla sopravvivenza delle specie alpine e caratterizzati da condizioni estreme e la presenza di barriere naturali o antropiche impedirà la migrazione delle specie verso habitat caratterizzati da un clima più adatto. Questo fenomeno interesserà del resto anche gli ambienti naturali collinari e di pianura a causa dell'elevato livello di frammentazione degli habitat.

Impatti diretti si potranno verificare anche sugli ecosistemi acquatici a causa dell'aumento della temperatura dell'acqua e della possibile riduzione delle portate dei torrenti nel periodo estivo. Le specie ittiche saranno particolarmente vulnerabili in quanto lo spostamento degli individui è ostacolato dalla presenza di numerose barriere di origine antropica che interrompono e dividono i corsi d'acqua.

4.3.2 – Flora

4.3.2.1 Foreste

Le foreste in Italia coprono circa un terzo del territorio nazionale; secondo un recente censimento (CONECOFOR, 2005), si è passati da 8 milioni di ettari nel 1985 a circa 10 milioni nel 2005 con un incremento del 23% circa. Questo è dovuto principalmente all'abbandono delle attività agro-silvo-pastorali che hanno lasciato spazio alle foreste. La Lombardia è la terza regione per quantità di superficie forestale con 800.000 ettari, tanto quanto il Piemonte, ed è preceduta solo da Toscana e Sardegna con 1 milione di ettari ciascuna.

La Lombardia è la terza regione per superficie forestale con 800 mila ettari, preceduta solo dalla Toscana e dalla Sardegna

La sopravvivenza delle foreste è però messa fortemente a rischio principalmente da due fattori: l'aumento delle **concentrazioni atmosferiche di ozono** e delle deposizioni azotate e lo **stress idrico e termico generato dai cambiamenti climatici**.

Dati raccolti dal sistema di monitoraggio delle foreste CONECOFOR del Corpo Forestale dello Stato indicano che la deposizione di sostanze azotate rag-

giunge picchi di oltre 30 kg per ettaro all'anno nella zona della Pianura Padana, con valori comunque alti in tutte le altre aree monitorate, provocando fenomeni di eutrofizzazione dei laghi e dei corsi d'acqua. Gli studi effettuati dimostrano che gli

elevati livelli di sostanze azotate presenti nelle deposizioni atmosferiche sono strettamente correlati con una perdita di biodiversità nelle specie vegetali presenti nelle faggete, che si verifica quando il carico di azoto supera i 15-20 kg per ettaro all'anno.

Livelli troppo alti di ozono, invece, possono provocare defogliazioni, minore sviluppo delle dimensioni della pianta e quindi riduzione della biomassa.

L'aumento della temperatura media (accompagnato da inverni sempre più miti e da una conseguente riduzione delle precipitazioni nevose e da un aumento dei picchi estivi di temperatura) e il prolungarsi di possibili periodi siccitosi sono condizioni di stress che andranno a interagire con l'aumento delle sostanze azotate e dei danni provocati dall'ozono modificando le relazioni competitive fra specie e, potenzialmente, la struttura e il funzionamento delle comunità ecologiche (figura 4.2 a pag. 145).

4.3.2.2 Spostamento dell'areale di distribuzione

Una recente ricerca, condotta tra il 2003 e il 2005 dall'Università degli Studi di Pavia, ha mostrato come sia cambiato altitudinalmente l'areale di distribuzione di alcune specie vegetali nel Parco del Bernina in alta Val Malenco.

Alcuni ricercatori hanno confrontato i dati raccolti da Augusto Pirola (1959) con quelli attuali in una zona compresa tra i 2.330 e i 3.181 metri scoprendo che, a questa quota, il numero di specie è aumentato, da 156 a 166 (25 specie nuove, 15 scomparse). In

particolare 56 sono migrate a quote maggiori, da 10 a 430 metri sopra il limite storico. Due sono le velocità di spostamento prevalenti: 59 metri ogni dieci anni per i fiori "più veloci" e 13 per i più lenti (Parolo e Rossi 2007).

Se da una parte l'aumento della temperatura ha l'effetto di favorire la dispersione dei semi e la capacità riproduttiva delle piante a ciclo rapido, dall'altro lato causa una competizione tra specie che mette a rischio quelle più lente nella risalita. Inoltre, a mano a mano che le specie raggiungono la sommità delle alture, queste a loro volta o si adattano o si estinguono. Al momento sono già stati raccolti semi di molte di queste specie a rischio, che sono conservati in una banca del seme a Pavia.

La riduzione della copertura nevosa induce la risalita verso quote più elevate di quelle piante che necessitano di essere ricoperte dalla neve per un lungo periodo. Da questa situazione sono favorite le piante che prediligono aree ventose e assenza di neve. Le reazioni di alcune specie di piante sono state studiate nell'area del Passo dello Stelvio (Cannone et al., 2007). Da questo studio risulta che nei comuni di Silandro e Sils (stazioni vicine al Passo dello Stelvio) la temperatura media dal 1950 al 2003 è aumentata rispettivamente di 1°C e 1,2°C, con un aumento più marcato dal 1980 in poi. Anche le precipitazioni sono aumentate: 10% in più a Silandro e 7% in più a Sils, anche in questo caso con un aumento più significativo dal 1980. Dal 1950 al 2003 la vegetazione ha mostrato un generale aumento della copertura del suolo. L'aumento maggiore si è verificato tra i 2.230 e

I semi di molte specie a rischio sono stati raccolti in una banca speciale a Pavia

i 2.500 metri, mentre al di sopra di questa quota l'aumento è stato più modesto. Nell'intervallo 2.650-2.700 metri e al di sopra dei 2.800 metri si è verificata invece una diminuzione della copertura.

Nella zone di montagna dell'area dei laghi nel Nord Italia (quindi principalmente in Lombardia), si sta facendo largo un **nuovo tipo di foresta da clima caldo-temperato**. Dal punto di vista bioclimatico questa è una zona di transizione tra la foresta decidua di latifoglie e la foresta di sempreverdi, e basta un piccolo spostamento climatico perché questa zona diventi più adeguata per le **sempreverdi** e perché si formino alcune nicchie per specie da clima caldo-temperato.

Alcune specie estranee, importate dai loro luoghi di origine nelle abitazioni private o nei parchi, si sono diffuse in queste aree ed **entro pochi anni si prevede che la fascia alpina abitata da latifoglie decidue sarà soppiantata da specie sempreverdi straniere** (Walther, 2004).

La situazione a livello europeo è rappresentata in figura 4.3 a pag. 146.

4.3.2.3 Agenti patogeni delle piante

Alcuni insetti patogeni potranno ingrandire il loro areale di distribuzione.

Nell'ultimo decennio inverni miti e siccitosi hanno ridotto la mortalità della Processionaria del pino, un pericoloso insetto infestante che ha conquistato areali a più alte altitudini

I dati relativi a questo fenomeno scarseggiano, tuttavia è già stato osservato che alcuni insetti infestanti, come la Processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), mostrano una tendenza allo spostamento altitudinale, più pronunciato in particolare nei pendii meridionali delle montagne italiane. Questa specie può attaccare tutte le specie di *Pinus* e di *Cedrus* (prevalentemente piante della specie pino nero e pino silvestre) in qualsiasi situazione di crescita (foresta, ornamenta-

li, giardini); talvolta può danneggiare anche altre specie di pino come il pino d'Aleppo, il pino domestico e il pino marittimo.

Il pino silvestre è una specie diffusa in varie zone d'Italia specie al centro-Nord; usato anche nei parchi e nei giardini, è diffuso nelle Alpi, nonché nell'Europa centrale e settentrionale. Cresce solitamente a quote comprese tra i 500 e 1.400 metri (anche se sporadicamente può spingersi fino a 1.800-1.900 metri), e in Piemonte è presente anche a quote relativamente basse (colline del Basso Monferrato e Novarese in popolazioni residue, Langhe). Forma sia boschi puri che misti, solitamente con l'abete rosso o l'abete bianco.

L'area totale occupata dal pino in Lombardia è di 14.000 ettari, e corrisponde al 2,3% della superficie complessiva regionale coperta da boschi. Alcune specie esotiche come il pino di Monterey (*Pinus radiata*) sono più colpite delle indigene quando sono coltivate in popolamenti misti. Il risultato dell'attacco dipende sia dalla scelta della specie da parte della femmina adulta sia dal successo dello sviluppo larvale successivo. La

Processionaria è generalmente considerata come uno dei principali fattori limitanti per lo sviluppo e la sopravvivenza delle pinete in Europa meridionale e nel Mediterraneo. Può causare estese defogliazioni che avviano il deperimento del bosco; inoltre i peli urticanti presenti sulle larve inducono forti dermatiti alle persone e agli animali a sangue caldo.

Gli inverni caldi e siccitosi che si sono registrati nell'ultimo decennio hanno ridotto notevolmente la mortalità stagionale di questo pericoloso defogliatore e la Processionaria ha mostrato una tendenza ad allargare l'area di diffusione ad altitudini e latitudini elevate, fino a 1.000 metri di quota, cosa impensabile fino a 15-20 anni fa. Infatti sono state notate popolazioni in zone dove la specie era assente o rara, come la Francia centrale e le Alpi. I nemici naturali, fondamentali fattori di limitazione delle popolazioni nelle zone di occupazione tradizionale, sono assenti nelle zone di espansione. Lo studio di come combattere la diffusione della processionaria in seguito ai cambiamenti climatici è attualmente oggetto del Progetto Europeo PROMOTH.

4.3.2.4 Impatti diretti dell'aumento di CO₂ e O₃ sulle piante

La CO₂ presente in atmosfera – aumentata dal livello pre industriale da 280 parti per milione in volume (ppmv) a 384 ppmv nel 2007 – ha effetto diretto sulla vegetazione poiché agisce sulla fotosintesi clorofilliana. L'arricchimento atmosferico di CO₂ sembra avere un effetto fertilizzante sulle piante grazie all'aumento dell'attività fotosintetica e all'utilizzo più efficiente dell'acqua, quando i nutrienti non siano fattori limitanti (Inkley et al., 2004). La fertilizzazione carbonica ha effetti tendenzialmente positivi nel breve periodo (da anni a decenni), almeno fino a quando non prevalgono fattori limitanti (scarsità di risorse idriche o disponibilità di nutrienti) (Parmesan e Galbraith, 2004). Per quanto riguarda le piante ad alto fusto, Körner et al. (2005) hanno mostrato, dallo studio di alberi a circa metà del proprio ciclo vitale, dai 32 ai 35 metri di altezza in una foresta decidua in Svizzera, che l'arricchimento artificiale di CO₂ a 530 ppm per 4 anni non porta a un aumento della biomassa. Solo la velocità di accrescimento di Fagus, tra le tre specie studiate, è aumentata nel primo anno dell'esperimento e nel terzo anno, in corrispondenza all'estate siccitosa del 2003. Esperimenti simili su piante di piccole dimensioni, invece, hanno portato ai seguenti risultati: una foresta di pini (*Pinus taeda*) mostra, per tutti i 4 anni di durata dell'esperimento, un aumento dell'accrescimento di biomassa delle piante in condizioni di arricchimento atmosferico di CO₂ rispetto a condizioni ambientali normali (+26%) (Hamilton et al., 2002).

In Europa le regioni potenzialmente più vulnerabili a causa delle alte concentrazioni di ozono sono Spagna, Italia e Germania

Fenomeni diffusi di inquinamento da ozono, tuttavia, possono vanificare il potenziale effetto fertilizzante di un incremento della concentrazione di anidride carbonica. Infatti, è stato dimostrato che i danni pro-

RISULTATI SPERIMENTALI

I risultati ottenuti dall'analisi dei dati misurati nel sito sperimentale di Zerbolò (PV), nel quale l'unità operativa 5 della linea di ricerca di cui al capitolo *Suoli e foreste* ha operato, hanno permesso di valutare l'effetto dell'ondata di calore del 2003 sulla produttività della piantagione a pioppeto indagata.

I risultati emersi mostrano una riduzione dello scambio ecosistemico netto e quindi una riduzione delle capacità di *sink* da parte dell'ecosistema.

In particolare, è stata osservata una riduzione dell'efficienza fotosintetica, con una conseguente diminuzione dell'assimilazione lorda di CO₂.

Tali considerazioni sono in accordo con i più recenti studi condotti a scala europea e riguardanti l'impatto sugli ecosistemi terrestri

dell'ondata di calore e della siccità, nei quali è stata evidenziata

una generale riduzione della capacità

di accumulo di carbonio da parte di numerosi ecosistemi.

dotti dall'ozono alla vegetazione sono molteplici: rottura delle cellule del mesofillo con un conseguente aumento delle risorse per le difese antiossidative e per la detossificazione e quindi una riduzione delle risorse per la crescita della pianta (dimensioni dei rami e delle radici, copertura fogliare) e la produttività. Inoltre i danni alle cellule stomatiche provocano anche una riduzione nell'assorbimento della CO₂ da parte delle piante, in particolare le colture agricole sono più sensibili all'ozono rispetto alle piante decidue (Felzer et al., 2005).

In Europa le regioni forestali potenzialmente più vulnerabili a causa delle elevate concentrazioni di ozono sono Spagna, Italia e Germania. **Ci sono buone probabilità che elevate concentrazioni di ozono troposferico possano avere ripercussioni negative sulle specie poste a basse quote nelle aree pedemontane delle Alpi Meridionali**, provocando una precoce senescenza delle foglie e anche la morte degli individui più sensibili con il conseguente impoverimento genetico della popolazione (Guisan and Theurillat, 2001).

Una riduzione nella crescita delle piante ha gravi ripercussioni economiche in campo silvicolturale, dal quale si ricava legname come combustibile, carta, fibre, senza contare il valore ambientale e ricreativo che un bosco può offrire. A questi danni bisognerà sommare i costi in più che si dovranno sostenere per la mitigazione delle emissioni a causa della ridotta capacità di assorbire CO₂. La cifra totale a livello globale è stata calcolata essere compresa tra 1,2 e 4,5 trilioni di dollari, cioè tra il 6 e il 21% in più di quanto già ora bisogna spendere per mitigare le emissioni a livello globale (Felzer et al. 2005).

