CIVILTÀ GARDESANA
STUDI ED ESPERIENZE
14

CAMBIAMENTI CLIMATICI E PROSPETTIVE FUTURE PER IL BACINO GARDESANO

COMUNITÀ DEL GARDA

EuLakes

Il progetto è sostenuto dal CENTRAL EUROPE Programme cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR)
This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF
CENTRAL EUROPE COOPERATING FOR SUCCESS.
EUROPEAN UNION EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

CIVILTÀ GARDESANA

STUDI ED ESPERIENZE

14

L'ipotesi di una civiltà gardesana possiede sicuramente radici ben attendibili. Esse affondano di certo nella preistoria e in quei complessi dinamismi delle popolazioni protostoriche che trovarono sulle sponde del Benàco l'occasione per insediare comunità umane caratterizzate e accomunate da un ambiente tutto particolare, ben distinto dalle selve padane e dalle asperità alpine.

Nei tempi storici la civiltà benacense consolidò una sua precisa identità sociale, culturale e territoriale, esaltandosi non di rado dalle turbinose vicende che percuotevano l'Europa.

Ed è proprio in relazione all'Europa - e quindi a tutta la nostra civiltà occidentale - che il Garda è venuto costantemente assumendo, sino dall'età moderna, un ruolo di riferimento, quasi che la sua configurazione territoriale e culturale potesse conciliare le genti mediterranee con le stirpi nordiche, la fantasia latina con il sassone e il goto rigore.

Soltanto all'inizio di questo secolo - quando una cultura prevalentemente cittadini è diventata vincente sulla cultura dei pagi - l'immagine di una civiltà del Garda è sembrata velarsi e rallentare l'incedere nei confronti della più invadente e rapida civiltà urbana, con i suoi artifici e i suoi vessilli.

Questa Collana desidera testimoniare e riaffermare la cultura di questo Lago così unico e così universalmente europeo nella totalità delle sue espressioni più genuine, come ipotesi di una Civiltà Gardesana non soltanto passata o larvatamente presente, quanto soprattutto futura, perché quotidianamente feconda.

CIVILTÀ GARDESANA

STUDI ED ESPERIENZE

CAMBIAMENTI CLIMATICI E PROSPETTIVE FUTURE PER IL BACINO GARDESANO

a cura di:
Filippo Cantoni e Nicola Gallinaro

coordinamento:
Pierlucio Ceresa

COMUNITÀ DEL GARDA

2013

© Tutti i diritti riservati
Comunità del Garda - via dei Colli, 15 - 25083
Gardone Riviera (BS) - Tel. 0365 290411 - Fax 0365 290025
www.lagodigarda.it
e-mail: info@lagodigarda.it
Collaborazione redazionale: Elisa Carturan, Elisabetta Bonzanini
Fotografie: Archivio della Comunità del Garda, Bamsphoto, C. Cantoni, N. Belloni, E. Bonzanini.
Stampa - Ediguida srl - Cava de' Tirreni (SA)

INDICE

1. Introduzione	Pag.	8
2. Lo studio dei cambiamenti climatici	"	11
2.1. I Modelli di Circolazione Globale (GCMs)	"	13
2.2. I Modelli di Circolazione Regionale (RCM)	"	15
4. Modelli climatici nel progetto EuLakes	"	17
3.1. Selezione dello scenario IPCC	"	17
3.2. Il Modello di Circolazione Globale ECHAM5	"	19
3.3. Il Modello di Circolazione Regionale Cosmo-CLM	"	21
3.4. Preparazione dei dati	"	22
4. Scenari climatici per il Lago di Garda	"	36
4.1. Temperatura	"	37
4.2. Precipitazioni	"	39
4.3. Periodi siccitosi	"	42
4.4. Ondate di calore	"	45
4.5. Eventi estremi	"	47
4.6. Vento	"	49
4.7. Conclusioni	"	49
5. Effetti dei cambiamenti climatici nel contesto gardesano	"	51
5.1. Principali impatti climatici sul Lago di Garda	"	52
5.2. Il progetto EuLakes e l'accessibilità dei dati: l'EuLakes webGIS	"	62
6. Bibliografia	"	66
Appendice A: Contratto di Lago	"	76
Appendice B: Selezione delle misure di mitigazione	"	81



Alba gardesana presso la Rocca di Manerba, BS (foto: Nicola Belloni).

Un importante traguardo raggiunto per il futuro del nostro lago

Sono lieto di presentare il tredicesimo e quattordicesimo numero della ultratrentennale collana Civiltà Gardesana, studi ed esperienze.

Le due pubblicazioni si prefiggono di fornire al lettore circostanziate informazioni sullo stato di salute del Garda e sul tema dei cambiamenti climatici e dei loro possibili effetti all'interno del nostro bacino. Il lavoro parte dai risultati del progetto europeo Eulakes che ha visto la Comunità del Garda capofila di un prestigioso partenariato internazionale.

Siamo giunti alla fine, dopo 3 anni di intenso lavoro, di incontri e confronti svoltisi nei 4 laghi coinvolti, di scambi epistolari, e telefonici, convegni specifici e di settore. Un'esperienza unica e avvincente, di cooperazione internazionale su tematiche attuali e decisive per gli anni futuri e per le prossime generazioni.

Protagonisti i 4 laghi - il Balaton (H), il Charzykowsie (PL), il Garda (IT) e il Neusiedl (A) – il loro sviluppo e la fruibilità delle loro acque, l'equilibrio del loro ecosistema.

Non è facile lavorare insieme, ma sicuramente arricchente e produttivo.

In qualità di Lead Partner, la Comunità del Garda desidera ringraziare tutti quanti hanno fattivamente collaborato e direttamene lavorato all'ambizioso progetto Eulakes - *European Lakes Under Environmental Stressor*: le difficoltà e le criticità consone e naturali in un progetto di così ampio spessore e valenza sono state superate e hanno consentito di conseguire risultati importanti per lo sviluppo futuro del lago di Garda. Grazie!

Giorgio Passionelli
Presidente della Comunità del Garda

1. Introduzione

I cambiamenti climatici in atto sono tra i fattori maggiormente responsabili delle profonde alterazioni trofiche ed ecologiche subite da molti laghi europei negli ultimi decenni. Inoltre, anche l'inquinamento dovuto alle attività umane a partire dagli anni '50 ha alterato le caratteristiche ambientali di questi ecosistemi.
È diventata perciò sempre più pressante la necessità di capire come si debba intervenire per far fronte a questi rischi ambientali e sviluppare delle linee guida a livello europeo per una gestione sostenibile della risorsa idrica.
Il desiderio di sviluppare una strategia comune di gestione dei laghi che comprendesse non solo la cuvetta lacustre ma tutto il bacino imbrifero, ha indotto 9 diversi partner europei, provenienti dall'Italia, dall'Austria, dalla Polonia e dall'Ungheria, a cooperare dando origine al progetto EULAKES: *European Lakes under Environmental Stressors* (*Supporting lake governance to mitigate the impact of climate change*) (progetto Nr. 2CE243P3). EULAKES ha avuto durata triennale (2010-2013) ed è stato finanziato dal Programma Central Europe (fondi ERDF).
In Italia i partner coinvolti sono stati la Comunità del Garda, capofila del progetto, l'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA) di Trento, la fondazione Edmund Mach (IASMA FEM) e il CNR-IREA.
Complessivamente il progetto è stato incentrato su quattro dei più importanti laghi d'Europa: il lago di Garda (I), il lago Neusiedl (A), il lago Balaton (H) e il lago Charzykowskie (PL) (Figura 1). In ognuno dei quattro ambienti sono state sviluppate delle azioni comuni e delle attività di ricerca specifiche quali:

- il monitoraggio della qualità chimico-fisica dei laghi e dei bacini e lo sviluppo di nuovi metodi di controllo e analisi ambientale;
- il miglioramento della conoscenza dello stato ecologico, attuale e passato, dei laghi e lo studio della loro potenziale evoluzione sul lungo periodo, in funzione dei cambiamenti climatici;
- l'implementazione di specifiche azioni pilota (per evidenziare in ognuno dei quattro corpi idrici l'effetto dell'impatto antropico e dei cambiamenti climatici).

Figura 1. Localizzazione dei 4 laghi di studio di EULAKES.



Nel complesso il progetto EULAKES ha beneficiato della sinergia tra i diversi gruppi di ricerca, le amministrazioni, gli enti di gestione e le popolazioni locali, coinvolti nelle diverse fasi del progetto.

Grazie all'approccio transfrontaliero e all'analisi non solo del contesto ambientale ma anche delle componenti economiche e sociali, i risultati emersi da EULAKES hanno dato origine a delle linee guida comuni che potranno essere efficacemente applicate per contrastare i molteplici effetti dell'impatto antropico sullo stato di salute e l'evoluzione dei laghi europei.

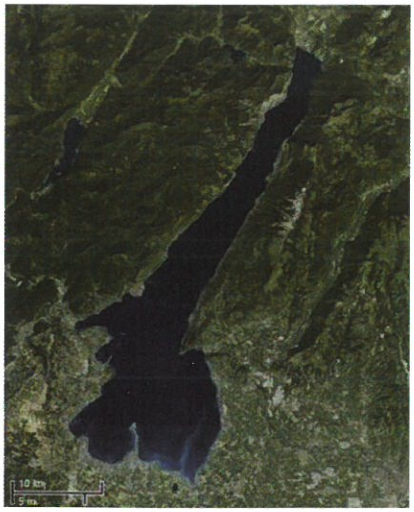


Figura 2. Il lago di Garda.

Il numero 14 della Collana Civiltà Gardesana ha come tema principale lo studio dei cambiamenti climatici nel bacino del Lago di Garda partendo dai risultati del progetto Eulakes, svoltosi nel triennio 2010-2013 sotto il coordinamento della Comunità del Garda.

L'Austrian Institute Technology, eminente istituto di ricerca austriaco, ha condotto alcune analisi volte ad indagare la più probabile evoluzione dei parametri climatici nei prossimi decenni fino alla fine del secolo. Si è cercata una chiave di lettura al tema dei cambiamenti climatici, tentando di comprendere, in concreto, quali potrebbero essere i principali aspetti e rischi che il Lago di Garda e gli altri tre laghi partner di progetto (Neusiedl, Balaton e Charzykowskie) dovranno gestire nel futuro prossimo. Questa pubblicazione vuol fornire al lettore un primo approccio al tema del cambiamento climatico, seppur basilare e teorico, arricchendo la trattazione con i dati emersi dalle elaborazioni condotte nell'ambito del progetto. Si tratta di previsioni condotte con rigore e metodologia scientifica che non hanno tuttavia la pretesa di essere dati assoluti: i modelli climatici si basano su sistemi complessi caratterizzati da un gran numero di interdipendenze che spesso sono sconosciute. La conoscenza di questi processi può tuttavia dare maggior chiarezza ad un argomento spesso confuso e indefinito come quello degli scenari climatici del futuro. Grazie a queste ricerche sarà possibile tracciare, anche sommariamente, la strada verso cui il Garda sta andando incontro, per agire ove necessario a vantaggio della conoscenza della comunità benacense e delle generazioni del domani.