Nell'ambito del Progetto Kyoto Lombardia è stato condotto uno studio in due siti lombardi, un pioppeto impiantato con la tecnica della Short Rotation Forestry a Vigevano

(PV) e un pioppeto a Zerbolò (riquadro in alto). Lo studio ha dimostrato che esistono prove sperimentali di una debole, ma significativa diminuzione dell'assorbimento di anidride carbonica all'aumentare dell'assorbimento per via stomatica dell'ozono, sia per quanto riguarda i valori massimi giornalieri, sia per quelli cumulati nel corso di un intero giorno. Da un lato, quindi, un aumento progressivo della temperatura con inverni più miti, e l'effetto fertilizzante dell'anidride carbonica e delle deposizioni di azoto dovrebbero favorire la crescita delle piante nel clima temperato della Lombardia, con un conseguente aumento nel sequestro del carbonio. Dall'altro lato, tuttavia, **l'inquinamento da ozono congiuntamente allo stress termico generato dalle ondate di calore e a quello idrico legato a una possibile diminuzione delle precipitazioni medie potrebbero al contrario azzerare la capacità di sequestro del carbonio.** Infatti, è stato osservato che, durante le ondate di calore del 2003, c'è stata una riduzione del 30% nella produzione primaria netta delle piante in Europa che ha prodotto, per quell'anno, un notevole bilancio positivo nelle emissioni di CO₂ (0,5 PgC/anno, ovvero mezzo miliardo di tonnellate), vanificando così 4 anni di sequestro di carbonio (Ciais et al 2005).

L'attività specifica della linea di ricerca Stima e mappatura dei carbon sinks e stocks, sulla base dei risultati preliminari dell'attività di spazializzazione, ha potuto quantificare il potenziale di assorbimento di carbonio a livello regionale per le piantagioni a pioppeto che è risultato essere pari a 154.000 tonnellate di carbonio all'anno.

I dati ricavati da cartografie regionali e indagini statistiche mostrano che la superficie coltivata a pioppeto si è ridotta da circa 45.000 ettari nel 1990 a circa 39.000 nel 1999, con una riduzione complessiva del 16,8%. Sulla base di tali dati è possibile effettuare alcune considerazioni sugli assorbimenti di carbonio a scala regionale. Supponendo che la riduzione delle superfici a pioppeto si mantenga costante nei prossimi anni (1,68% all'anno), e che tali superfici vengano convertite in ecosistemi agricoli caratterizzati da assorbimento di carbonio nullo, il sequestro di carbonio netto a livello regionale si ridurrà approssimativamente di 2.400 tonnellate di carbonio all'anno. Tale stima è tuttavia forse ottimistica, in quanto recenti studi hanno evidenziato come gli ecosistemi agricoli costituiscano a tutti gli effetti una fonte di emissione di gas serra nell'atmosfera.

4.3.2.5 Altri impatti sulla vegetazione

I cambiamenti climatici avranno impatti secondari sulle interazioni tra le specie e favoriranno, in particolare, la diffusione di specie invasive, vettori di malattie e agenti infestanti negli ecosistemi terrestri, fenomeni del resto già osservati nel recente passato. Gli inverni più miti e l'anticipazione del ciclo biologico potranno favorire la diffusione di malattie e di agenti infestanti in agricoltura per il controllo dei quali potrebbe essere necessario ri-

Potranno diffondersi agenti infestanti in agricoltura: per il loro controllo potrebbe essere necessario ricorrere a un uso più intenso di pesticidi con inevitabili ricadute negative

correre a un uso più intenso di pesticidi. Ammesso che questi siano sempre efficaci nel controllo delle malattie, è evidente che un uso maggiore di pesticidi avrà inevitabili ricadute sulla qualità dell'ambiente, delle acque e, conseguentemente, sulla salute umana.

Della vegetazione caratteristica della regione Lombardia, quella alpina è particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici: si stima che un aumento di 2-3°C della temperatura rispetto alla temperatura media del periodo 1961-1990, comporti un notevole aumento del rischio di estinzione (Hare, 2003; Inkley et al., 2001).

L'erba camozzera (*Ranunculus glacialis*), per esempio, è una specie caratteristica delle quote elevate (2.300-2.400 m) in ambiente alpino; questa specie nel tempo si è adattata a brevi periodi di crescita e a basse temperature; l'aumento di temperatura la rende più vulnerabile e ne riduce il successo riproduttivo, poiché diminuisce il numero di semi all'aumentare della temperatura (Totland e Alatalo, 2002).

Secondo uno studio condotto dall'APAT nel 2003, un cambiamento del clima verso caratteristiche meno continentali nelle aree diverse dalle cime alpine potrà avere un impatto significativo sugli ecosistemi forestali della fascia montana e subalpina, le foreste planiziali a *Quercus robur* e *Carpinus betulus*, le foreste ripariali e golenali ad *Alnus glutinosa*, le paludi, le torbiere e gli arbusteti a *Pinus muga*.

4.3.3 - Fauna

4.3.3.1 Come si sposta l'areale di distribuzione

Le aree umide lombarde sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici. Esse ospitano specie rare a rischio estinzione e sono minacciate da specie invasive, esotiche e tropicali che meglio si adattano alle modifiche climatiche in corso

L'Università inglese di Durham ha pubblicato l'Atlante Climatico delle specie europee (2008) in cui sono mostrate la situazione di 431 specie del continente e la previsione della loro evoluzione in seguito al riscaldamento globale. Dall'Atlante emerge che **tre quarti delle specie di uccelli europei è a rischio estinzione entro fine secolo a causa dei cambiamenti climatici**. Il problema principale che si troveranno ad affrontare gli uccelli nei prossimi anni è quello dell'habitat. La previsione per fine secolo parla

di uno spostamento verso nord-est di 550 chilometri per tutte le specie europee, con una distribuzione spaziale che subirà una diminuzione di un quinto e che sarà sovrapponibile solo al 40% a quella odierna.

Per quanto riguarda l'Italia i rischi di estinzione o restringimento dell'areale riproduttivo investiranno il 60% delle specie nidificanti nella penisola. Quindici specie sulle 262 esaminate in Italia rischieranno l'estinzione, tra cui l'airone bianco maggiore, il gabbiano corso, il picchio dorsobianco, la pernice sarda, l'uccello delle tempeste e alcune specie di mignattino; 141 specie subiranno una contrazione dell'areale riproduttivo. Solo il 22% delle specie italiane risulteranno stabili o in aumento, mentre 19 specie,

provenienti da Spagna (12) o Grecia (7), verranno a nidificare per la prima volta in Italia: tra queste l'aquila imperiale spagnola, il nibbio bianco, l'usignolo d'Africa e la gazza azzurra (Royal Society for the Protection of Birds, 2008).

In Europa, tra il 1951 e il 1999, la sopravvivenza di alcune specie di uccelli svernanti (airone grigio, poiana, cormorano, tordo bottaccio, tordo sassello) è aumentata del 2-6% per ogni grado di aumento della temperatura invernale. In futuro, si prevede che il tasso di crescita demografica per queste specie continui ad aumentare con la temperatura, con andamenti diversi a seconda della regione e dell'aumento di temperatura (EEA, 2004).

Nelle zone umide del centro e Nord Italia, è stato recentemente osservato un incremento numerico di popolazioni svernanti di airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*), di airone bianco maggiore (*Egretta alba*), nonché di quelle stanziali di airone cenerino (*Ardea cinerea*) e garzetta (*Egretta garzetta*) (Morabito et al., 2004; Rubolini et al., 2004). Questo incremento è legato agli effetti indotti dall'aumento della temperatura media di laghi e fiumi, con la conseguente proliferazione di pesci, anfibi, rettili e insetti acquatici, principali fonti di alimento di queste specie. Anche per alcuni tipi di rondine (*Hirundo rustica*) è stato osservato un aumento del tempo di permanenza in Italia: questa specie arriva prima e migra sempre più in ritardo.

È molto probabile che questo sia dovuto all'aumento nella temperatura media nel nostro Paese che rende più sopportabili le temperature tardo autunnali per le rondini (che sono solite svernare in Africa).

In Lombardia risultano particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici quelle aree che già si trovano in un delicato stato di equilibrio con le condizioni ambientali generali (non solo climatiche, ma anche di inquinamento o uso del suolo). Per esempio, tutte le aree umide (laghi, fiumi, paludi, torbiere, fontanili, bodri) della regione sono particolarmente vulnerabili poiché ospitano specie spesso rare che potrebbero estinguersi oppure risultare minacciate direttamente dai cambiamenti di temperatura e/o precipitazione o dalla competizione con quelle specie che meglio si adattano ai cambiamenti climatici.

In particolare, si ricorda che nella nostra regione vi sono 8 parchi regionali fluviali (Adda Nord, Adda Sud, Valle del Ticino, Oglio Nord, Oglio Sud, Mincio, Serio, Valle del Lambro) e 32 riserve naturali caratterizzate dalla presenza di zone umide (ARPA Lombardia, 2004), oltre ai siti della rete "Natura 2000" (figura 4.4 a pag. 147).

Un altro rischio è quello legato all'invasione di specie esotiche. Le nutrie, ormai abbondantemente presenti anche in Lombardia, sono un esempio di specie animale tropicale che si è adattata molto bene a un nuovo ambiente e che reca ingenti danni, per esempio alla stabilità degli argini fluviali. Tra le specie animali più vulnerabili in Lombardia ci

*Un rischio per gli 8
parchi regionali fluviali e
le 32 riserve naturali
è legato all'invasione
di specie esotiche*

sono quelle che vivono sulle cime alpine poiché, spostandosi verso quote più elevate per seguire lo spostamento delle isoterme, avranno a disposizione superfici sempre meno estese e tipologie vegetazionali diverse (figura 4.5 a pag. 148).

4.3.4 – Salute umana

Il settore socio-sanitario risentirà ovviamente dell'aumento della frequenza delle ondate di calore, anche a causa del progressivo invecchiamento della popolazione e quindi della maggiore consistenza numerica delle classi anziane, le più vulnerabili allo stress termico. L'aumento dei ricoveri ospedalieri comporterà ovviamente un aumento dei costi sanitari. Le analisi fin qui condotte mettono comunque in evidenza che **la relazione causa-effetto fra stress termico e decessi e/o ricoveri ospedalieri è assai robusta** (figura 4.6 a pag. 149).

Le analisi sulla frequenza dei ricoveri ospedalieri a Milano suggerisce inoltre che l'effetto dell'ondata di caldo risulta significativo a partire dal quinto giorno consecutivo di superamento dei 32°C e in forte crescita a partire dall'ottavo. Per quanto l'incertezza

Di fronte a nuove ondate di calore, l'impatto sulla popolazione anziana sarà inevitabile in assenza di preventivi interventi sanitari

insita nelle stime sconsigli un'interpretazione così puntuale, si può però concludere con una certa sicurezza che sussiste un effetto "persistenza" legato a un prolungato stress termico, soprattutto nelle ore notturne, nella fascia più sensibile della popolazione, quella degli ultra settantacinquenni. Il livello di incertezza delle stime dipende fondamentalmente dalla difficoltà di fare previsioni quantitative sul clima futuro e sulla frequenza attesa delle ondate di

calore a causa dei cambiamenti climatici. **Ma se queste ondate di calore si verificheranno di nuovo, come sembra probabile, l'impatto sulla crescente popolazione anziana sarà ineluttabile in assenza di interventi di prevenzione sanitaria.**

In termini di **politiche di prevenzione**, questi risultati costituiscono dunque una conferma del fatto che è molto importante porre in condizioni di allerta le popolazioni esposte al rischio e le strutture preposte a gestire le emergenze quando siano previsti più giorni consecutivi di caldo eccezionale. È opportuno cioè non basarsi solo sulla previsione giorno per giorno, ma sulle previsioni per più giorni e aumentare il livello di allerta in funzione della durata stessa. È inoltre utile, per calibrare la capacità di accoglienza delle strutture sanitarie, sapere che il numero atteso di ricoveri giornalieri cresce a mano a mano con il passare dei giorni durante l'ondata di caldo.

Attraverso effetti fisiologici, il caldo è indirettamente responsabile anche di problematiche legate al benessere psico-fisico: infatti la calura notturna spezza il ritmo sonno-veglia causando l'insonnia da caldo e, di conseguenza, notevole stress. Nelle 8 maggiori città italiane si calcola che ogni incremento di 1°C registrerebbe complessivamente 1 o 2 morti in più al giorno, colpendo soprattutto la fascia anziana dei 75-85enni (Rapporto

APAT-OMS, 2006). Il caldo estremo è una condizione che è sempre esistita e che l'Italia già conosce. Eppure mai come in questi anni i dati mostrano una notevole accelerazione. A preoccupare non sono solo gli eventi atmosferici straordinari, come l'ondata di calore del 2003 o l'inverno eccezionalmente mite del 2007, ma l'andamento complessivo delle temperature dal 1961 a oggi. Un trend che mostra un inequivocabile aumento, particolarmente accentuato negli ultimi decenni e aggravato dall'effetto dell'isola di calore urbana. Il caso più eclatante è quello di Milano dove, in soli 10 anni, la temperatura media è salita di 1,8 °C, quando l'aumento medio registrato negli ultimi 50 in Italia è stato di 1,4°C. Come a dire che tra l'asfalto e il cemento disseminato nel capoluogo lombardo, si sta già iniziando a sperimentare quello che i climatologi prevedono accadrà a livello globale tra qualche decennio. Sono le città, quindi, che pagheranno il prezzo più alto dell'aumento di 3-5°C rispetto alla media estiva previsto dai modelli climatologici.