Figura 3. Tramonto sul Garda (fotografia: Nicola Belloni).



2. Lo studio dei cambiamenti climatici

Analizziamo, in breve, lo studio dei cambiamenti climatici prendendo come caso concreto il lavoro condotto nel bacino del Lago di Garda. I testi di riferimento sono quelli redatti da J. Züger e M. Knoflacher, climatologi dell'Austrian Institute Technology, che hanno curato le ricerche nel bacino benacense e negli altri tre laghi coinvolti nel progetto EuLakes: il Balaton (H), il Neusiedl (A) e il Charzykowskie (P).

Lo studio dei cambiamenti climatici si basa sul concetto di "modello climatico" (o di circolazione atmosferica). Un modello climatico sintetizza, su scale di varia ampiezza e con diverso grado di dettaglio, i processi climatici che si realizzano in una determinata area. L'impostazione e la successiva analisi dei modelli climatici consentono di predire le più probabili condizioni climatiche di lungo periodo per una determinata area d'indagine. Grazie a questi studi è possibile cioè guardare avanti nel futuro, facendo previsioni sull'entità del cambiamento che riguarderà il clima della Terra. Con l'aumento delle emissioni gassose e la diminuzione del volume di ghiaccio Artico l'utilizzo dei modelli climatici per la previsione degli scenari futuri diventa ancora più significativo.

Essi possono fornire risposte a domande come "Quali potranno essere le differenze di temperatura/precipitazioni da aspettarsi in diverse regioni confrontando gli ultimi dieci anni e il periodo 2040-2050?"

Tali informazioni sono utili per identificare le specie sensibili o i processi ecosistemici per individuare le misure di adattamento più appropriate.

La selezione delle caratteristiche e le assunzioni alla base del modello necessitano di attenta valutazione poiché da esse dipende il grado di attendibilità dello studio. Una grande sfida nel campo della modellazione climatica è proprio quella di riuscire ad includere tutti gli svariati processi che si verificano realmente nel territorio oggetto di analisi e per questo motivo si impiegano modelli climatici con scale di risoluzione diverse, facendoli interagire tra loro. Esistono modelli di "circolazione globale" più generali, che tengono conto dei fattori climatici (temperatura, precipitazioni, umidità, vento..) per vaste aree del globo, e modelli di "circolazione regionale" che analizzano con grado di dettaglio maggiore i processi relativi ad una certa regione o ad un contesto territoriale circoscritto, prendendo in considerazione, oltre agli aspetti meteorologici, anche le caratteristiche geo-morfologiche locali.

Un altro aspetto importante di cui tenere conto per la definizione degli scenari climatici sono gli impatti causati dalle attività umane, come ad esempio le emissioni

di gas serra (GHG o Greenhouse Gas). L'International Panel on Climate Change, foro scientifico delle Nazioni Unite, ha messo a punto alcuni "scenari" che simulano il tasso di emissione di gas serra sulla base delle scelte di sviluppo attuate a livello globale e dell'efficienza delle misure di mitigazione in corso di discussione. Alcuni sono "pessimistici" e descrivono tassi di emissione sempre maggiori, altri "ottimistici", altri intermedi. E' così possibile delineare trend di cambiamento differenti e confrontare situazioni anche opposte per misurare le possibili riposte del pianeta al cambiamento climatico in corso.
L'interazione fra i modelli di circolazione atmosferica con gli scenari di emissione permette di definire quindi con maggiore attendibilità i quadri climatici di lungo periodo.

Figura 4. Lago di Garda: nuovole al tramonto, Gardone-Riviera (foto: Carlo Cantoni).



2.1. Modelli di Circolazione Globale (GCM)

I Modelli di circolazione globale (GCMs, o *Global Circulation Models*), come i modelli regionali, sfruttano equazioni matematiche per descrivere come l'atmosfera, gli oceani, la terra, il ghiaccio, l'energia solare, la biocenosi si influenzano vicendevolmente e influiscono sul clima terrestre.
Esistono vari tipi di modelli, alcuni più semplici, altri molto complessi, che tengono conto di fattori atmosferici, biosferici, geosferici, idrosferici e criosferici eseguendo calcoli, per mezzo di potenti elaboratori, su tutto il sistema terrestre. Essi valutano le interazioni esistenti tra le varie componenti del pianeta, sistema complesso e con svariate interdipendenze spesso sconosciute. Il modello può descrivere per esempio come il vento influenza il trasporto di tempeste da una zona all'altra, come le correnti oceaniche distribuiscano la quantità di calore nell'atmosfera, e come la crescita delle piante influisca sulla quantità di biossido di carbonio nell'aria. Ciò aiuta a capire come funziona il clima della Terra e come esso possa cambiare.
Tutti i modelli climatici si fondano su alcune assunzioni relative al "funzionamento" della Terra, ma in generale è il numero di componenti analizzate a determinarne la complessità.
I modelli applicano una griglia virtuale alla terra, oceani ed atmosfera, ovvero un reticolo di "celle" (o *grid,* figura 5) per stabilire i luoghi in cui effettuare i calcoli; quindi misurano nel tempo e per ogni cella, ad intervalli prestabiliti e sulla base di precedenti considerazioni (evoluzione dei gas serra, aerosol,..), i valori di alcune caratteristiche di interesse per quel modello (temperature, umidità, velocità del vento, pressione), profilandone così l'evoluzione. Le misure avvengono nei quattro angoli del grid. Un tipico modello climatico potrebbe avere celle con una dimensione di circa 100 km di lato. Ogni angolo della cella rappresenta perciò una "stazione meteo" virtuale in cui vengono effettuate le misure, così che, seguendo l'esempio, ogni 100 km conosceremo i valori di temperatura, vento, umidità e così via della "stazione".
I Modelli di Circolazione Globale possono essere generati con risoluzioni più alte o più basse. Le celle della griglia possono essere ridotte a 50 km, aumentando così il numero di celle che copre la superficie della Terra e accrescendo la risoluzione, o potrebbero essere ingrandite a 200 km, diminuendo il numero di grid e riducendo la risoluzione. Maggiore è il numero di celle, più alto sarà il tempo necessario al computer per elaborare i dati e quindi i costi, ma più dettagliate saranno le informazioni fornite.
Le griglie per modelli atmosferici (compresi i modelli climatici) hanno tre dimensioni: in lunghezza, in larghezza e in altezza, ovvero si estendono verso l'alto attraverso la nostra atmosfera. Ogni griglia sorpassa alcuni "strati di aria", posti sopra la superficie terrestre - come un mucchio di coperte che coprono la terra, uno

sull'altro. Ogni strato può essere definito in base al suo spessore (in piedi o in metri) o in base al gradiente di pressione atmosferica. Gli strati verticali possono essere distanziati tra loro con intervalli di un km, molto più breve rispetto agli intervalli di 100 km usati per la spaziatura orizzontale. Nei modelli più recenti generalmente si contano da 20 a 50 strati verticali. Anche ai quattro angoli di ognuno degli strati verticali il computer effettuerà le misurazioni svolte sulla superficie terrestre.
Oltra alla "risoluzione spaziale", rappresentata dal numero di celle del reticolo virtuale, un altro elemento importante è la "risoluzione temporale".
La risoluzione temporale è l'intervallo di tempo a cui viene ripetuta la misurazione. Essa dipende dalla dimensione del reticolo: reticoli più fini richiedono intervalli di tempo più corti tra una misurazione e l'altra. Tipicamente i modelli adottano intervalli di 30 minuti, per cui nel "pianeta modellato" le proprietà atmosferiche vengono calcolate ogni mezz'ora: per studi climatici estesi a 100 anni vengono quindi effettuate 1.753.152 misurazioni per ogni uno dei punti del reticolo. Si tratta di operazioni davvero complesse.

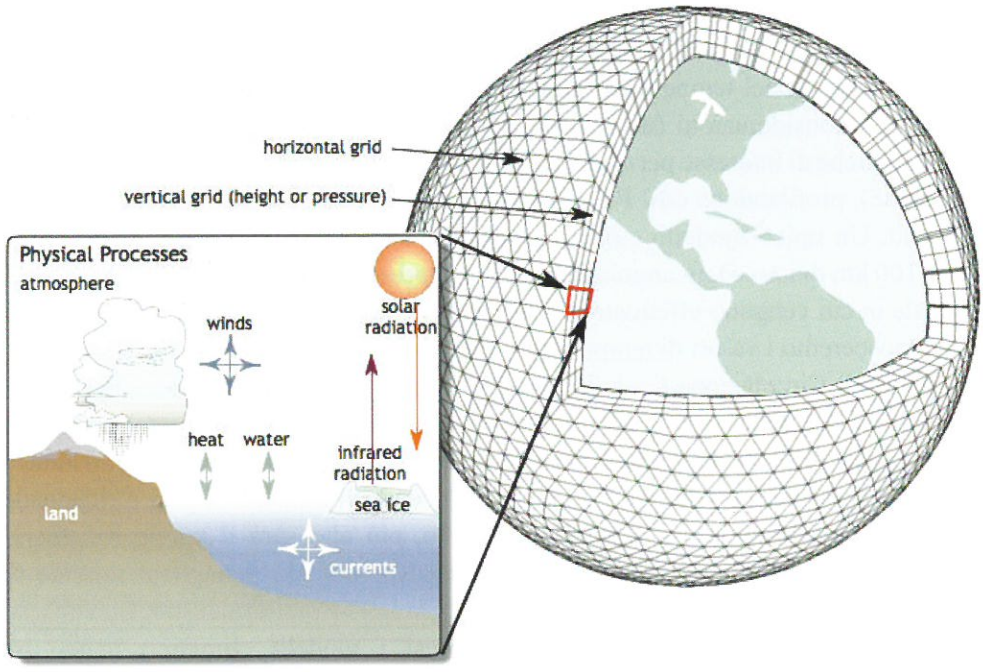


Figura 5. Modello di circolazione globale, schema (fonte cmmap.org).

2.2. Modelli di Circolazione Regionale (GCM)

I Modelli di Circolazione Globale permettono di fare previsioni sull'andamento climatico di vaste aree del pianete. Simulare il cambiamento climatico a livello regionale e nazionale è tuttavia fondamentale per avere informazioni più precise sui fenomeni attesi in aree più limitate, come può essere appunto una regione o un singolo stato. Le informazioni sono essenziali non solo per la comunicazione ma soprattutto per improntare le politiche e giustificare l'attuazione di misure di mitigazione o adattamento, a volte impopolari ma necessarie per arginare i pericoli climatici. Comprendere l'andamento climatico locale è inoltre prezioso per la ricerca sul clima a livello globale: alcuni processi che avvengono localmente possono avere ripercussioni su scala planetaria (es. lo scioglimento dei ghiacciai che causa il generale aumento del livello dei mari; le eruzioni vulcaniche,..).
La tecnica generalmente utilizzata per ottenere informazioni di dettaglio superando la risoluzione spaziale grossolana dei Modelli di Circolazione Globale è quella della modellazione nidificata, ovvero della creazione di un modello con una scala più bassa, ad esempio regionale, a partire da un modello di scala più vasta, come quello globale. Vengono quindi mantenute le assunzioni alla base del GCM e le sue caratteristiche peculiari, mentre si vanno ad analizzare più in dettaglio i processi che avvengono a livello locale. Si crea un Modello di Circolazione Regionale (o RCM). Ciò comporta il collegamento di modelli di scale diverse all'interno di un modello globale ("nidificazione") per fornire un'analisi sempre più dettagliata delle condizioni locali. I modelli climatici regionali (RCM) sono integrati all'interno del Modello di Circolazione Globale, hanno risoluzioni spaziali orizzontali tra i 10 e i 50 chilometri e una risoluzione più alta degli strati atmosferici, in particolare in quelli più bassi. Le influenze dell'orografia e le caratteristiche fisiche della copertura del suolo vengono in essi considerati per il ridimensionamento del Modello di Circolazione Globale.