Da un punto di vista sanitario, oltre che al già citato impatto delle ondate di calore, un aumento anche lento ma progressivo della temperatura che comporti inverni più miti e un'anticipazione della primavera modificherà il ciclo vegetativo di varie specie di piante e graminacee, aumentando verosimilmente l'incidenza delle **allergie da polline** e, di conseguenza, di riniti e di asma bronchiali.

Queste manifestazioni cliniche legate ai cambiamenti climatici risulteranno esacerbate

dai già elevati livelli di inquinamento da ozono troposferico, polveri fini e ossidi di azoto (un importante precursore della formazione dei primi due). Un problema questo particolarmente sentito in tutto il bacino padano. Nel febbraio del 2002 l'Agenzia Spaziale Europea ha lanciato in orbita un satellite, ENVISAT (il più grande satellite del mondo dedicato al monitoraggio ambientale), che consente il rilevamento di tracce di gas, ozono e gas correlati, nubi e particelle nell'intera atmosfera terrestre e riesce a esaminare l'intera superficie terrestre ogni sei giorni. In soli 18 mesi le osservazioni raccolte hanno permesso di creare una mappa atmosferica globale ad alta risoluzione dei livelli di biossido di azoto del nostro Pianeta. Dalle immagini si percepisce immediatamente quale sia l'impatto delle attività umane sulla qualità dell'aria, e infatti la maggior parte del territorio lombardo risulta essere ricoperto da uno strato dell'atmosfera con elevata densità del biossido di azoto emesso da centrali elettriche, industrie pesanti, combustione di biomasse e, in maniera particolarmente rilevante, dal traffico stradale.

Crescerà il rischio di asma e riniti allergiche in persone esposte a temperature elevate

4.3.4.1 Heat Wave e inquinamento urbano

L'Europa ha recentemente sperimentato un tasso di ondate di calore (*heat wave*) come mai in passato: nelle città si è assistito a un aumento nella mortalità collegato alla crescita delle temperature (Katsouyanni et al., 1993; Kunst et al., 1993;

Jendritzky et al., 1997). Episodi di eccezionale temperatura hanno determinato gravi impatti sulla salute: le ondate di calore di luglio del 1976 e di luglio-agosto del 1995 sono state associate a un aumento della mortalità di circa il 15% nella regione della grande Londra (McMichael e Kovats, 1998; Rooney et al., 1998). Un altro fenomeno nel luglio del 1987 ad Atene è stato collegato a 2.000 decessi (Katsouyanni et al., 1988, 1993), mentre l'ondata di calore dell'estate 2003 è stata ritenuta responsabile di quasi 30.000 decessi soprattutto in Francia, Italia, Spagna, Portogallo. Circa l'80% dei 14.000 decessi avvenuti in Francia tra l'1 e il 20 agosto 2003 si sono verificati tra persone sopra i 75 anni (Empereur-Bissonet, 2004).

Durante l'ondata di calore del 2003, nei Paesi Bassi elevati livelli di ozono e polveri fini sono stati responsabili diretti del decesso di circa 400-600 persone, quasi la metà dei 1.000-1.400 morti in eccesso durante l'ondata di calore in questo Paese (Fischer, Brunekreef e Lebrecht, 2004). In uno studio svolto recentemente in Italia è risultato che **la prevalenza di casi di asma aumenta quando la temperatura media annuale cresce e la variazione della temperatura diminuisce**. Inoltre l'aumento della temperatura può interagire

Esiste una chiara relazione tra ondate di calore e aumento della mortalità

con l'esposizione esterna a ossidi di azoto, facendo crescere il rischio di riniti allergiche in persone esposte a temperature stabilmente elevate (De Marco, 2002).

Il fenomeno del 2003 ha inoltre mostrato come in molte nazioni, non preparate a fronteggiare situazioni di questo tipo, si presenti la necessità di mettere a punto **azioni preventive**.

Il contributo dei decessi attribuibili ogni estate ai cambiamenti climatici è previsto in notevole crescita per il 2050 (WHO, 2003). D'altronde potrebbe anche accadere che la riduzione della mortalità durante il periodo invernale conseguente all'aumento delle temperature e alla riduzione dei livelli di inquinamento controbilanci il forte incremento dei decessi estivi. Previsioni circa i futuri impatti devono tenere conto della capacità di adattamento delle popolazioni umane ad acclimatarsi ai cambiamenti climatici (Campbell-Lendrum, 2003): senza meccanismi di questo tipo (fisiologici, strutturali e comportamentali) le conseguenze sulla salute umana potrebbero essere molto gravi (WHO, 2003).

Un aumento della durata dei periodi con stabilità atmosferica accompagnato da una riduzione delle precipitazioni renderà ancora più grave il problema della qualità dell'aria nelle città con conseguente acutizzarsi delle patologie respiratorie a esse associate: minori precipitazioni riducono l'effetto di dilavamento dell'atmosfera dovuto alla pioggia e quello di rimozione delle polveri fini.

Del resto, una diminuzione della copertura nuvolosa, fenomeno già osservato anche nel Nord Italia negli ultimi vent'anni (figura 4.7 a pag. 149), potrebbe rendere più aggressivi i processi fotochimici di formazione del particolato fine secondario nonché quelli di formazione dell'ozono troposferico, che è il principale costituente dello smog urbano, nei periodi estivi vanificando almeno in parte gli sforzi condotti dalle amministrazioni

per migliorare la qualità dell'aria e ridurre l'incidenza delle malattie respiratorie e degli episodi sanitari legati al livello di inquinamento.

Un aumento dei precursori dell'ozono, a causa di temperature maggiori, farà crescere la concentrazione di ozono troposferico, la cui concentrazione attuale è superiore del 36% rispetto al periodo pre industriale. L'ozono è un noto irritante polmonare che interessa le membrane delle mucose respiratorie, altri tessuti polmonari e la funzione respiratoria. Anche se, per gli individui sani, queste sono problematiche poco significative, per chi già soffre di patologie polmonari potrebbero invece esserci gravi conseguenze.

Numerosi studi epidemiologici e simulazioni effettuate attraverso il sistema di supporto all'analisi economica degli interventi di riduzione del particolato fine in regione Lombardia (Guariso e Baracani, 2006) hanno mostrato che **esiste una chiara relazione fra traffico, emissioni inquinanti e danni alla salute**. Di conseguenza, i benefici (in termini di riduzione di gas inquinanti) derivanti dal naturale svecchiamento del parco veicoli circolante uniti a quelli delle misure specifiche messe in atto nell'ambito delle politiche regionali per la riduzione dell'inquinamento atmosferico potrebbero essere parzialmente vanificate dall'aumento della stabilità atmosferica e dall'aumento dell'inquinazione legate ai cambiamenti climatici che potrebbero quindi accelerare le reazioni che producono i principali inquinanti fotochimici.

4.3.4.2 Sostanze tossiche

È stato osservato che l'aumento congiunto della temperatura e della concentrazione di anidride carbonica può favorire lo sviluppo di funghi e muffe con conseguenti effetti sulle malattie respiratorie e la salubrità degli ambienti.

Le inusuali condizioni climatiche di tipo tropicale dell'estate 2003 protrattesi per tutto il mese di settembre hanno presumibilmente creato, a partire dalla fine di agosto, le condizioni ideali di temperatura e di umidità all'interno della pannocchia di mais tali da causare la crescita dell'*Aspergillus parasiticus* e la conseguente produzione di aflatossine. Le aflatossine sono uno delle più potenti sostanze cancerogene-genotossiche prodotte dal metabolismo di alcuni funghi presenti su vari substrati vegetali (foraggi, insilati, cereali, farine di estrazione, arachidi). I miceti producono le aflatossine in particolari condizioni di difficile crescita della pianta (stress idrico, presenza di parassiti ecc.) e in situazioni di avversità meteorologiche come nei climi caldo-umido (temperature superiori ai 25°C, umidità superiore all'88%). La contaminazione inizia in campo e può interessare successivamente le fasi di raccolta, essiccazione, conservazione, trasformazione, manipolazione e trasporto e **diffondersi nella catena alimentare agro-zootecnica** fino a minacciare la salute umana, come è chiaramente emerso nella primavera successiva all'ondata di caldo del 2003.

*In Lombardia nel 2003
c'è stata un'abnorme
produzione di aflatossine
da funghi su cereali,
foraggi e farine
a causa delle condizioni
climatiche tropicali*

Il ripetersi di questi fenomeni con frequenza ancora maggiore a causa dei cambiamenti climatici riporterà il problema di **produzione delle aflatossine** al centro dell'attenzione dell'opinione pubblica da un punto di vista sanitario e richiederà di tenere sotto controllo questo fenomeno con opportuni interventi tecnologici che limitino al minimo la produzione di queste aflatossine. Tenuto conto che le reazioni emotive dei consumatori possono superare i rischi reali, come è avvenuto per esempio con il rischio aviaria nel caso della vendita di pollame e, prima ancora, con il rischio del morbo della mucca pazza per la vendita delle carni bovine, risulta necessario scongiurare il verificarsi di situazioni che potrebbero mettere in difficoltà interi settori agrozootecnici della Lombardia.

4.3.4.3 Vettori di patologie

L'aumento della temperatura può inoltre favorire la diffusione di malattie portate da vettori, tipicamente insetti e roditori che, oltre che colpire la fauna selvatica, possono trasmettersi all'uomo (zoonosi).

Le malattie da vettore riguardano, ogni anno, oltre 700 milioni di persone e sono considerate le più suscettibili ai cambiamenti climatici e ambientali.

L'Italia, per la sua posizione geografica, a Sud del continente europeo e molto vicino all'Africa, potrebbe essere particolarmente coinvolta nell'aumento della diffusione di queste malattie grazie ai cambiamenti climatici. L'aumento di temperatura potrebbe ampliare gli areali di distribuzione dei vettori indigeni e facilitare l'importazione e l'adattamento di nuovi agenti patogeni attraverso vettori o serbatoi. Per esempio la zanzara tigre, che si è già diffusa da qualche anno nel nostro Paese, in altri Stati è il vettore della

dengue o della filariasi. Al momento però in Italia non esistono gli agenti patogeni che possono essere trasmessi, ma a oggi sono comunque stati registrati rari casi di dirofiliasi umana (può causare malattie cardiorespiratorie) in aree rurali.

Mentre sembra lontano il rischio della trasmissione della malaria attraverso le zanzare o dell'Hantavirus (noto anche come agente bio-terroristico), maggiore attenzione deve essere posta nei confronti del

Con condizioni climatiche sempre più simili a quelle del vicino continente africano pure in Italia potrebbero diffondersi e adattarsi nuovi agenti patogeni

ruolo delle **zecche**. Questo piccolo insetto può trasmettere patologie come l'encefalite virale e l'erlichiosi, malattie che in alcuni casi possono avere anche effetti letali per l'uomo. Per esempio, nel corso degli ultimi quattro anni sono stati segnalati in totale 68 casi di Malattia di Lyme dalle Regioni Friuli Venezia Giulia, Veneto, Lombardia, Marche e Piemonte.

Bisognerà poi porre attenzione al rischio di diffusione di malattie nuove o emergenti che potrebbero interessare anche il territorio europeo: l'encefalite del Nilo, per esem-

pio, nell'estate del 1996 ha colpito la Romania con un'epidemia che ha coinvolto almeno 393 persone, risultate sieropositive al virus. Di queste, 352 hanno mostrato sintomatologia acuta. Diciassette pazienti, tutti di età superiore ai 50 anni, sono morti. Il principale vettore di questa malattia è costituito dalle zanzare del genere Culex.

4.3.4.4 Allergie

Tra le categorie più a rischio di allergia da pollini ci sono i bambini e gli anziani.

La frequenza in età pediatrica varia, a seconda delle statistiche, dal 10 al 20% ed è comunque in aumento rispetto al passato: le patologie allergiche sarebbero addirittura raddoppiate nel corso degli ultimi 10 anni probabilmente a causa dell'inquinamento. Sebbene sia considerato un malanno di stagione, ormai viene considerato presente tutto l'anno. Il primo tipo di polline a comparire è quello delle betulacee, prevalente nel Nord Italia (febbraio-aprile), mentre il polline delle graminacee è presente in tutta la penisola e inizia a comparire ad aprile al centro-Sud e a maggio al settentrione. La parietaria, assente al di sopra dei 1.000 metri di altitudine, è prevalente nel meridione e in Liguria. Pollini tipicamente estivi sono infine quelli delle composite (assenzio selvatico).

Diversi studi hanno confermato il legame tra il riscaldamento del clima e l'aumento dei pollini nell'aria. L'insolito **inverno "caldo" del 2006** ha causato un largo anticipo nella fioritura primaverile del

2007 di molte specie di piante, con la conseguente comparsa dei pollini. La comparsa dei primi granuli pollinici di nocciolo e cipresso, i principali responsabili delle allergie "invernali", è arrivata con circa 10-15 giorni di anticipo, precisamente all'inizio del mese di gennaio e in concentrazioni più elevate rispetto alla media stagionale.

È per questo motivo che il Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige, che dal 1990 controlla giornalmente la presenza dei pollini nell'aria, ha deciso di anticipare la pubblicazione del bollettino, che tradizionalmente riprende con febbraio. Normalmente i pollini di nocciolo e cipresso fanno la loro apparizione verso la metà di gennaio e raggiungono i valori massimi tra la seconda metà di febbraio (il nocciolo) e la prima decade di marzo (cipresso) per poi calare gradatamente, ma inverni miti come quello del 2006/07 fanno sì che **la fioritura e il conseguente rilascio di pollini nell'aria da parte di alcune piante risultino notevolmente anticipati.**

In due differenti centri di monitoraggio aerobiologico, all'Università Tor Vergata di Roma e all'Università degli Studi di Parma, è stata rilevata la presenza di polline di frassino nella prima metà di gennaio, periodo dell'anno in cui, di norma, non è presente. Altre ricerche hanno mostrato che la produzione di alcuni allergeni naturali può aumenta-

Con anticipate fioriture primaverili di molte specie di piante e la conseguente comparsa dei pollini aumenteranno i problemi respiratori e allergici

re sensibilmente al crescere della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera. In particolare alcuni ricercatori americani hanno fatto crescere piante di Aster in campane di vetro con diversi livelli di concentrazione di anidride carbonica. Una sola pianta di Aster ha oggi la capacità di diffondere nell'aria un milione di grani di polline in tre mesi durante il periodo di fioritura. Gli esperimenti hanno mostrato che quando la concentrazione di anidride carbonica è doppia di quella attuale il rilascio dei pollini aumenta ben del 60%.

4.3.4.5 Inquinanti nell'acqua potabile

Sempre sul fronte sanitario, è infine possibile che l'esonazione di rogge e corpi d'acqua inquinati, come il Lambro, il Seveso e l'Olona, in conseguenza di precipitazioni particolarmente intense, possa favorire la contaminazione delle aree allagate attraverso la risospensione del sedimento accumulato sul fondo. Le **aree alluvionate** sono comunque soggette a un peggioramento della qualità delle acque a causa del ristagno e dei danni generati al sistema fognario e alla rete dell'acqua potabile.

Un aumento della temperatura, unitamente alla riduzione delle portate, potrà inoltre peggiorare la qualità delle acque superficiali, favorendo la diffusione di **salmonellosi** e di altre malattie infettive e gastrointestinali attraverso l'ingestione di acqua contaminata, e creando anche **problemi con la balneazione delle acque interne** e impatti sulle attività turistiche che si sviluppano intorno ai grandi laghi lombardi.

4.3.5 – Risorse idriche

4.3.5.1 Problemi di gestione della risorsa idrica

Le precipitazioni piovose da settembre 2006 ad aprile 2007 si sono attestate su valori più bassi del 20-50% rispetto al trend storico degli anni 1961-1990, su tutto il territorio nazionale con l'unica eccezione della Sicilia. A febbraio 2007 il manto nevoso ricopriva

circa un terzo del territorio coperto l'anno precedente nello stesso mese e con altezze dei campi di neve pari a circa la metà: sull'arco alpino erano presenti mediamente 10-60 centimetri contro i 25-150 del 2006.

Questa situazione ha causato disagi sul sistema idrico: il livello dei laghi, in particolare Garda e Maggiore, ha presentato situazioni critiche, e le portate dei fiumi sono

state notevolmente sotto le rispettive medie storiche; la produzione idroelettrica ha dimostrato notevoli difficoltà con una diminuzione della produzione di energia elettrica, secondo i dati di ENEL, di ben il 20% nei mesi di gennaio e febbraio 2007.

Si stima che **i volumi utili di deflusso per scopi idroelettrici in bacini del versante meridionale delle Alpi, l'Oglio (in Lombardia) e il Lys (in Valle d'Aosta), potrebbero diminuire del 3-4% nel 2050 e dell'11-13% nel 2090, per l'effetto congiunto dell'aumento della temperatura media, della riduzione delle precipitazioni nevose,**

Va incentivato l'uso di tecniche di irrigazione più sostenibili, come il sistema a pioggia

dell'aumento della variabilità del regime delle precipitazioni e delle maggiori perdite per evapotraspirazione.

La riduzione degli apporti idrici già osservata nel 2003, 2006 e 2007 genera in cascata problemi alle produzioni agricole in quanto buona parte delle concessioni idriche che escono dai laghi lombardi vanno ai consorzi agricoli. L'utilizzo agricolo e forestale del territorio lombardo impegna circa il 75% della superficie regionale e rende le aziende agricole protagoniste delle politiche legate all'utilizzo delle risorse acqua e suolo nonché alla valorizzazione dell'ambiente rurale. Eventuali nuove crisi idriche, come quella del 2003 o del 2007, potrebbero mettere a rischio l'agricoltura lombarda, le cui **captazioni idriche sono in costante aumento** (figura 4.8 a pag. 150).

È necessario pertanto aumentare l'efficienza nell'utilizzo della risorsa acqua in agricoltura, poiché a oggi si utilizzano ancora sistemi di irrigazione inefficienti, come il sistema a scorrimento e migliorare il monitoraggio delle captazioni e dell'utilizzo dell'acqua su tutte le principali aste fluviali. In questo senso potrebbe essere utile incentivare l'uso di tecniche di irrigazione più sostenibili, come il sistema a pioggia, e la coltivazione di colture meno idrovore, per esempio, del granoturco, specie ampiamente diffusa in tutta la Pianura Padana.

Una risposta apparentemente logica alla riduzione delle precipitazioni e al concorrente aumento di domanda idrica, ovvero l'aumento della capacità di invaso attraverso la creazione di bacini artificiali, si scontra con la necessità di assicurare il **deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua naturali** come richiesto dalla Direttiva Quadro sulle Acque (EC 2000/60), problema tutt'altro che teorico, visto che nel 2006 il Ticino è rimasto in secca causando gravi danni alle comunità ecologiche.

Un altro problema connesso con la riduzione degli apporti idrici è la **navigazione sui principali laghi lombardi** e sulle cosiddette autostrade fluviali.

Dal punto di vista operativo e del coordinamento degli sforzi per far fronte a questi molteplici problemi e alle necessità conflittuali di diverse utenze, una difficoltà ulteriore è causata dal fatto che la gestione della risorsa idrica nel bacino del Po è frazionata tra numerosi, forse troppi, soggetti istituzionali, come Ministeri, Autorità di bacino o distrettuali, Agenzia Interregionale per il Po, Regioni, Ambiti Territoriali Ottimali, Province, Comuni, e altri soggetti di varia natura come Consorzi di Bonifica, Consorzi di gestione e regolazione dei laghi, Gestori di invasi artificiali e/o di derivazioni per l'energia idroelettrica e molti altri concessionari in vario modo per l'uso dell'acqua.

Per ovviare a questa complessa situazione nel 2003 è stata istituita una cabina di regia formata da tre Ministeri, Autorità di bacino, Regioni, AIPO, Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, Consorzi di regolazione dei laghi, Associazione Nazionale Bonifica e Irrigazioni, Società di produzione d'energia elettrica, che ha favorito, in quel ristretto periodo, un dialogo tra le istituzioni e i detentori di grandi concessioni per l'uso

Occorre un piano integrato di gestione delle acque per far fronte al deficit tra volumi di afflusso e prelievo

dell'acqua. Nonostante tutto, si stima che la media annua di precipitazioni che si riversa sul bacino determina un volume di afflusso che corrisponde a una portata continua netta di 1.470 metri cubi al secondo, ma si calcola che **i prelievi siano attorno ai 1.850 mc/s**, considerando solamente l'utilizzo irriguo, **causando così un deficit strutturale**, nel valore medio, di 380 mc/s. Con la possibilità concreta che i periodi siccitosi aumentino, sarà necessario elaborare al più presto un piano integrato di gestione delle acque.

4.3.5.2 Che qualità ha l'acqua in Lombardia?

La valutazione della qualità degli ecosistemi acquatici, eseguita annualmente, avviene attraverso la definizione del SECA (Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua) e del SEL (Stato Ecologico dei Laghi), entrambi riportati secondo una scala di cinque classi.

Un aumento della temperatura può creare condizioni favorevoli a esplosioni di fioriture di alghe

L'esame complessivo dei **corsi d'acqua naturali** della Lombardia del 2002 evidenzia che più del 50% delle stazioni presenta una qualità delle acque sufficiente; circa il 20% delle stazioni presenta buona qualità; il 18% e il 6% delle stazioni presentano rispettivamente qualità scadente o pessima (ARPA Lombardia, 2003). La parte centro-meridionale della regione e quella alla confluenza con il fiume Po costituiscono le aree più compromesse.

Nel 2003 la qualità dei corsi d'acqua naturali è rimasta sostanzialmente stabile rispetto al 2002, mentre quella dei corsi d'acqua artificiali è leggermente peggiorata; la qualità dei laghi e delle acque di falda, pur presentandosi maggiormente diversificata, è quasi sempre sufficiente nei laghi subalpini, mentre è spesso scarsa nelle acque sotterranee e nei laghi di dimensioni medio piccole (Iseo, Idro, Varese e Lugano).

Per il 2003, anno caratterizzato da un'intensa e prolungata siccità, i risultati del monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali indicano, come per gli anni precedenti, la **criticità del bacino Lambro-Seveso-Olona** nella zona centro-occidentale della regione, e **del sottobacino del Mella** (bacino del fiume Oglio) per la zona centro-orientale; i tratti qualitativamente migliori sono generalmente situati nella parte a monte dei fiumi, mentre quelli più compromessi si trovano alla chiusura dei bacini.

Dal 2003 al 2004 si è registrato, su 136 stazioni di campionamento su corsi d'acqua naturali, un miglioramento di qualità in 22 stazioni e il peggioramento in 13. Per i corsi d'acqua artificiali sono invece 16 le stazioni in cui si è avuto un miglioramento e 7 quelle in cui la qualità è diminuita. Infine sono 7 e 5 le stazioni posizionate su laghi in cui si sia riscontrato rispettivamente un incremento o un peggioramento di qualità.

Per le **acque sotterranee** lo stato di qualità è rappresentato dallo SCAS (Stato Chimico Acque Sotterranee), che può assumere 5 valori, ed è monitorato semestralmente grazie a una rete distribuita sull'intero territorio lombardo. Nel 2004 fitofarmaci e solventi

clorurati sono stati tra le principali cause di declassamento della qualità delle acque sotterranee. I nitrati si segnalano come criticità in aree circoscritte, soprattutto nelle province di Brescia, Como e Lecco.

Un aumento della temperatura legato ai cambiamenti climatici può inoltre creare condizioni favorevoli a esplosioni di fioriture algali che contribuiranno a peggiorare ulteriormente la qualità delle acque. Nelle estati 2005 e 2006 si sono avute due cospicue fioriture del cianobattere *Anabaena lemmermannii* nel Lago Maggiore. La potenziale tossicità di questo organismo e la sua capacità di degradare qualitativamente le acque che lo ospitano ne impongono lo studio per tentare di controllare il fenomeno. L'ipotesi avanzata da molti che queste fioriture siano imputabili ai cambiamenti climatici in atto è ancora insufficientemente documentata perché i possibili meccanismi che legano il successo dei cianobatteri alle mutate condizioni climatiche sono tuttora oggetto di indagine.

Bisogna però specificare che la riproduzione di questo tipo di organismo è favorita da temperature dell'acqua comprese tra i 20°C e i 32°C e dall'abbassamento delle acque del lago, che favorisce la decomposizione degli organismi, e quindi i loro ingressi nella catena alimentare come nutrienti dei cianobatteri, che vivono nei pressi della riva. Questi due fenomeni si sono verificati contemporaneamente durante le estati del 2005 e 2006 (Bertoni et al., 2007).

Anabaena lemmermannii è presente anche nel lago di Garda, ma le concentrazioni rilevate indicano l'assenza di pericolo per la salute umana. Da un prelievo effettuato nel luglio del 2006 è emerso che nei 3 cm superficiali del lago la concentrazione era di circa 800 cellule/millilitro, e il limite oltre il quale scatterebbe il divieto di balneazione è stato stabilito essere, dal Ministero della Salute, di 5.000 cellule/millilitro (ARPAV, 2006).

4.3.6 – Regime idrologico

Fino a che la presenza dei ghiacciai rimane consistente, si stima che l'aumento delle temperature abbia un effetto equilibrante sul regime idrico alpino, poiché le maggiori precipitazioni a carattere piovoso d'inverno e le minori precipitazioni estive, comunque diminuite dallo scioglimento del ghiaccio, attenueranno le ridotte portate invernali e gli eccessi di portate estive. Si prevede, per l'area centrale delle Alpi (quindi anche l'arco alpino lombardo) un aumento del deflusso invernale del 90% e una riduzione di quello estivo del 45% (Beniston, 2007).

Nella regione alpina i fenomeni piovosi intensi aumenteranno del 20-40% con i cambiamenti climatici

Questo aspetto è molto rilevante per le Alpi meridionali perché, di tutto l'arco alpino, sono le aree maggiormente colpite da precipitazioni estreme a causa del trasporto atmosferico di acqua dal Mediterraneo.

Alcuni modelli di simulazione climatica regionale concordano nel prevedere

che a un intensificarsi del ciclo dell'acqua corrisponderà parallelamente l'intensificarsi delle precipitazioni eccezionali nella regione alpina. Gli scenari prevedono che un aumento della temperatura di 2°C contribuirà ad aumentare i fenomeni piovosi estremi, in area alpina, del 20-40% con evidenti **impatti sulla stabilità geologica della regione** (CIPRA, 2002).

4.3.6.1 Frane

A quelle quote dove la roccia convive con neve e ghiaccio i fenomeni franosi potrebbero aumentare, poiché i cicli di gelo-disgelo aprono le fratture come cunei, i ghiacciai che arretrano privano di appoggio le pareti di roccia e le temperature in aumento fondono il permafrost (il suolo gelato in profondità che talora fa da collante a placche rocciose instabili o tiene insieme masse di detriti di origine glaciale).

Da una decina d'anni le alte quote alpine stanno sperimentando estati sempre più calde, con periodi prolungati in cui il termometro sale sopra lo zero, fenomeni che negli ultimi secoli erano rari e comunque brevi.

I dati ottenuti dalle perforazioni dei versanti condotte, nell'ambito del progetto PACE (Permafrost and Climate in Europe), hanno evidenziato inequivocabilmente un aumento notevole della temperatura interna ai versanti alpini ghiacciati, ben al di sopra dei valori di riscaldamento della temperatura atmosferica, in costante incremento negli ultimi decenni a causa dell'immissione di gas serra.