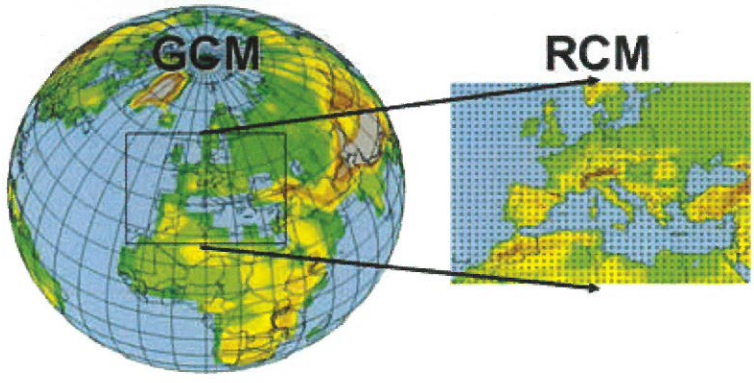


Figura 6. Modello di circolazione regionale, schema (fonte cmmap.org).

Gli RCM forniscono quindi scenari climatici con una maggiore risoluzione spaziale, ma non migliorano la precisione complessiva dei risultati GCM. Tuttavia con scenari climatici ad una risoluzione spaziale più elevata è possibile analizzare i potenziali impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e sulle attività di uso del suolo, stimolando la discussione degli stakeholder circa le misure di adattamento.

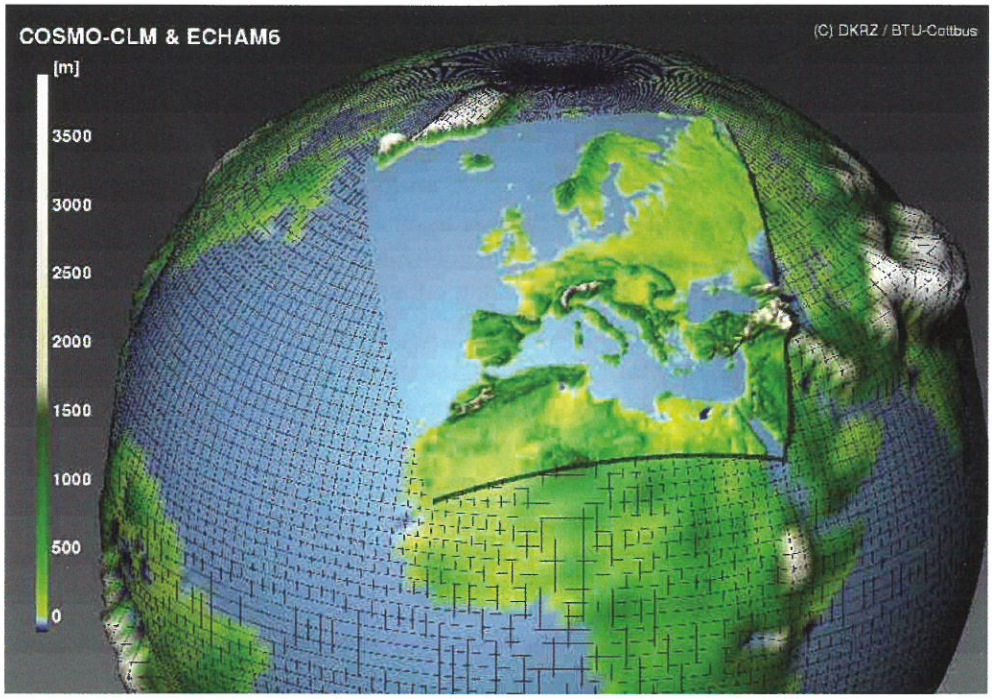


Figura 7. Area del RCM Cosmo-CLM, utilizzato dal progetto EuLakes (fonte clm-community.eu).

3. I modelli climatici nel progetto EuLakes

Con il progetto europeo Eulakes si è cercato di indagare l'evoluzione climatica nell'orizzonte temporale del primo secolo del 2000. Per stimare i possibili effetti dei cambiamenti climatici attesi al 2100 è fondamentale, come detto, scegliere uno "scenario" adeguato. Il forum intergovernativo sui cambiamenti climatici dell'ONU (IPCC, International Panel on Climate Change) ha messo a punto una serie di scenari basati su alcune ipotesi di sviluppo delle tecnologie e della società. L'Austrian Institute Technology, d'accordo con il partenariato di Eulakes ha scelto di utilizzare lo scenario A1B: esso può definirsi "scenario prudenziale" poiché presenta un aumento moderato di Green House Gas (GHG, o gas serra) e si trova nel centro rispetto alle altre ipotesi contemplate.
Sono stai poi selezionati un modello di circolazione globale (GCM) e un modello di circolazione regionale (RCM) che verranno presentati nei prossimi capitoli.

3.1 Selezione dello scenario di sviluppo dell'IPCC

Come accennato in precedenza la selezione dello scenario definito dall'IPCC è il primo importante passo per la stima dei segnali di cambiamento climatico. Gli scenari della "famiglia A1", scelti nell'ambito del progetto, si sviluppano partendo da alcuni presupposti per il prossimo futuro:

- crescita economica molto rapida a livello globale;
- picco di crescita della popolazione mondiale intorno alla metà del secolo, e successivo declino;
- rapida introduzione di tecnologie nuove e più efficienti.

I temi principali che sottendono a questo scenario riguardano:

- convergenza tra le varie regioni del mondo;
- sviluppo maggiore di capacità;
- aumento delle interazioni culturali e sociali;
- riduzione delle differenze regionali nel reddito pro capite.

La famiglia di scenari A1 sviluppa tre gruppi che descrivono direzioni alternative dei cambiamenti tecnologici nel sistema energetico.

Questi tre gruppi si differenziano in base all'utilizzo di tecnologie in campo energetico:

1. Scenario "fossile intensivo" - A1FI;
2. Scenario "fonti non fossili di energia" - A1T;
3. Scenario "equilibrato" (utilizzo di fonti in parte fossili e in parte non fossili) - A1B

Per lo sviluppo delle elaborazioni climatiche condotte dall'AIT si è scelto lo scenario A1B, in quanto equilibrato e "intermedio" rispetto a due situazioni estreme, l'una ottimistica e l'altra pessimistica (figura 8).

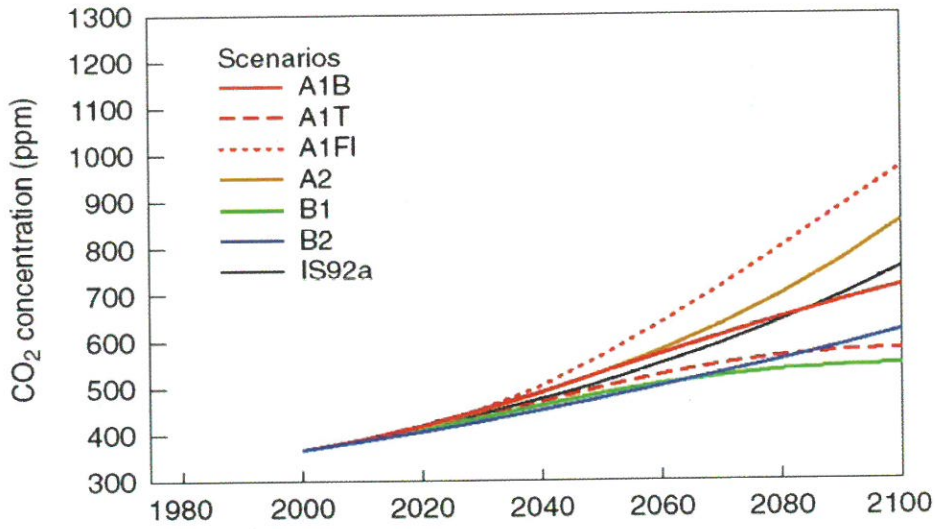


Figura 8. Scenari IPCC di emissione di CO2, in rosso continuo lo scenario A1B.

Lo scenario A1B presenta un moderato incremento di gas serra in atmosfera e si pone al centro delle varie possibilità delineate. Anche per quanto riguarda l'aumento delle temperature globali entro la fine del secolo, il range di incremento mostrato, tra +2°C e +2,5°C, sottolinea una posizione conservativa dello scenario selezionato dato che non tende ad alcun estremo, né al limite superiore, né al limite inferiore (figura 9).

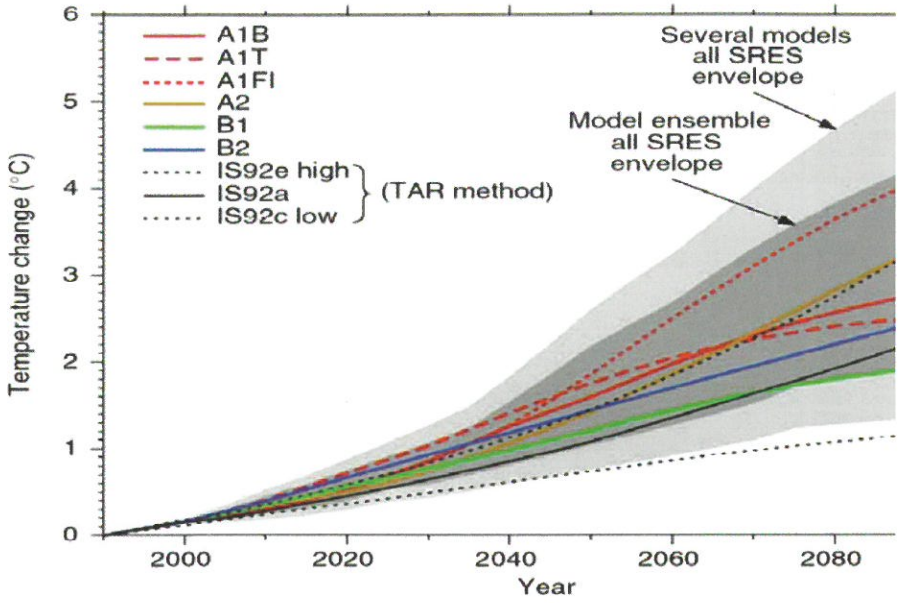


Figura 9. Evoluzione delle temperature in alcuni scenari IPCC, in rosso continuo l'A1B.