Gelo-disgelo, arretramento dei ghiacciai e fusione del permafrost provocano frane e smottamenti in quelle zone dove la roccia convive con neve e ghiaccio

Le stime indicano un aumento complessivo della temperatura del permafrost alpino da 1°C a 2°C nel secolo scorso.

Tra gli ulteriori fattori scatenanti si deve citare poi il progressivo ritiro dei ghiacciai che lascia esposte intere superfici ghiacciate agli effetti del calore estivo. Il disgelo del permafrost rende maggiormente instabili i pendii e l'alterazione dei flussi idrici può avere effetti diretti sulla frequenza di accadimento di frane e smottamenti, provocando frane e colate di fango di dimensioni potenzialmente molto rilevanti. Le aree più a rischio sono i cosiddetti "ghiacciai di roccia", giganteschi accumuli di roccia e ghiaccio simili a colate di lava e in lentissimo movimento verso valle. Fra le zone a rischio, per esempio, c'è il Passo dello Stelvio, dove la coltre ghiacciata raggiunge i 100 metri di profondità a quote di 2.400 metri.

Per quanto risulti difficile allo stato attuale fare previsioni quantitative sull'intero territorio lombardo, se verrà confermata la tendenza a un aumento dei fenomeni di precipitazione breve ma intensa, **i processi di dissesto idrogeologico potranno subire un'ac-**

celerazione che comporterà un aumento dei fenomeni franosi nelle zone montane e collinari e del rischio alluvionale in modo particolare nelle aree storicamente già interessate da allagamenti. L'aumento di questi fenomeni non potrà che avere conseguenze negative sia per i danni generati al sistema delle infrastrutture, sia per le conseguenze sull'indotto socio-economico delle aree alluvionate. Si pensi, infatti, che la maggior parte del territorio lombardo (a eccezione delle province di Lodi e Mantova) è già stato soggetto a eventi franosi dal 1998 al 2001.

Alluvioni, frane e smottamenti veloci sono attesi a fronte di aumenti molto probabili nella frequenza di eventi con precipitazioni intense nel continente europeo

4.3.6.2 Siccità

L'intensificarsi dei periodi siccitosi genererà inevitabilmente **problemi connessi alla gestione delle risorse idriche nei settori civile, agricolo e industriale** e all'acutizzarsi dei conflitti derivanti dall'uso plurimo di una risorsa che potrà diventare sempre più scarsa. Gli effetti sul sistema produttivo possono essere molteplici.

Si ricordi, per esempio, che la siccità dell'estate del 2003 e il conseguente deficit della rete idrica superficiale aveva reso problematico il rispetto dei limiti di legge sugli scarichi termici delle grandi centrali termoelettriche, problema a cui si pose rimedio col Decreto Legge 239/2003 che evitò il paventato fermo di esercizio degli impianti proprio nel momento in cui la domanda energetica era particolarmente alta.

Al di là degli aspetti di carattere normativo, è evidente che una riduzione delle portate e un aumento della temperatura dell'acqua di approvvigionamento potrà mettere in difficoltà i sistemi di raffreddamento delle centrali termoelettriche.

A questo proposito si ricorda che **la regione Lombardia è storicamente una delle regioni italiane più colpite dal fenomeno.**

Il perdurare di periodi siccitosi potrebbe portare, altresì, a una riduzione dell'invaso dei grandi laghi lombardi e della portata del Po, cosa che metterebbe in seria difficoltà la navigazione lacustre e fluviale generando difficoltà nel trasporto di merci e persone.

4.3.6.3 Incendi

Un aumento di frequenza dei fenomeni siccitosi avrà inevitabilmente ripercussioni sul regime degli incendi boschivi con un possibile aumento di frequenza e severità (figura 4.9 a pag. 151).

La Lombardia, con quasi 60.000 ettari di superficie raggiunta da incendi, ha subito quasi 4.500 incendi nel periodo 1990-2001.

Le ondate di caldo estive potrebbero favorire gli incendi, privando così il suolo della vegetazione che riduce il rischio di dissesti. Nei primi dieci mesi del 2007, sul suolo

lombardo si sono verificati 162 incendi, un numero esiguo rispetto agli oltre 2.000 della Campania, ma non è escluso che in futuro possano aumentare.

4.3.6.4 Alluvioni

È opinione generalmente condivisa che in Europa si avrà, nel corso di questo secolo, un aumento nella temperatura media, un aumento nella frequenza e nell'intensità delle precipitazioni nell'Europa del Nord e una diminuzione nella frequenza e nell'intensità delle precipitazioni al Sud, ma soprattutto un possibile **aumento nella frequenza di eventi con precipitazioni intense in tutta Europa**.

Date le premesse è lecito, da parte nostra, aspettarsi un aumento di **frane e smottamenti veloci**, o flash floods, anche se in Italia si deve migliorare la conoscenza dei meccanismi di trasmissione dalle variazioni climatiche alle variazioni dei rischi idrogeologici sul territorio italiano, con un livello di risoluzione significativo, per poter affermare che esiste una correlazione diretta tra i due fenomeni.

Si stima che il valore delle infrastrutture localizzate all'interno delle aree a rischio alluvionale sia superiore ai 12 miliardi di euro

Per quanto riguarda la monetizzazione dei danni legati a un aumento del rischio alluvionale è possibile effettuare una stima preliminare per la Lombardia, che risulta ovviamente caratterizzata da un certo grado di incertezza legato a fattori quali: l'elevata dimensione territoriale, la varietà di ambiti territoriali presenti, la mancanza di affidabili modelli previsionali delle precipitazioni future e soprattutto dell'eventuale variazione nel regime

pluviometrico in relazione ai mutamenti climatici.

Nonostante queste difficoltà, nella linea di ricerca Esternalità è stato sviluppato un semplice modello costruito a partire dalla definizione di rischio.

Con questo modello è stato possibile stimare l'entità dei danni materiali alle infrastrutture viarie (misurati in termini di costi di ripristino) in conseguenza di un aumento di frequenza delle piene di progetto di 200 e 500 anni utilizzate dall'Autorità di Bacino del fiume Po per determinare rispettivamente le fasce fluviali B e C. Un'analisi territoriale condotta in questo studio sui principali corpi idrici della Lombardia mostra che il valore delle infrastrutture localizzate all'interno di aree a rischio alluvionale è superiore ai 12 miliardi di euro (figura 4.10 a pag. 151).

Il danno che un evento con tempo di ritorno di 200 anni potrebbe generare su scala regionale per le sole infrastrutture è di circa 300 milioni di euro che diventano 1 miliardo e 200 milioni per piene con tempi di ritorno di 500 anni. Un aumento sensibile della frequenza delle piene di progetto, ovvero della probabilità che si verifichino eventi alluvionali di questa importanza, avrebbe quindi delle conseguenze drammatiche.

Non è stato possibile condurre un'indagine simile anche per il rischio valanghe, per

quanto l'interazione fra andamento della temperatura e regime delle precipitazioni risulti ovviamente determinante nell'innescare di questi fenomeni. La variazione di questi due fattori meteo-climatici in seguito ai cambiamenti climatici, in particolare all'aumento della temperatura, può quindi favorire la formazione di valanghe.

4.3.7 – Sistema socio-economico

4.3.7.1 Il turismo alpino

Anche il turismo potrà risultare fortemente influenzato dai cambiamenti climatici. Quello turistico è un settore economico assai rilevante per la Lombardia: contribuisce a circa il 7% del PIL regionale con 25 milioni di presenze nel 2002 e un incremento del 35% delle presenze e dell'85% dei turisti stranieri in 10 anni.

Il turismo invernale sull'arco alpino sarà ovviamente colpito da una possibile riduzione delle precipitazioni nevose.

Infatti, analizzando i dati degli ultimi 40 anni, è già possibile evidenziare un andamento tendenzialmente decrescente nelle presenze turistiche durante i mesi invernali in località di media e bassa quota, ovvero quelle più sensibili a una riduzione dell'innevamento.

Ovviamente, un ulteriore innalzamento della linea della cosiddetta snow-reliability (ovvero la quota al di sopra della quale è garantita una copertura nevosa di almeno 30 cm di neve per un periodo di 100 giorni fra dicembre e aprile durante la stagione invernale) in conseguenza dell'aumento dello zero termico, fenomeno previsto dai principali modelli presentati nel Terzo Rapporto dell'IPPC, limiterà la praticabilità degli sport invernali e in particolare la fruibilità degli impianti sciistici, soprattutto di quelli posti alle quote più basse e quindi più sensibili a una riduzione delle precipitazioni nevose.

In questa situazione, l'innalzamento dello zero termico vanificherà il ricorso a sistemi di innevamento artificiale. Si tratta, del resto, più di una mera ipotesi, dal momento che questo è un fenomeno già in atto da oltre un decennio: la riduzione delle precipitazioni nevose ha interessato, con poche eccezioni, l'intero settore meridionale delle Alpi, senza particolari distinzioni geografiche o altimetriche. La riduzione è stata in media di poco inferiore al 20% in vent'anni con punte del 40% per le località a bassa quota, un fenomeno evidentemente correlato con l'aumento delle temperature nello stesso periodo (figura 4.11 a pag. 152).

L'utilizzo dell'innevamento artificiale, laddove tecnicamente possibile, comporta del resto impatti ambientali sia per la realizzazione delle opere e degli impianti, sia per la tipologia stessa della neve artificiale che risulta dalle 4 alle 5 volte più pesante di quella naturale producendo così una pressione anomala sul suolo. Inoltre la neve artificiale richiede un

Scarse precipitazioni nevose dovrebbero indurre le amministrazioni delle località alpine ad adottare misure di prevenzione e di adattamento, a partire dal diversificare l'offerta turistica rispetto alla sola attività sciistica

uso intensivo di risorse idriche. In questo momento in Italia la captazione è libera, non ci sono né limiti né una regolamentazione, a differenza di quanto accade in Tirolo dove l'utilizzo dell'acqua per questo scopo è regolamentato dalla pubblica amministrazione o della Svizzera dove prima gli impianti di innevamento necessitano di una valutazione di impatto ambientale (OECD, 2007).

Circa il 77% dei comprensori sciistici dell'arco alpino italiano è dotato di impianto di innevamento artificiale: si va dal 50% circa del Veneto al 100% del Friuli e Alto Adige. La Lombardia è penultima col 67% (22 aree su 33). Con 1 m³ di acqua si riescono a produrre 2 -2,5 m³ di neve, quindi sono necessari dai 70-120 litri di acqua per m² per avere un manto nevoso spesso 30 cm, tale cioè da garantire la sciabilità, 1.000-1.200 m³ di acqua per rendere sciabile un ettaro di piste. I costi di costruzione e di gestione degli impianti di innevamento sono tali che oggi sono necessarie sovvenzioni pubbliche per la realizzazione di questi impianti e, del resto, è comunque sconsigliabile costruirne sotto i 2.000 m. (CIPRA, 2007).

Alcune pratiche per mantenere più a lungo la neve rischiano, in realtà, di essere dannose per l'ambiente

Ci sono dei buoni margini di guadagno se si decide di ampliare e differenziare la gamma di attività praticabili durante l'inverno, poiché solo il 30,1% dei turisti italiani e il 32,8% dei turisti stranieri che frequentano località montane dichiarano di farlo per praticare uno sport specifico (Unioncamere, 2006). Lo sviluppo del turismo di relax con trattamenti fitness o spa, che in Italia costituiscono ri-

spettivamente la seconda e la quinta voce di spesa turistica per volume d'affari, potrebbe essere una risposta interessante alle difficoltà generate dalla riduzione delle precipitazioni nevose. Sembra difficile per il momento che questo possa compensare l'attesa contrazione della domanda turistica invernale in seguito a una riduzione delle sensibili precipitazioni nevose (nel 2000 il turismo invernale rappresentava il 64% del turismo montano in Italia, secondo elaborazioni del TCI del 2002).

Inoltre deve ancora essere valutato con precisione **l'impatto che una contrazione del turismo invernale potrà avere sui 250.000 operatori che vivono sull'indotto degli impianti a fune per sport invernali.** In un lavoro recente Bigano e Bosello (2007) hanno stimato la contrazione del fatturato diretto turistico, in particolare per il turismo alpino. La contrazione complessiva dei volumi di spesa, da parte dei turisti, si aggira in media tra il -10,2% nel 2030 e il -10,8 nel 2090. La situazione è altamente differenziata da regione a regione a secondo della diversa composizione della domanda turistica: si va dai -58 milioni di euro del Trentino ai 3 del Veneto; per la Lombardia si prevede una contrazione di -29 milioni di euro.

Sulle vicine Alpi svizzere, un incremento di 4°C nelle medie invernali delle temperature minime entro il trentennio 2071-2100 potrebbe comportare una riduzione della quantità di neve caduta dell'ordine del 90% intorno a quota 1.000 metri, del 45-60% a quota 2.000

metri e del 30-40% a quota 3.000 metri (Beniston, 2003). La riduzione della stagione nevosa sarebbe più manifesta alla sua fine (primavera) che non al suo inizio (autunno), con conseguente accelerazione e anticipo dei deflussi primaverili. Le aree alpine del versante italiano, per la loro esposizione e posizione geografica (più esposte ai venti caldi africani, per esempio), dovrebbero vedere ridotta ulteriormente la propria copertura nevosa rispetto alla confinante Svizzera. Proprio in Svizzera le principali località sciistiche nazionali hanno pubblicato uno studio nel quale si analizza e si riflette sulle connessioni tra aumento di temperatura e turismo invernale. Alcune di queste famosissime località (Wengen, Muerren, Grindelwald e Gstaad) stanno già pianificando una serie di iniziative per diversificare le offerte turistiche dal solo sci. Ciò è necessario anche per garantire la sopravvivenza economica degli abitanti che vivono con il turismo.

Anche in Lombardia, dove il problema sarà più grave, si dovranno adottare misure cautelative per prevenire una situazione sfavorevole che è dietro l'angolo. Ci sono alcune strategie che permettono di prolungare la permanenza della neve al suolo fino a 30 giorni, ma sono condotte prevalentemente con scavatrici e bulldozer che sono altamente invasivi e nella maggior parte dei casi comportano un impatto altamente negativo sulla vegetazione con aumento dei processi erosivi. Bisogna considerare, infatti, l'impatto che ciò ha sulla gradevolezza e l'amenità del paesaggio che può risultare fortemente alterato con perdita di attrattiva per altre forme di turismo come quello estivo (OECD, 2007).

Inoltre, gravi danni rischiano di essere subiti anche dal **turismo lacustre**, che a livello nazionale rappresenta il 6,5% del bilancio turistico annuale. Nella nostra regione sono presenti alcuni dei principali laghi italiani, come il Garda, il Maggiore, l'Iseo e il lago di Como. Secondo il Ministero della Salute circa il 30% delle acque interne risulta non balneabile; tale dato è confermato dalle analisi dei tecnici di Legambiente che nell'edizione 2006 della Goletta dei laghi hanno rilevato inquinamento nel 40% dei campioni.

4.3.7.2 Consumo/produzione energia

Per quanto riguarda il settore energetico esistono problemi sia sul lato della domanda che su quello dell'offerta. Una previsione quantitativa è già stata affrontata dalla linea di ricerca Scenari e politiche. È tuttavia ragionevole supporre che i **quasi 300 impianti di produzione di energia idroelettrica** localizzati principalmente in Valtellina e che nel 1997 contribuivano a coprire circa un quinto della domanda di energia a livello regionale potrebbero risentire delle variazioni del regime delle precipitazioni soprattutto nel periodo estivo, proprio quando la domanda elettrica, sostenuta dai consumi per raffrescamento, risulta massima.

Una variazione del regime delle precipitazioni nella direzione di un **aumento della frequenza delle piogge brevi e intense e di un prolungamento dei periodi siccitosi**,

Gli invasi dei bacini idroelettrici saranno soggetti a prolungati periodi siccitosi, a scarsa ricarica primaverile e a rapidi riempimenti dovuti a intense e brevi precipitazioni

potrebbe ridurre (anche a parità di precipitazioni annuali) la reale capacità di generazione di energia dei bacini idroelettrici a causa della difficoltà di garantire un sufficiente invaso nei periodi in cui è maggiore il picco di domanda energetica. La prevista diminuzione di precipitazioni nevose dovuta a variazioni del regime delle precipitazioni e all'aumento di temperatura durante il periodo invernale ridurrà infatti l'accumulo di acqua sotto forma di neve e conseguentemente la disponibilità di acqua nella stagione estiva e primaverile.

D'altro canto nei periodi di precipitazione più intensa si potrebbe raggiungere rapidamente la massima capacità di invaso dei bacini idroelettrici senza la possibilità di accumulare il surplus di risorsa idrica da sfruttare successivamente nei periodi di picco della domanda energetica. Una stima quantitativa dell'entità di questi fenomeni non è però ancora possibile, sia per la difficoltà di reperire informazioni anche solo sulle modalità attuali di gestione dei bacini per uso idroelettrico, sia per il notevole livello di incertezza associato alla stima delle precipitazioni future, non solo quelle medie annuali o mensili, ma soprattutto quelle di breve durata, da poche ore a pochi giorni, che sono fondamentali per la determinazione degli afflussi e la formazione delle piene. Come già stato fatto

notare, l'aumento delle derivazioni nel settore mini-idroelettrico per incrementare la capacità produttiva dovrà, d'altro canto, fare i conti con il problema di assicurare le portate minime vitali dei corsi d'acqua soggetti a prelievo nel rispetto dalla Direttiva Quadro sulle Acque (EC 2000/60).

Una conseguenza dell'aumento della temperatura durante il periodo estivo è stata e sarà quella di accelerare la crescita delle vendite di condizionatori per uso domestico: nel 2003 l'incremento è stato del 45% rispetto all'anno precedente. Il maggior ricorso a impianti di condizionamento nel settore civile, industriale e dei servizi, sostenuto dalla necessità di difendersi dalle ondate di calore, comporta inevitabilmente un **aumento dei consumi energetici nel periodo estivo** che già da qualche anno hanno raggiunto e si avviano ormai a superare quelli invernali; un problema questo non marginale per un Paese come l'Italia in cui la capacità produttiva fa fatica a soddisfare la crescente domanda energetica.

Se non si riuscirà ad agire efficacemente sulla **promozione del risparmio energetico, dell'efficienza energetica e delle fonti di energia rinnovabile**, l'unica possibilità per scongiurare i blackout controllati, che già nel giugno del 2003 hanno interessato il nostro Paese provocando notevoli danni al sistema produttivo e disagi alla popolazione, sarà quella di aumentare la produzione di energia con sistemi basati su combustibili fossili (gas, carbone, olio combustibile) che, per loro natura, aumenteranno le emissioni di gas serra, invece di diminuirle, e quindi ci allontaneranno dagli obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto per l'Italia.

All'aumento della temperatura estiva corrisponde l'aumento dei consumi energetici dovuti soprattutto a un maggior uso degli impianti di condizionamento

Nel quadro della Direttiva europea sull'emission trading la crescita delle emissioni di gas climalteranti non è soltanto un gravissimo problema ambientale ma, nel caso non si rispettassero le quote di emissione previste dal Piano Nazionale di Allocazione, si tradurrà anche in un aumento dei costi dell'energia generato dalla necessità di acquistare quote sul mercato dei diritti di emissione o pagare una multa di 40 euro per tonnellata di CO_{2eq} nella prima fase di attuazione della Direttiva, che salirà a 100 euro per tonnellata nella seconda fase.

Nel 2005 l'Italia ha avuto un consumo nazionale netto di energia di 330.000 GWh, il 71% circa di questa energia è derivato da centrali che utilizzano fonti non rinnovabili. In particolare per quanto riguarda la Lombardia, sempre nel 2005, c'è stata una produzione netta di circa 55.000 GWh così ripartita: circa 46.000 GWh prodotti dal termoelettrico e il restante dall'idroelettrico. Ma la produzione lombarda non è bastata a soddisfare il fabbisogno poiché la domanda nel 2005 è stata di circa 15.000 GWh superiore a quanto prodotto (Terna, 2005). Più precisamente dal 1973 in poi c'è sempre stato un deficit di energia che in futuro dovrebbe progressivamente colmarsi grazie a un aumento della capacità produttiva che, essendo basato principalmente sull'uso di combustibili fossili, potrà creare però problemi per il rispetto dei limiti alle emissioni richiesti dalla Direttiva sull'emission trading e dal Protocollo di Kyoto.

4.3.7.3 Settore assicurativo

Un rapporto pubblicato nel novembre 2005 dall'Harvard Medical School e finanziato dalla Swiss Re Assicurazioni ha messo in evidenza che i danni economici generati da eventi climatici su scala globale (gli unici dati a oggi disponibili) sono andati sensibilmente aumentando nel corso degli ultimi 50 anni, così come i conseguenti indennizzi (figura 4.12 a pag. 153). Si stima che **in Europa il 64% di tutti gli eventi catastrofici dal 1980 sia imputabile a eventi estremi di natura climatica o meteorologica** (alluvioni, nubifragi, siccità, ondate di calore) e il 25% da frane e valanghe, collegabili anch'esse a fenomeni meteo-climatici.

Anche il 79% delle perdite economiche e l'82% delle morti causate da eventi catastrofici sono collegabili a eventi meteo-climatici (Wirtz, 2004). Questa tipologia di eventi è raddoppiata durante gli anni Novanta rispetto al decennio precedente, al contrario di quanto è accaduto per altri fenomeni catastrofici, quali terremoti. Le perdite annuali da eventi catastrofici sono aumentate nel mondo da 4 miliardi di dollari negli anni Cinquanta a 40 miliardi negli anni Novanta. Nello stesso periodo, la percentuale di tali perdite coperte da assicurazione si è portata da cifre trascurabili fino a 9,2 miliardi di dollari per anno; una significativa parte di questa cifra è relativa alle nazioni industrializzate. In Europa le perdite economiche legate a eventi meteo-climatici estremi sono invece cresciute negli ultimi

Secondo studi del settore assicurativo, in Europa quasi il 64% degli eventi catastrofici avvenuti dal 1980 sono imputabili a fattori meteoroclimatici

20 anni da meno di 5 miliardi di dollari a circa 11 miliardi. Quattro dei cinque anni peggiori da questo punto di vista si sono verificati dopo il 1997 (EEA, 2004).

Di conseguenza ci si aspetta che **il previsto aumento della frequenza e intensità degli eventi estremi (catastrofi naturali, alluvioni, uragani ecc.) per gli anni futuri avrà inevitabilmente un profondo impatto sul settore assicurativo**. L'aumento dei premi assicurativi comporterà ovviamente una crescita dei costi di quelle attività e servizi che direttamente o indirettamente possono risentire della variabilità climatica e di eventi meteorologici estremi. Un aumento dei costi assicurativi si trasferisce in ultima analisi sui costi di produzione di beni e servizi influenzando potenzialmente il mercato e traducendosi in un aggravio per le famiglie.

4.3.8 – Agricoltura

L'agricoltura è ovviamente un altro comparto che risentirà fortemente di un **possibile aumento di frequenza dei fenomeni siccitosi**. In questo caso la relazione causa-effetto risulta molto robusta, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti associati al deficit idrico. Simulazioni con modelli colturali mostrano altresì che **la produttività agricola** risulta minacciata anche dallo stress termico, ancorché sotto ipotesi di **piena disponibilità idrica**. Occorrerà pertanto intervenire per contenere questi impatti: per esempio, nel 2003 per effetto congiunto del maltempo e della siccità, si sono superati i 5 miliardi di euro di danni all'agricoltura con gravi difficoltà per le imprese del settore e ricadute su occupazione ed economia. È quanto afferma la Coldiretti in riferimento alle dichiarazioni di Filippo Giorgi dell'IPCC secondo cui per fine secolo la temperatura dell'Italia si alzerà notevolmente, mentre le precipitazioni diminuiranno del 30-40% in estate con il rischio che la torrida estate del 2003 possa essere la norma. Il rischio è quindi che si ripetano in futuro le situazioni di emergenza idrica per il bacino del Po, dove si

ottiene un terzo dell'agroalimentare nazionale, mentre è soprattutto il Mezzogiorno a rischio desertificazione. Secondo l'ultimo annuario dei dati ambientali dell'APAT le aree con sensibilità media o alta alla desertificazione coprono il 36% del territorio nazionale, mentre sono addirittura in una

Nelle campagne il cambiamento del clima ha i suoi effetti su cicli delle colture, gestione delle acque e sicurezza

situazione di criticità circa la metà del territorio della Sardegna e della Calabria. E il cambiamento ha già provocato un significativo spostamento della zona di coltivazione tradizionale di alcune colture come l'olivo che è arrivato quasi a ridosso delle Alpi, mentre ai confini con la Svizzera si coltiva il sorgo e le prime arachidi sono state raccolte nella **Pianura Padana dove il clima è diventato favorevole alla produzione di grandi quantità di pomodoro e di grano duro per la pasta** (tabella 4.1 a pag. 150).

Gli effetti del riscaldamento del Pianeta non sono solo la migrazione delle principali colture mediterranee, ma anche il cambiamento delle condizioni ambientali tradizionali per la stagionatura dei salumi, per l'affinamento dei formaggi o l'invecchiamento dei vini.

Gli effetti del cambiamento climatico si fanno sentire nelle campagne con **un aumento** degli eventi estremi, la riduzione della riserva idrica, l'aumento dell'erosione in zone collinari e alluvioni in pianura, anticipo di germogliamento per le piante coltivate, maggiore rischio per gelate tardive, aumento dell'incidenza di infezioni fungine e dello sviluppo di insetti, infine, stress idrico delle piante.

Si tratta di processi che rappresentano una nuova sfida per l'impresa agricola che deve interpretare il cambiamento e i suoi effetti sui cicli delle colture, sulla gestione delle acque e sulla sicurezza del territorio.

4.3.8.1 Vigneti e vini

Al di là degli impatti in agricoltura generati da fenomeni climatici estremi come le ondate di calore, le alluvioni e il perdurare di periodi siccitosi, un incremento anche lento ma graduale della temperatura influenzerà verosimilmente la geografia del settore viticolo nel centro-Sud Europa, **alterando direttamente le condizioni di crescita della vite e di maturazione dell'uva** al punto da richiedere cambiamenti strutturali delle produzioni. Il vino è stato definito come “il canarino nella miniera di carbone dei cambiamenti climatici” (Los Angeles Times, 2007): anche piccole variazioni delle variabili climatiche hanno influenza diretta sulla produzione del vino, in particolare dei grandi vini di alta qualità che sono i più sensibili. Da una ricerca è emerso che la temperatura media, nelle zone di produzione del vino di alta qualità, è aumentata di circa 1,26°C nel periodo 1950-1999 (Jones et al., 2005). Per ora non ci sono impatti che possono essere considerati negativi, anzi l'aumento di temperatura apre nuovi scenari nell'orizzonte dei vini, con la possibilità di realizzare nuove coltivazioni anche nel Sud dell'Inghilterra. Nel Nord della Francia, l'aumento di temperatura ha causato un graduale ma costante anticipo della vendemmia: se negli anni Settanta cadeva entro la prima metà di ottobre, nel 2007 è cominciata addirittura il 24 di agosto, un record per tutto il Nord-Est francese.