Al fine di completare le informazioni è stata presa in considerazione anche la famiglia di scenari B1 che descrive uno sviluppo demografico analogo a quello presentato nello scenario A1, ma con rapidi cambiamenti delle strutture economiche verso un'economia dei servizi e delle informazioni, con una riduzione dell'intensità di sfruttamento dei materiali, l'introduzione di tecnologie pulite e un uso efficiente delle risorse. Viene posta enfasi su soluzioni che mirano alla sostenibilità economica, sociale e ambientale, maggiore equità, ma fermando ulteriori iniziative d'intervento sul clima. Lo scenario B1 è molto ambizioso e mostra il più basso aumento delle concentrazioni di gas serra (figura 8). Pertanto, la temperatura globale stimata con questo scenario aumenta fino a sfiorare i +1,5° C, rimanere nettamente inferiore ai +2°C previsti per la fine del secolo (figura 9).

3.2 Il modello di circolazione globale ECHAM5

La seconda fase di selezione dello scenario riguarda la scelta del modello di circolazione globale, il GCM, che fornisce i dati di partenza, o dati guida, per le elaborazioni climatiche. E' stato selezionato il modello tedesco ECHAM5/MPI-OM (Röckner et al., 2003), anch'esso "prudenziale" e, per quanto riguarda gli aumenti

di temperatura prevista al 2100, è situato all'incirca all'estremità inferiore tra i vari modelli (figura 10).

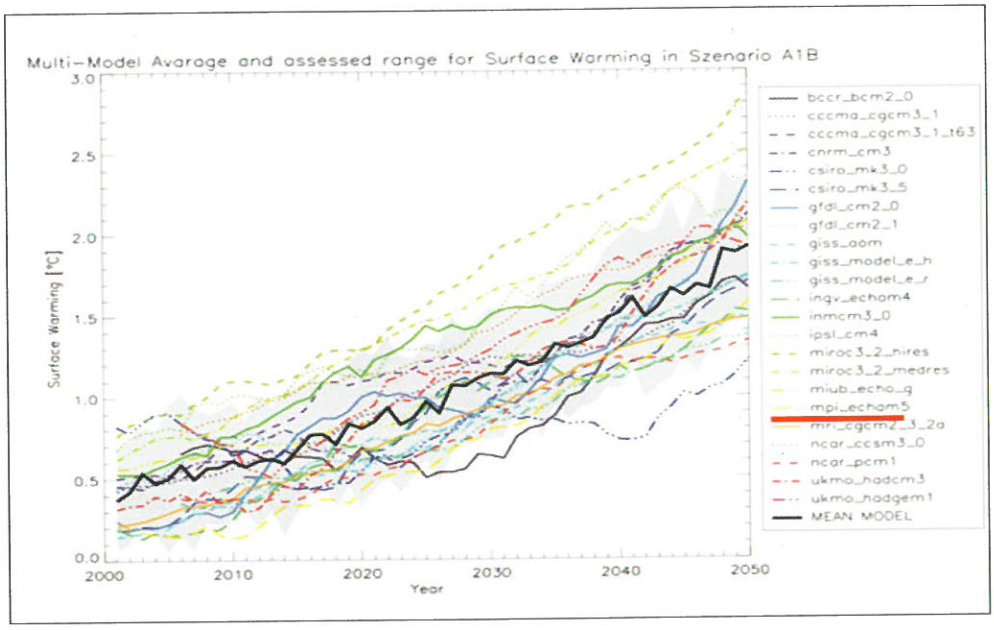


Figura 10. Incremento delle temperature globali secondo vari modelli di circolazione globale (GCMs), in accordo con lo scenario A1B. La linea gialla tratteggiata indica l'evoluzione delle temperature elaborate dal modello ECHAM5.

ECHAM è un modello di circolazione globale sviluppato dal Max Planck Institute for Meteorology, una delle organizzazioni di ricerca della Max Planck Society. E' stato creato modificando i modelli di previsione globale realizzati dall da modifiying modelli previsionali globali sviluppati da European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (o ECMWF) per essere utilizzato nella ricerca sul clima. Il nome del modello deriva da una combinazione tra il suo istituto d'origine ('EC' sta per 'ECMWF') e il luogo dove è stato creato, Amburgo (HAM). La configurazione di default del modello risolve l'atmosfera fino a 10 ettopascal, ovvero viene principalmente utilizzato per studiare l'atmosfera bassa, ma può essere riconfigurato a 0,01 hPa per un suo impiego nello studio della stratosfera e bassa mesosfera.
ECHAM5 studia diversi parametri fisici, tra cui:

- le radiazioni a onda corta/onda lunga e loro interazioni con le particelle chimiche dell'atmosfera, con l'aerosol e con le nubi;

- il sistema delle nubi stratiformi;
- i fenomeni di convezione alla base delle nubi cumuliformi;
- gli effetti dell'orografia su piccola scala;
- la diffusione orizzontale dell'energia;
- i flussi superficiali e la diffusione verticale dell'energia;
- i processi di superficie del terreno, come ad esempio il regime termico superficiale, le dinamiche energetiche dell'acqua, l'albedo;
- i parametri della superficie terrestre, tra cui ad esempio l'indice di area fogliare (LAI) (Roeckner E. et al. 2004).

Per ulteriori informazioni sul modello ECHAM5 si rimanda al sito: http://www.mpimet.mpg.de

3.3. Il modello di circolazione regionale Cosmo-CLM

La terza fase riguarda la scelta del modello di circolazione regionale, per avere dati a risoluzione più alta, necessari per le analisi regionali. Poiché le posizioni dei 4 laghi in esame sono distribuite su vasta area d'Europa è stato cercato un set di dati che coprisse tutta l'Europa centrale fornendo una risoluzione spaziale ragionevole. Questo criterio viene soddisfatto dal modello tedesco "*Consortial Runs*" (Hollweg, HD, 2008), ovvero dal modello di circolazione regionale Cosmo-CLM (www.clm-community.eu). Esso è costituito da una griglia di 257x271 celle con una risoluzione di 0,165 °, corrispondente a circa 18x18 km nella medie latitudini (figura 11).

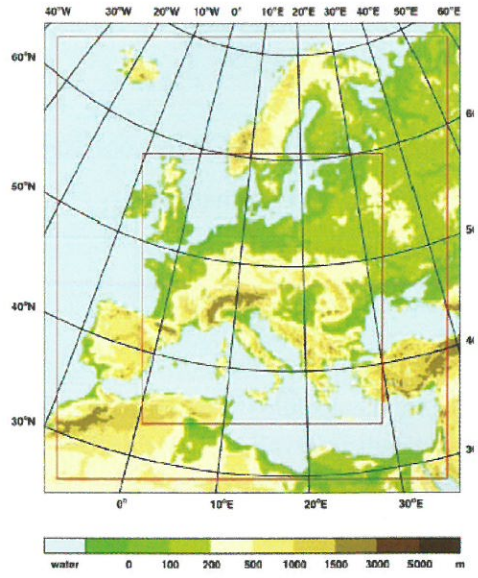


Figura 11. Dominio del modello CCLM Consortial Runs (257x271 cells, resolution: 0,165°).

Questo modello contiene i dati relativi alle misurazioni, in ogni punto della griglia, di parametri climatici come temperatura, precipitazione, neve, velocità del vento, radiazione, copertura nuvolosa, ecc. Esse sono conservate presso il Deutchland Climate Data Center (DKRZ) tramite l'Archivio sul Clima e Recupero Ambientale (CERA). I dati sono disponibili per ogni giorno, anche ad intervalli orari, in un lasso di tempo che parte dalle misurazioni effettuate nel 1961 e, grazie all'utilizzo di un algoritmo matematico, arriva al 2100, coprendo un orizzonte di circa 140 anni.

Cosmo-CLM è fornito inoltre dati supplementari che migliorano la risoluzione spaziale dello scenario climatico:

- Il set di dati "GLOBE" dalla Centro Nazionale di Geofisica tedesco che contiene, ad esempio, parametri come l'altezza geometrica della superficie terrestre o la pendenza media dell'orografia a livello locale, con una risoluzione di 30 secondi d'arco.

- Il database del Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea "Landcover 2000", che prevede parametri della copertura del suolo, della rugosità superficiale, della frazione di terreno coperto da vegetazione durante il periodo vegetativo e durante il resto dell'anno, la frazione di terreno coperto da foresta sempreverde e decidua, indice di area fogliare durante il periodo di vegetazione e durante il resto dell'anno, la profondità delle radici, l'emissività di onde lunghe superficiali con una risoluzione territoriale di 1x1 km . Per l'Europa viene utilizzato il set di dati CORINE Land Cover dell'Unione europea con una risoluzione di 250x250 m.

3.4. Preparazione dei dati

Dal database del Deutchland Climate Data Center sono stati estratti i seguenti dati:

- temperature min/medie/ max giornaliere;
- somma totale delle precipitazioni;
- ammontare delle precipitazioni nevose;
- velocità del vento.

Per ognuno di questi dati è stato calcolato l'ammontare e la media mensile, stagionale e per la stagione vegetativa dell'intervallo temporale 1961-2100, inoltre sono state ricavate le medie di temperatura e precipitazione per periodi trentennali (10 periodi): 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010,...,2071-2100).

In tal modo è possibile avere un idea più chiara circa la loro evoluzione nel tempo. Utilizzando il software GIS ARC/INFO si sono generate mappe della temperatura (figure 13 e 14) e della distribuzione delle precipitazioni sull'Europa, sia per il

passato che per il futuro (figure 15 e 16) . I rettangoli verdi visibili in tutte le figure mostrano la posizione dei quattro laghi.

Sulla base di questo mappe sono state calcolate le differenze tra gli scenari passati (1971-2000) e futuri (2001-2100) per estrarre i segnali di cambiamento climatico con andamento decennale (figure 17 e 18).

Figura 12. Lago di Garda visto dal Monte Pizzocolo, loc. Prae (foto: Carlo Cantoni).