L'aumento della temperatura e un differente regime delle precipitazioni sta alterando le condizioni di crescita della vite e di maturazione dell'uva

Inoltre, diffusamente in tutta la Francia, i viticoltori stanno abbandonando la pratica di aggiungere zuccheri al mosto per renderlo più alcolico e aumentarne i profumi; ormai, infatti, l'aumento delle temperature estive fa tutto il lavoro per loro, rendendo addirittura, in alcuni casi, il vino troppo alcolico, tanto da costringere alcuni viticoltori ad aggiungere composti acidi. Questa e altre prospettive, se pur di medio periodo, possono essere preoccupanti per un settore che in Lombardia nel 2004 poteva contare su 15 mila addetti a fronte di una produzione annuale complessiva di oltre 75 milioni di bottiglie DOC (Denominazione Origine Controllata), per un fatturato di 700 milioni di euro. Dall'Oltrepò alla Franciacorta, dalla zona del Garda alle coltivazioni di San Colombano, passando per i vigneti del mantovano, **la vendemmia del 2007 in Lom-**

bardia è cominciata in anticipo, rispetto alla norma, di una ventina e più di giorni. Riguardo questa situazione si possono riscontrare diversi punti di vista.

I produttori e le associazioni di settore in alcuni casi esprimono giudizi del tutto ottimistici sulla qualità dell'uva del 2007. Secondo le stime dei tecnici dell'Ascovilo, l'associazione dei consorzi vitivinicoli della Lombardia, i grappoli e gli acini di quest'anno sono "particolarmente interessanti". Inoltre sempre secondo i produttori, più che al caldo degli ultimi mesi, le ragioni del fenomeno sono da ricercare nell'abnorme mitezza dello scorso inverno. Le piante sono fiorite in anticipo, ma hanno seguito uno sviluppo vegetativo regolare. Quindi, **a una fioritura precoce, è naturalmente conseguenziale**

una raccolta anticipata.

Nonostante ciò i parametri per aspettarsi una vendemmia felice sembrano per ora rispettati: i frutti sono maturi, le uve sane. Secondo una recente ricerca condotta nel trevigiano (Tomasini et al., 2007, Centro di Ricerca per la Viticoltura del Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura - CRA), un'eccessiva esposizione dei grappoli a temperature troppo elevate, causa un eccessivo aumento degli zucche-

Alcuni scenari di cambiamento climatico potrebbero vanificare gli effetti degli interventi strutturali e tecnologici per la produzione dei vini di qualità, DOC e DOCG

ri, con conseguente tasso alcolico del vino troppo elevato, e una perdita di precursori aromatici, quindi meno sapori e profumi. Dallo stesso studio è emerso che, al momento, sono sufficienti delle tettoie in telo traspirante per proteggere i grappoli dai raggi diretti del sole ed evitare questa situazione. Anche se al momento non sono presenti studi specifici per la Lombardia, possiamo lo stesso prevedere che si possono prospettare notevoli danni economici, e questa certezza ci è data dai numeri espressi dal settore vinicolo: oltre mille chilometri di strade del vino e dei sapori della Lombardia hanno attratto nel 2004 oltre 500 mila presenze da ogni parte d'Italia e d'Europa con un importante indotto nel settore eno-gastronomico.

Il 100% della viticoltura lombarda (23 mila ettari vitati censiti) ricade in zone DOC e ben l'80% delle bottiglie di vino della nostra regione sono DOC o DOCG (Denominazione Origine Controllata Garantita), 28 i marchi DOC, DOCG e IGT (Indicazione Geografica Tipica).

Gli effetti di piccoli cambiamenti di temperatura sulla crescita e maturazione dell'uva e quindi sulla qualità del prodotto finale possono essere corretti con interventi tecnologici durante il processo di lavorazione ma per vitigni che si trovano già ai margini dell'intervallo di temperatura ammissibili per una specifica produzione un incremento della temperatura potrebbe rendere vana ogni correzione e richiedere quindi un cambiamento di produzione a partire dal vitigno. Sarà quindi necessario approfondire se, in quali casi e in che tempi i cambiamenti climatici potranno rendere necessari questi cambiamenti, operazione che comporterà comunque costi elevati.

4.4 – Gli intelligrafici

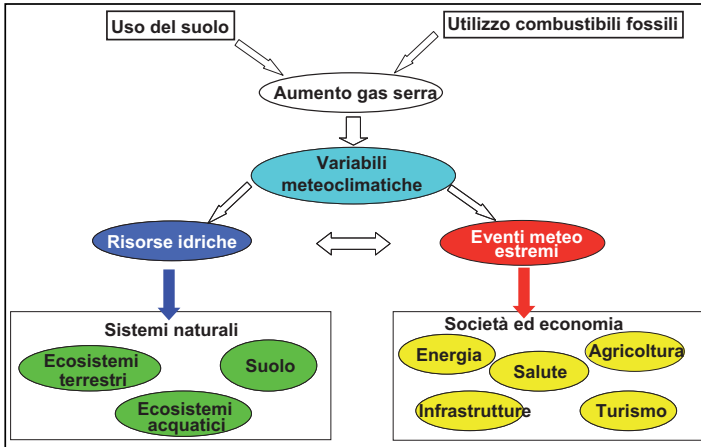


Figura 4.1 – RETE DEGLI IMPIANTI DIRETTI E INDIRETTI

Dal quadro sinottico dei possibili impatti diretti e indiretti dei cambiamenti climatici in Lombardia si evince che questi possono esercitare pressioni che si ripercuotono a cascata in una catena di impatti secondari sul sistema socio-economico e naturale. Conoscere gli impatti attesi dei cambiamenti climatici contribuisce all'individuazione di quei comparti del patrimonio ecologico, del capitale umano e delle capacità produttive della regione che necessitano di maggiore salvaguardia.

Il quadro sinottico è stato concepito per fornire una visione d'insieme degli impatti attesi dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e semi-naturali, sulle infrastrutture, sulla salute umana e sui settori socio-economici della regione Lombardia.

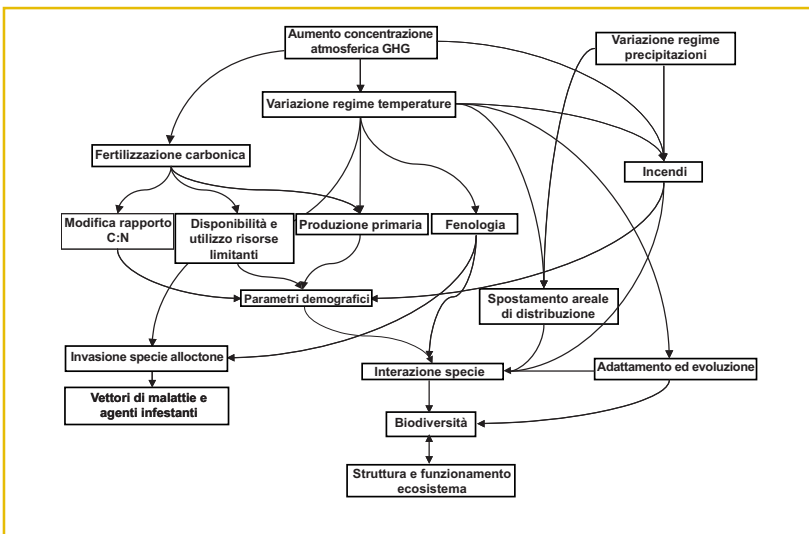


Figura 4.2 – CATENA DEI POSSIBILI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA VEGETAZIONE

Sono molteplici le modalità e i percorsi con cui un aumento della concentrazione di gas serra in atmosfera può in ultima analisi influenzare la sopravvivenza delle specie e la ricchezza delle comunità ecologiche. Il mantenimento della salute dei nostri ecosistemi è fondamentale, non solo per il valore intrinseco della biodiversità, ma anche perché essi svolgono funzioni e servizi (come la protezione dell'erosione, l'impollinazione, la produzione di biomassa, la resistenza all'invasione di specie non native) che concorrono al benessere della vita umana.

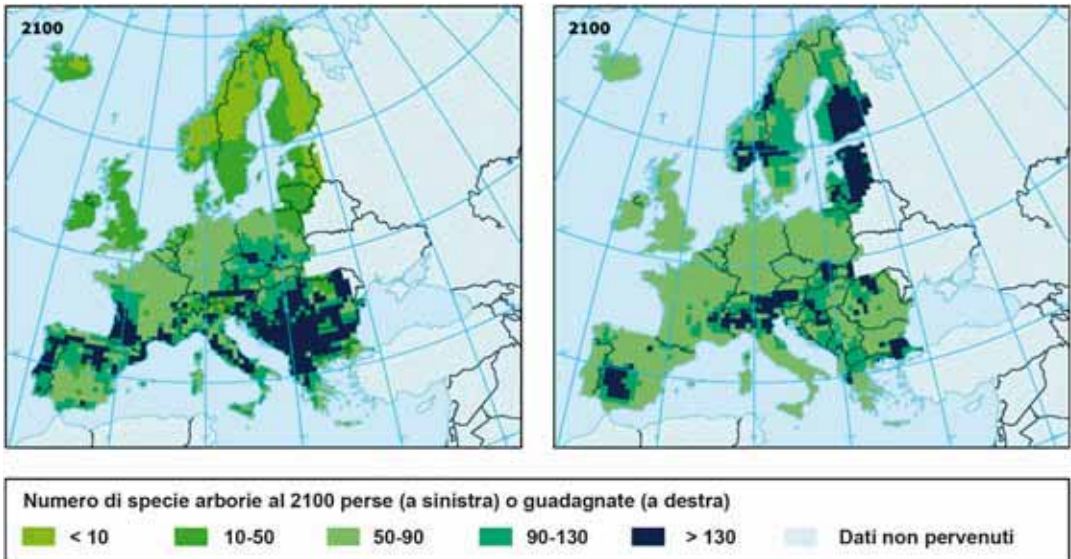


Figura 4.3 – VARIAZIONE DEL NUMERO TOTALE DI SPECIE ARBOREE AL 2100 RISPETTO AL 1995

Il regime climatico influenza la distribuzione spaziale di una specie attraverso le soglie fisiologiche di tolleranza a intervalli di temperatura e di altre variabili meteo-climatiche. In risposta ai cambiamenti climatici, l'areale di distribuzione potenziale delle specie, in funzione del solo clima, si sposta verso latitudini e altitudini maggiori (Parmesan e Yohe, 2003). Poiché l'areale di distribuzione di molte specie animali è strettamente legato a quello di una particolare tipologia vegetazionale, lo spostamento dell'areale dipenderà anche dallo spostamento della vegetazione. Comunità composte da specie con differenti capacità di dispersione possono non essere in grado di traslare interamente. Questo può rendere entrambe le comunità di origine e di destinazione vulnerabili e può causare l'estinzione di alcune specie. In risposta alle nuove condizioni climatiche imposte dal riscaldamento globale le specie potranno essere in grado di adattarsi, oppure di spostarsi per rimanere alle stesse condizioni climatiche oppure saranno destinate all'estinzione, con conseguenze sulla biodiversità. La figura mostra l'impatto dei cambiamenti climatici sul numero di specie arboree al 2100 perse (sinistra) o guadagnate (destra) rispetto al 1995; lo scenario prevede un aumento della temperatura di 3,1°C rispetto al 2000. (Fonte: EEA European Topic Centre on Air and Climate Change, 2007; <http://www.eea.europa.eu>; Copyright EEA, Copenhagen, 2007) (La foto in alto di *Ranunculus glacialis* è dell'Archivio Parco dell'Adamello)

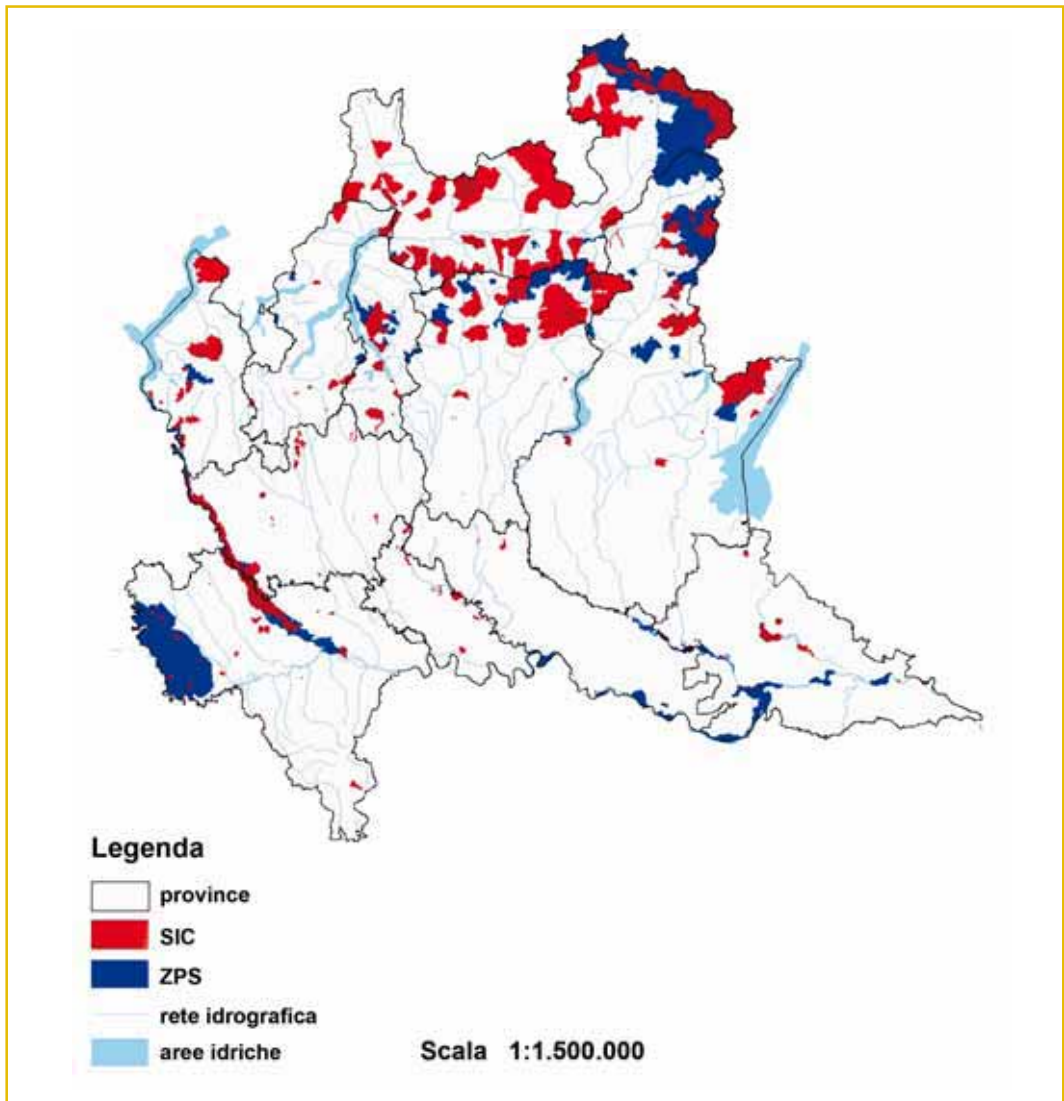


Figura 4.4 – LA RETE NATURA 2000 DI ZPS E SIC IN LOMBARDIA

La mappa mostra i siti della Lombardia appartenenti alla rete ecologica europea “Natura 2000”, istituita dalla Direttiva Habitat (Direttiva 92/42/CEE). La rete è costituita da un complesso di siti caratterizzati dalla presenza di habitat e specie sia animali e vegetali, di interesse comunitario; tutti i siti, insieme alle altre aree protette, costituiscono un unico sistema di cui fanno parte anche quei territori che collegano ambiti naturali distanti spazialmente, ma vicini per funzionalità ecologica. Le Zone a Protezione Speciale (ZPS, in blu) sono istituite per tutelare i siti in cui vivono le specie ornitiche contenute nell'allegato 1 della Direttiva Uccelli (79/409/CEE). I Siti di Importanza Comunitaria (SIC, in rosso) sono istituiti ai sensi della Direttiva Habitat al fine di contribuire a mantenere o a ripristinare un habitat naturale o una specie (Direttiva 92/43/CEE). Le ZPS sono istituite anche per la protezione delle specie migratrici non riportate, con particolare riferimento alle zone umide di importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar. Come si può osservare dalla mappa, i siti di interesse sono presenti soprattutto in aree montane, particolarmente vulnerabili al riscaldamento globale.

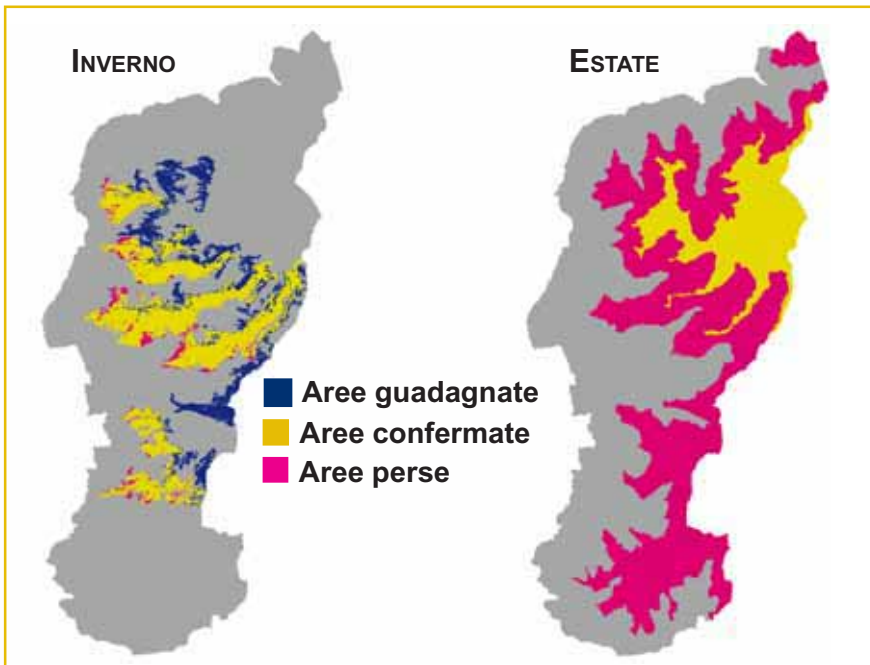


Figura 4.5 – PERDITA DI VOCAZIONALITÀ DI HABITAT PER LO STAMBECCO NEL PARCO DELL'ADAMELLO

I cambiamenti climatici influenzeranno la distribuzione e la consistenza della popolazioni come mostra in via preliminare l'analisi svolta sugli stambecchi (Capra ibex ibex) presenti nel Parco dell'Adamello. La mappa di sinistra mostra come varierà la vocazionalità faunistica invernale dello stambecco nel Parco dell'Adamello al 2050 rispetto alle condizioni del periodo 1961-1990; la mappa di destra mostra invece come varierà la vocazionalità faunistica estiva. Sono colorate in giallo le aree che restano vocate anche in futuro, in magenta le aree perse e in blu quelle guadagnate. Le mappe rappresentano l'impatto dei cambiamenti climatici previsti dallo scenario emissivo A2 e dal modello climatico HadCM3 al 2050 (aumento della temperatura di circa 2°C in inverno e di circa 4°C in estate). Si può osservare come il riscaldamento globale migliori le condizioni climatiche invernali dello stambecco: l'habitat a disposizione infatti aumenta. In estate invece l'aumento delle temperature provoca una riduzione consistente dell'habitat potenziale. (Foto: Massimo Ragusa)

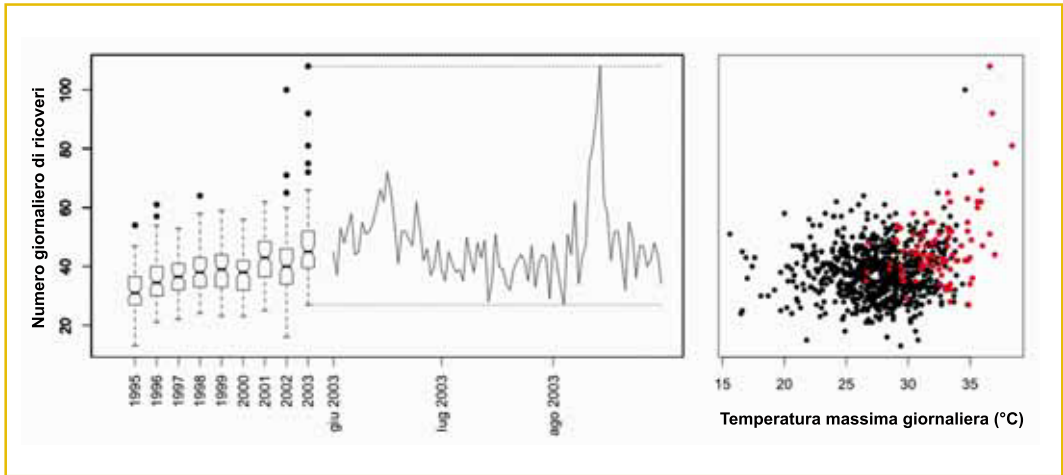


Figura 4.6 – NUMERO DI AMMISSIONI OSPEDALIERE NELL'ESTATE DEL 2003

Il numero di ammissioni ospedaliere durante la lunga estate calda del 2003, con temperature per diverse settimane di 3 o 4 gradi centigradi al di sopra della media stagionale, è stato decisamente superiore a quello degli anni precedenti. Il grafico di destra mostra la relazione fra temperatura massima giornaliera e numero di ricoveri ospedaliere. Nonostante un notevole livello di dispersione dei dati, è evidente la crescita del numero di ricoveri per temperature superiori ai 35°C.

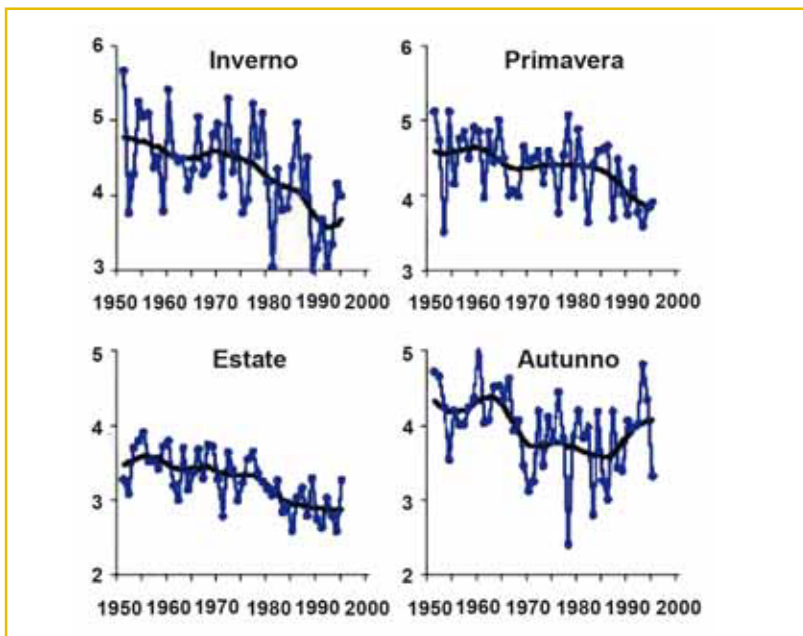


Figura 4.7 – COPERTURA NUVOLOSA MEDIA STAGIONALE NEL NORD ITALIA DAL 1950 AL 2000

Le curve nere mostrano l'andamento medio nel tempo smussato con un filtro gaussiano applicato su una finestra di 11 anni. Si osserva una chiara tendenza alla diminuzione della copertura nuvolosa in inverno, primavera ed estate, segno di una tropicalizzazione del clima italiano. In condizioni di più marcato irraggiamento solare, l'inquinamento fotochimico (in particolare da ozono) è favorito. Il Progetto Kyoto Lombardia ha dimostrato che, in presenza di ozono, si registra una debole ma significativa diminuzione dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte delle piante. (Fonte: Maugeri et al., 2001)

	Fabbisogno Irriguo	Possibilità di adattamenti agronomici e culturali	Variazione dei costi di produzione	Effetto sulle rese
Riso	alto	nessuno	limitata	nullo
Erba medica	medio	diversi	media	medio
Frumento tenero	nullo	nessuno	nessuna	medio-alto
Orzo	nullo	nessuno	nessuna	medio-alto
Erbai	medio	pochi	limitata	medio-alto
Vite da vino	medio	diversi	media	medio-alto
Mais	alto	diversi	media	alto
Pomodoro	alto	diversi	alta	alto
Melone	alto	diversi	alta	alto

Tabella 4.1 – VALUTAZIONE DELLA SENSIBILITÀ DELLE PRINCIPALI COLTURE LOMBARDE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI
In Pianura Padana il clima è diventato favorevole alla produzione di grandi quantità di pomodoro e di grano duro per la pasta. Con il possibile aumento di frequenza dei fenomeni siccitosi e di stress termico, la produttività agricola ne risulterebbe minacciata.

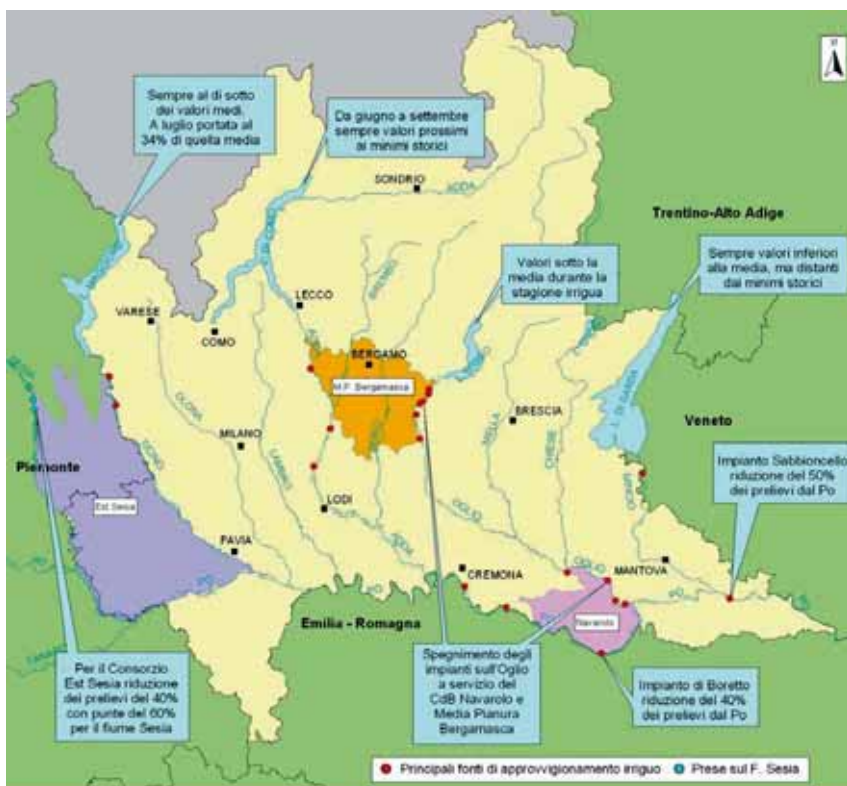


Figura 4.8 – APPROVVIGIONAMENTI IRRIGUI E CONSUMI IDRICI IN LOMBARDIA
Elevati livelli di consumo, sistemi di irrigazioni non ottimali, perdite dal sistema di distribuzione. Questi problemi, che purtroppo si presentano con regolarità nella nostra regione, si sommano alla riduzione delle precipitazioni causata dai cambiamenti climatici provocando la diminuzione delle portate nella rete idrica superficiale e dei livelli delle falde acquifere e un deficit idrico sistemico fra domanda e disponibilità col conseguente acutizzarsi dei conflitti per la risorsa acqua.