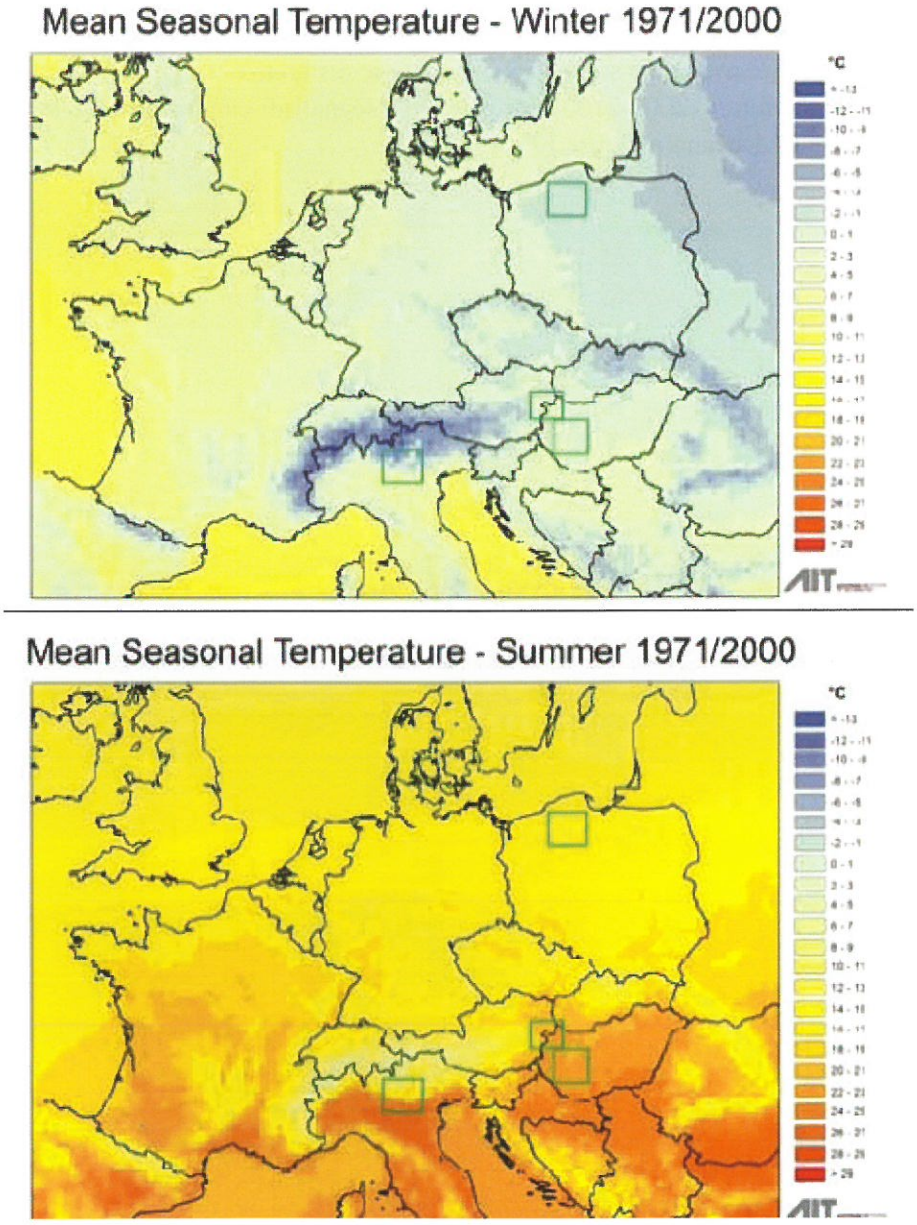


Figura 13.a Temperature medie stagionali del periodo di riferimento 1971/2000, inverno-estate.

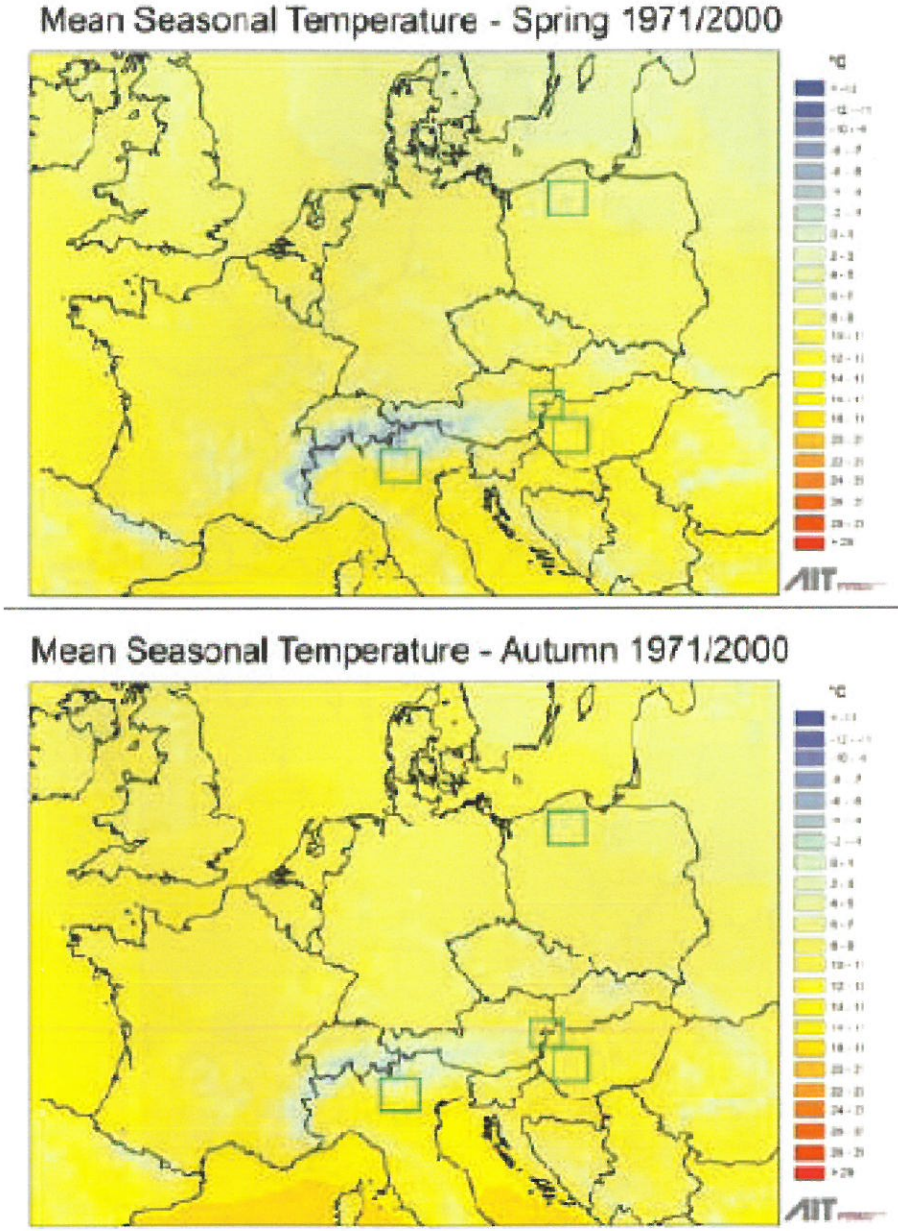


Figura 13.b Temperature medie stagionali del periodo di riferimento 1971/2000, primavera-autunno.

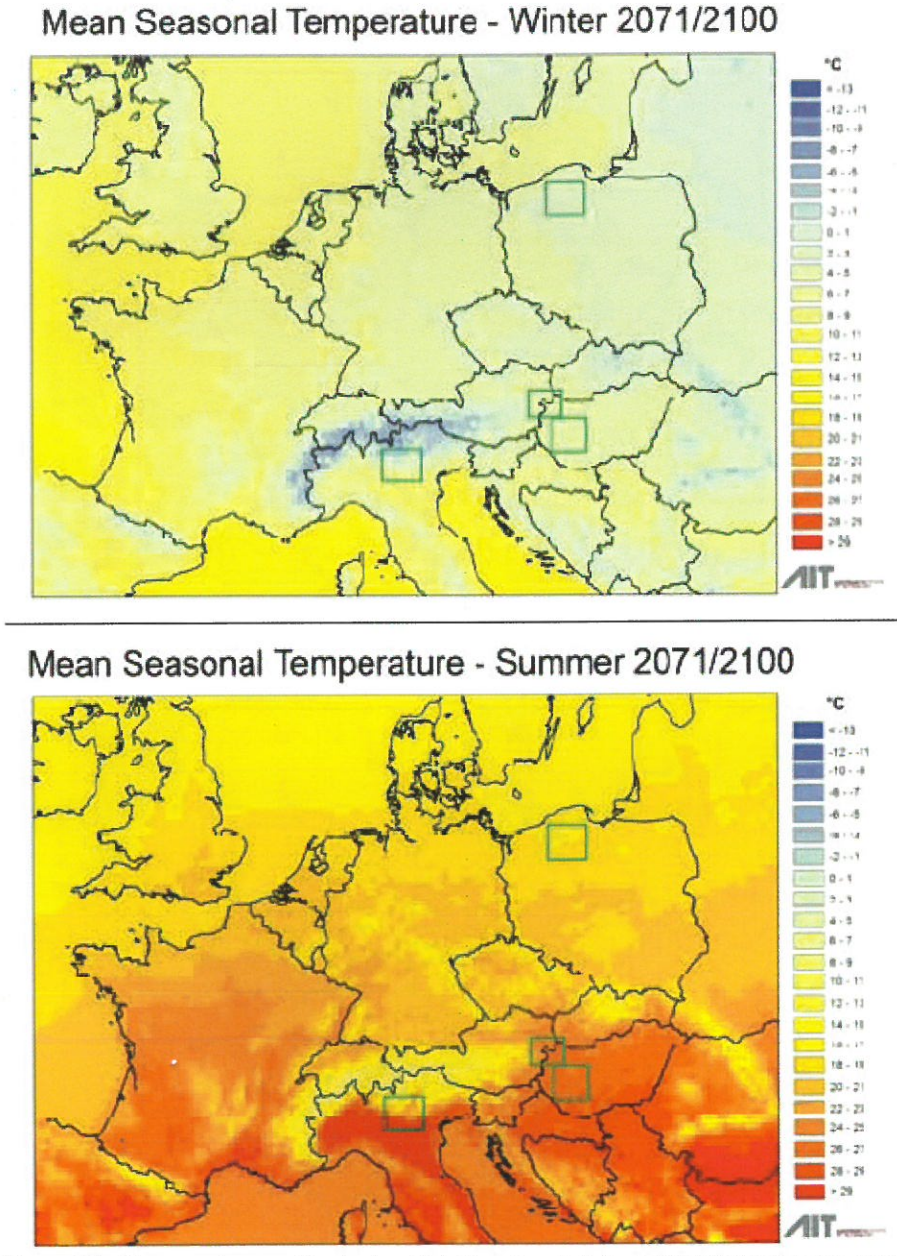


Figura 14.a Temperature medie stagionali del trentennio futuro 2071/2100, inverno-estate.

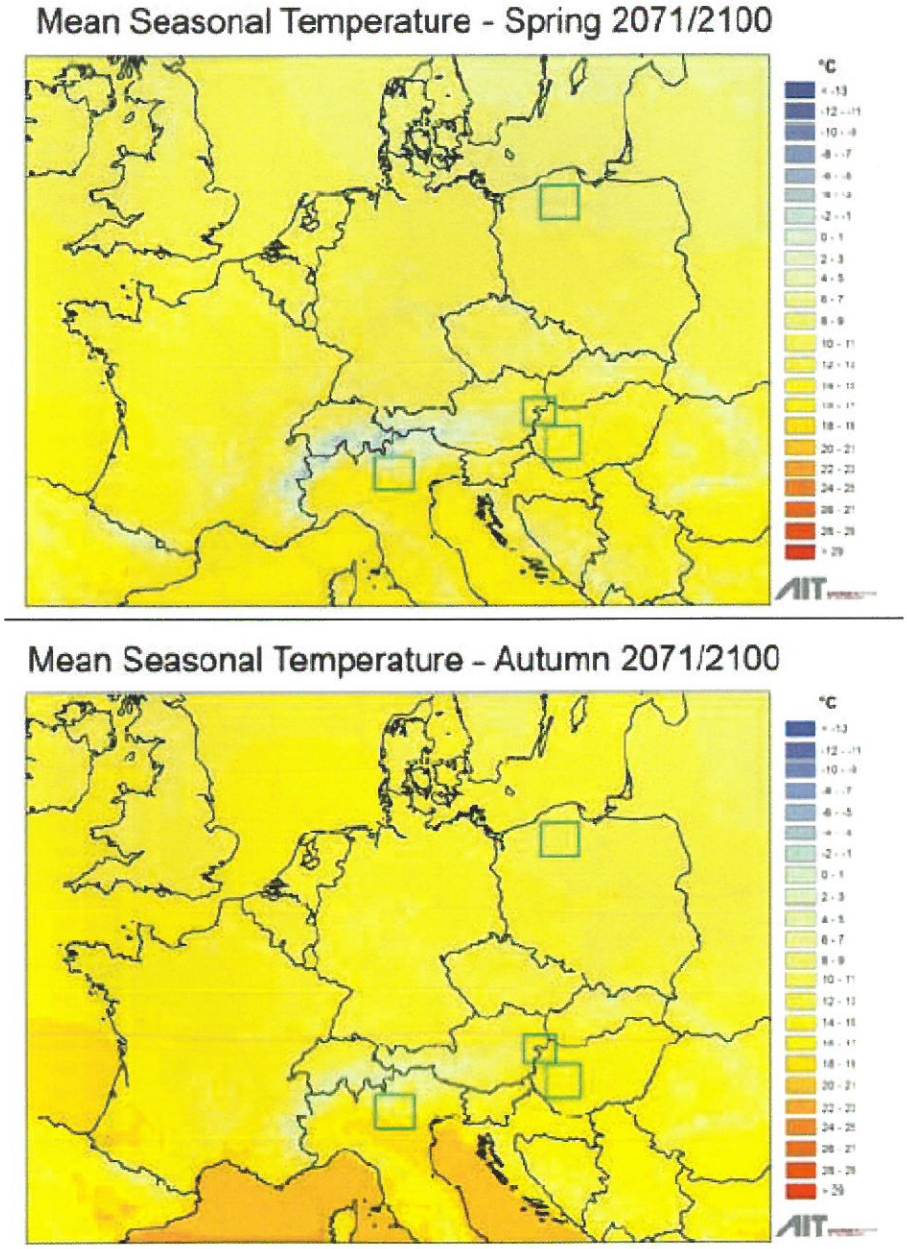


Figura 14.b Temperature medie stagionali del trentennio futuro 2071/2100, primavera-autunno.

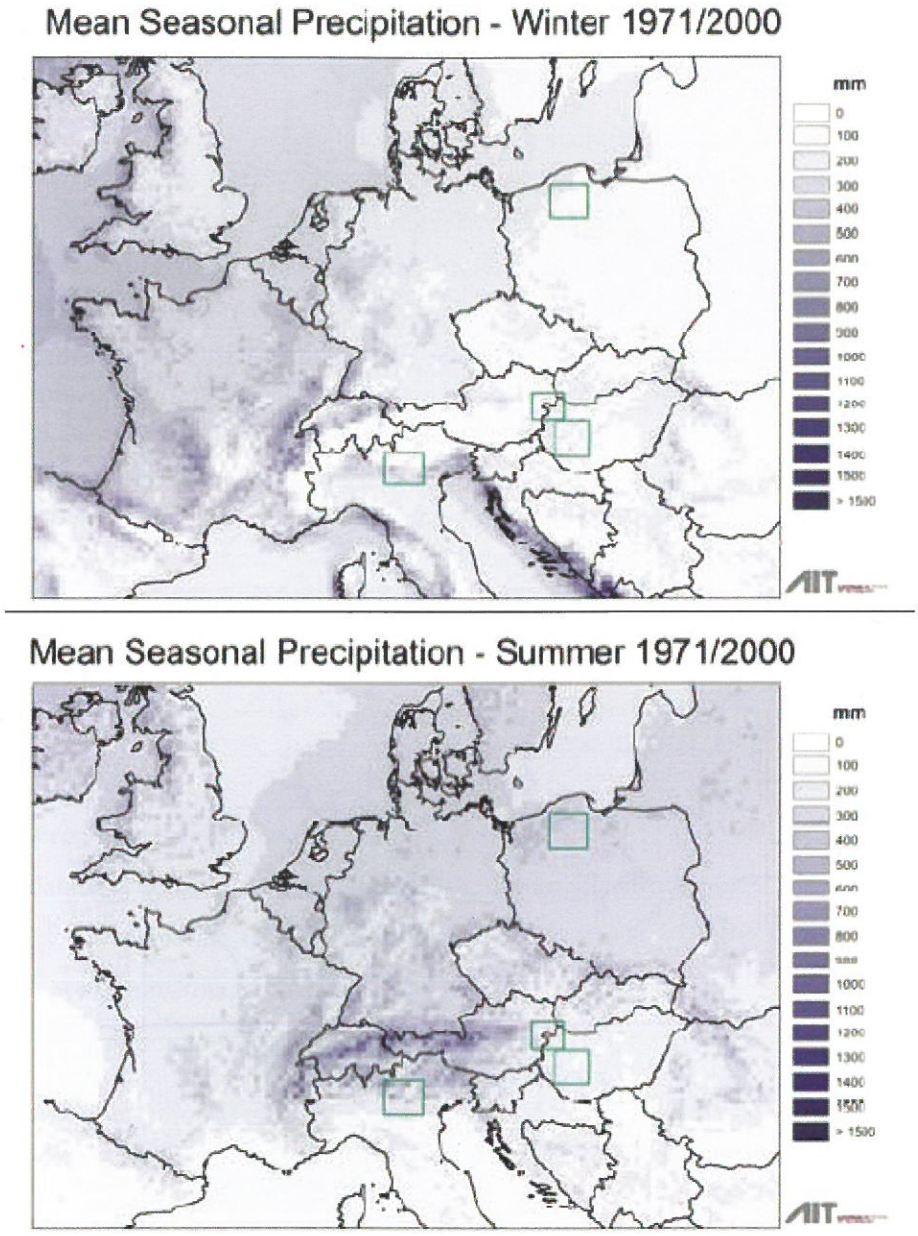


Figura 15.a Temperature medie stagionali del periodo di riferimento 1971/2000, inverno-estate.

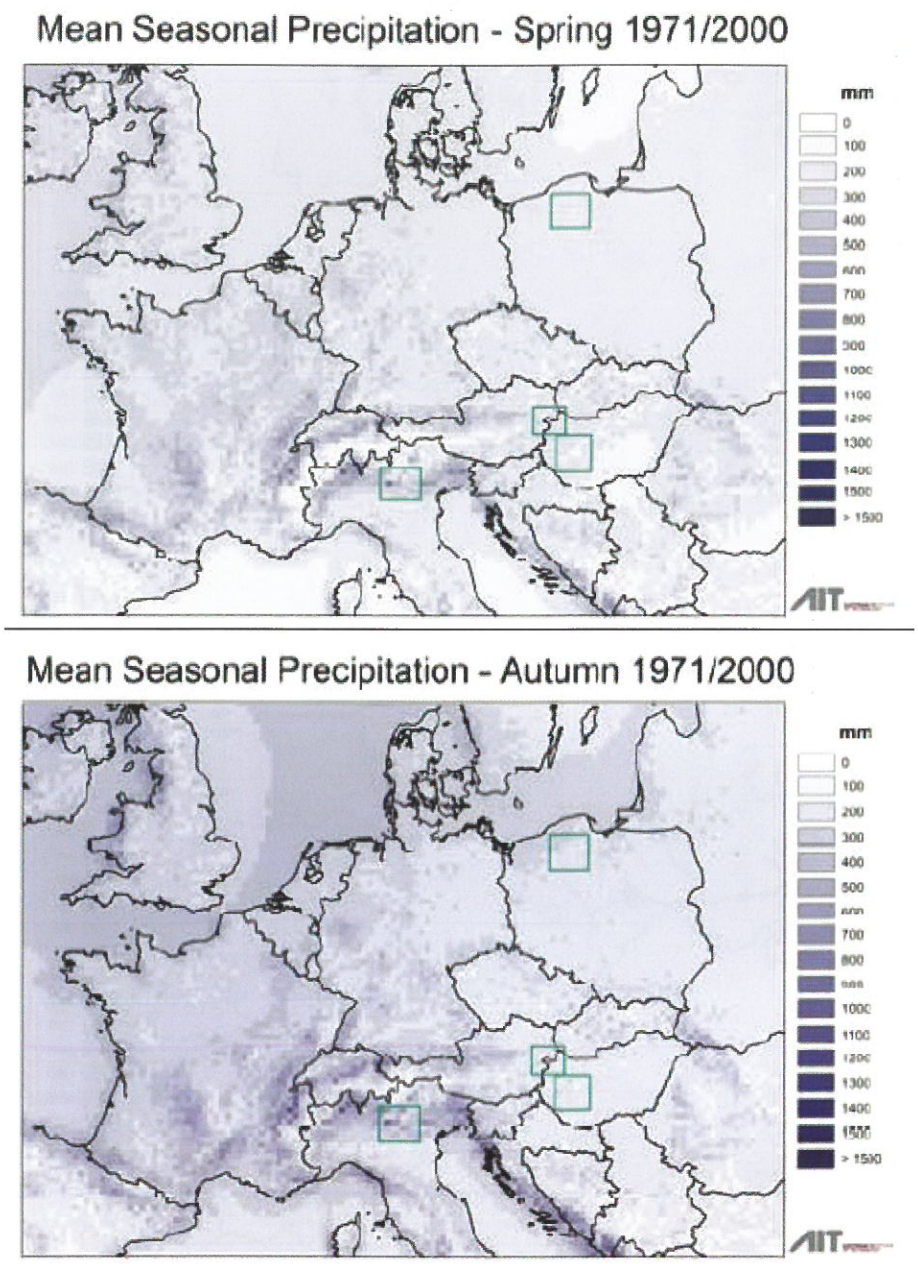


Figura 15.b Temperature medie stagionali del periodo di riferimento 1971/2000, primavera-autunno.

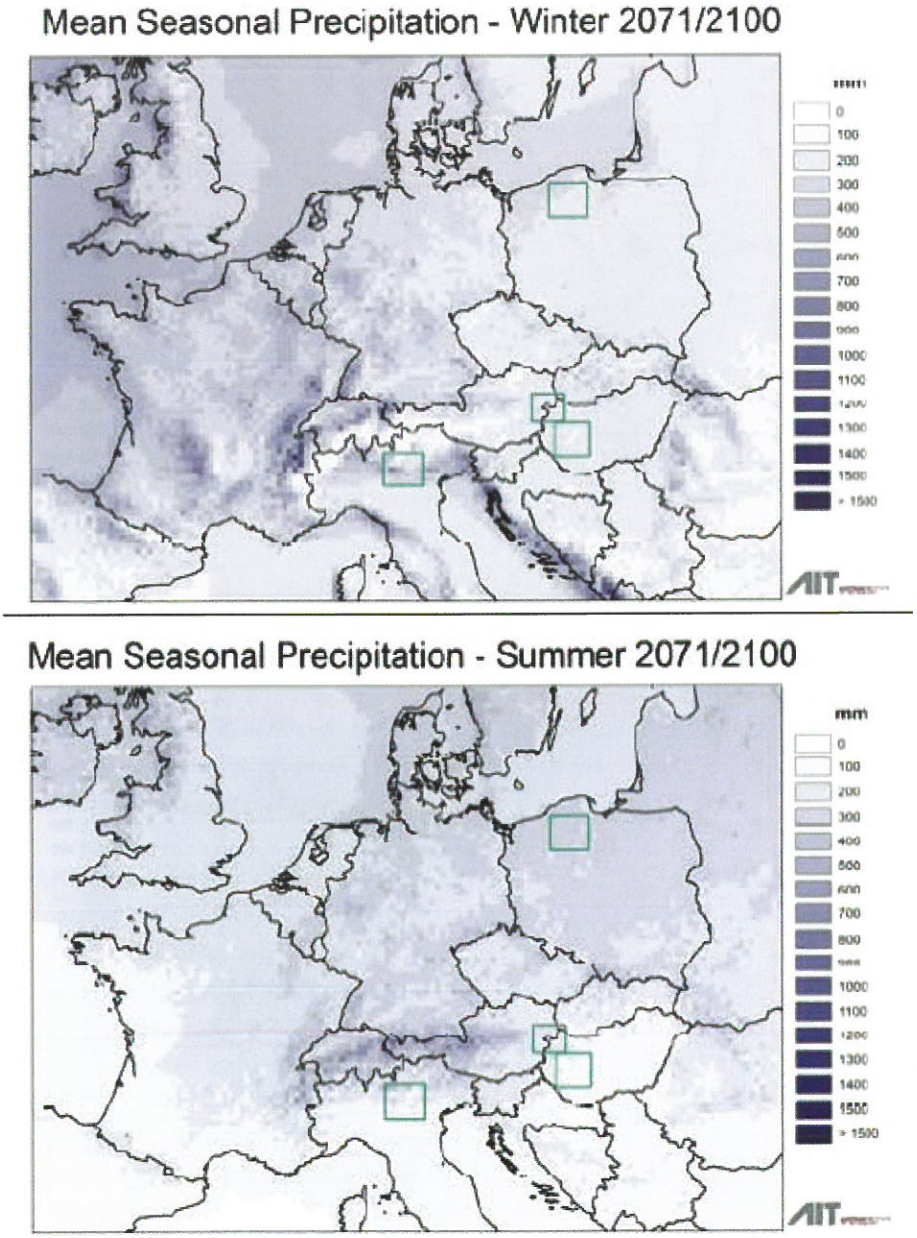


Figura 16.a Precipitazioni medie stagionali del trentennio futuro 2071/2100, inverno-estate.

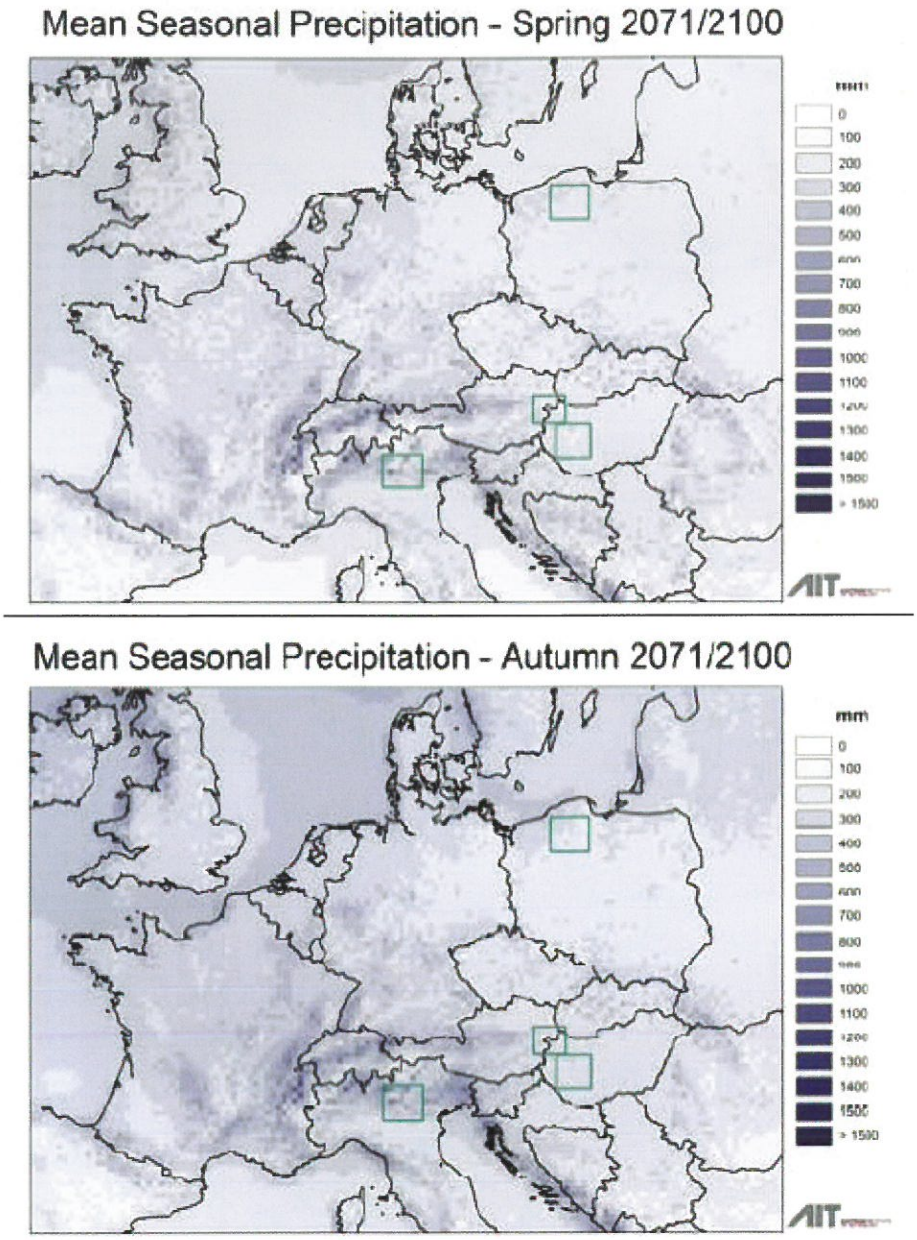


Figura 16.b Precipitazioni medie stagionali del trentennio futuro 2071/2100, primavera-autunno.

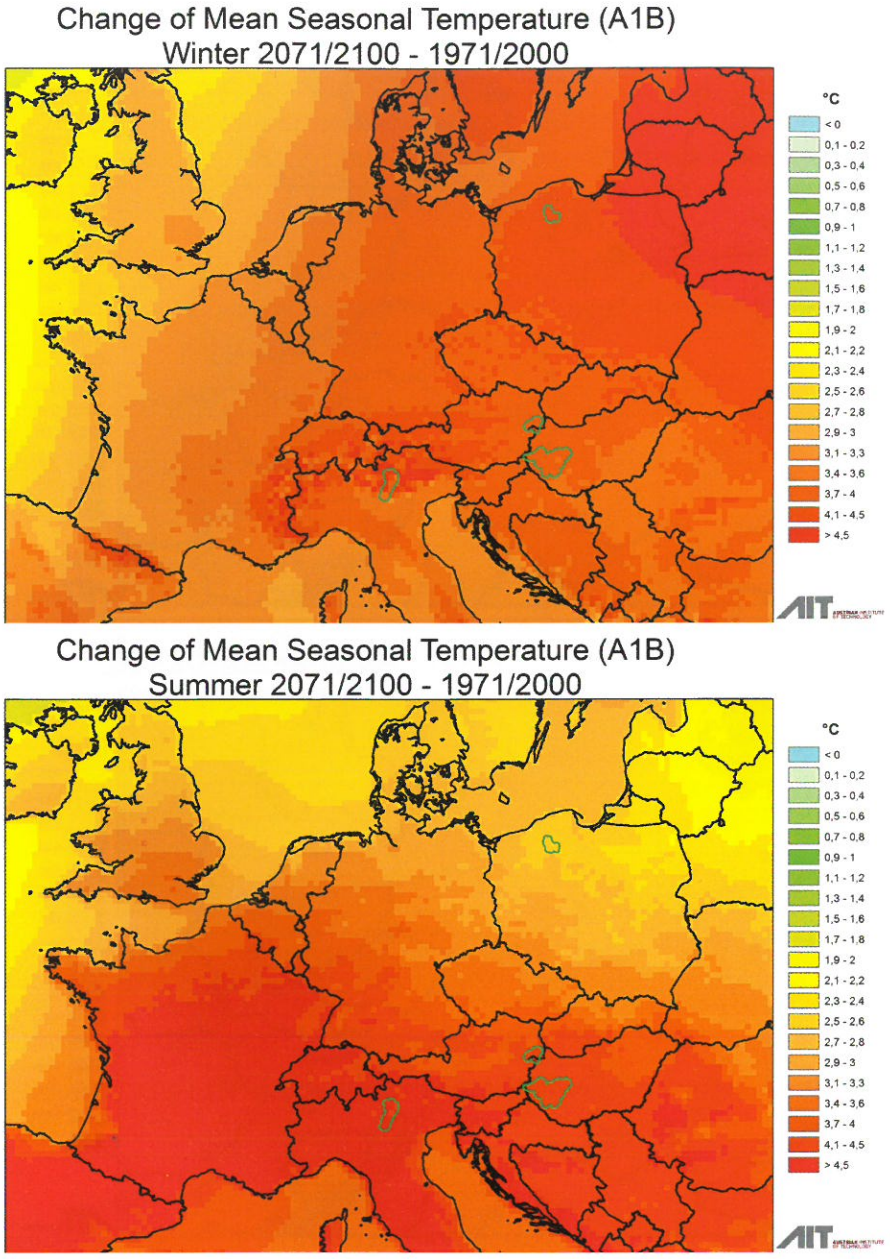


Figura 17.a Variazione delle temperature medie al trentennio 2071/2100 rispetto al trentennio di riferimento 1971/2000, inverno-estate.

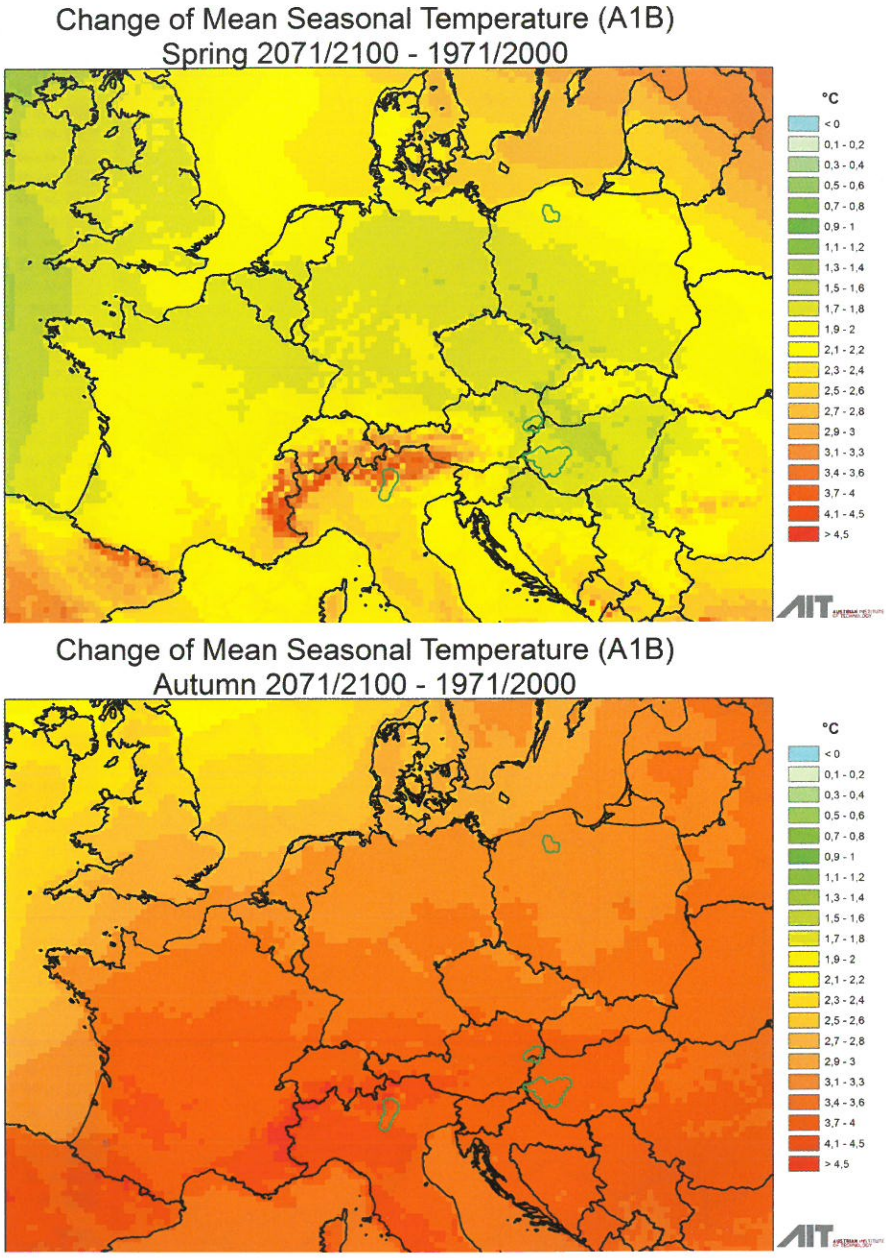


Figura 17.b Variazione delle temperature medie al trentennio 2071/2100 rispetto al trentennio di riferimento 1971/2000, primavera-autunno.

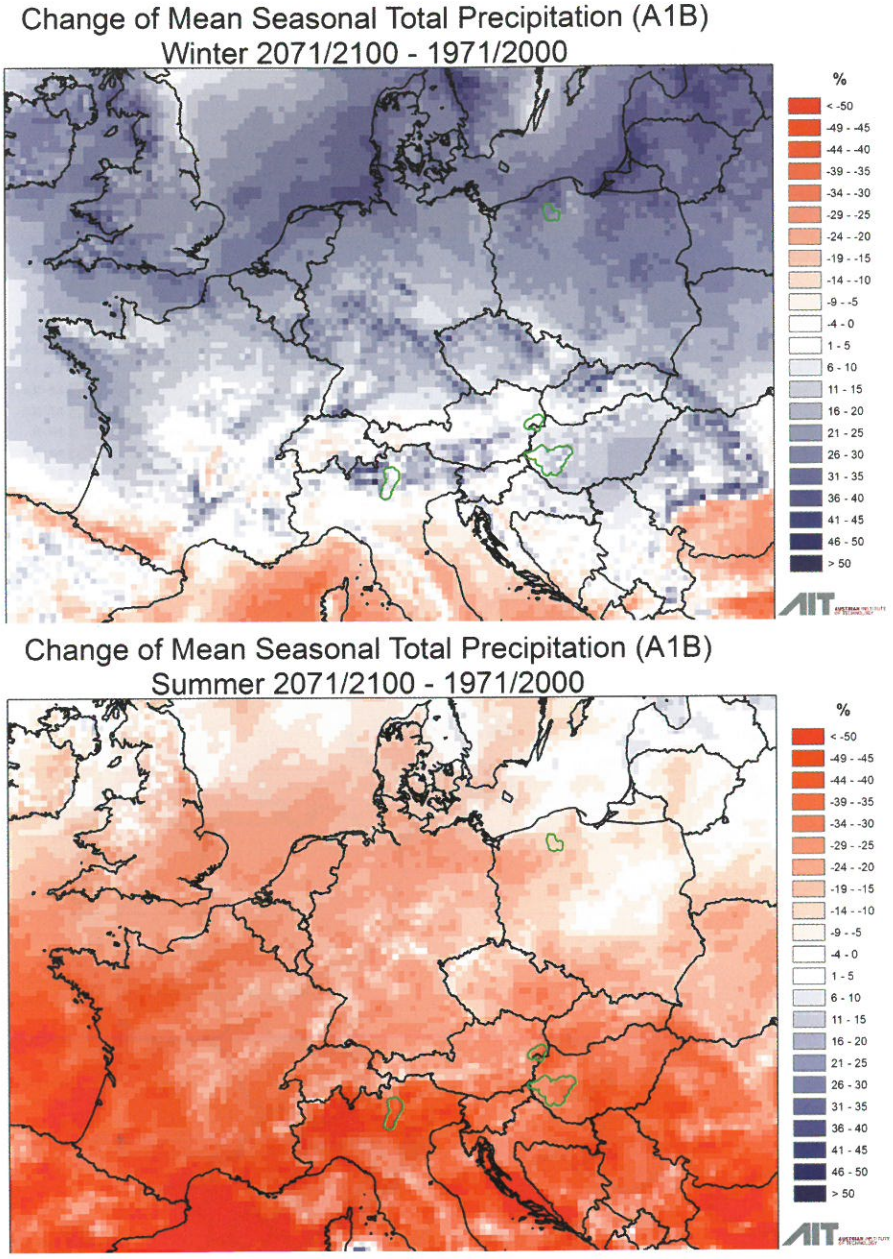


Figura 18.a Variazione delle precipitazioni medie al trentennio 2071/2100 rispetto al trentennio di riferimento 1971/2000, inverno-estate.

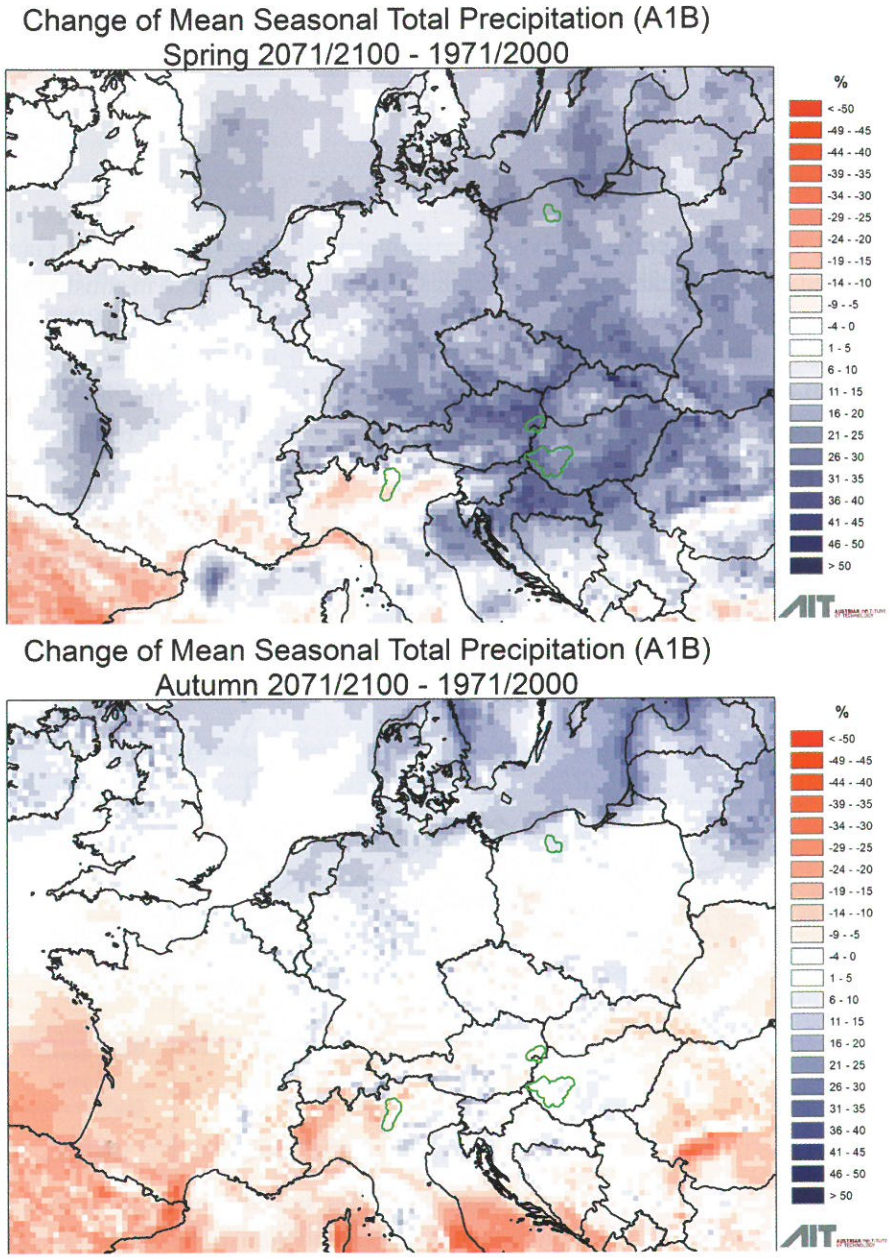


Figura 18.b Variazione delle temperature medie al trentennio 2071/2100 rispetto al trentennio di riferimento 1971/2000, primavera-autunno.

4. Scenari climatici per il Lago di Garda

Per avere un'idea di come evolvono i parametri climatici sul Lago di Garda, e nell'area ad esso circostante, le elaborazioni climatiche hanno preso in considerazione non solo la superficie del lago ma anche una porzione del bacino idrologico. L'area d'indagine è stata estesa per metà della larghezza di una "cella" del modello di circolazione regionale (figura 19). Ciò è necessario da un lato per includere con certezza nelle analisi tutte le celle della griglia che rientrano nel bacino idrico e dall'altro per avere un numero sufficiente di *grid* per i calcoli statistici. Tutte le analisi regionali sono state condotte sia per lo scenario A1B ("prudenziale") che per lo scenario B1 ("ottimistico").

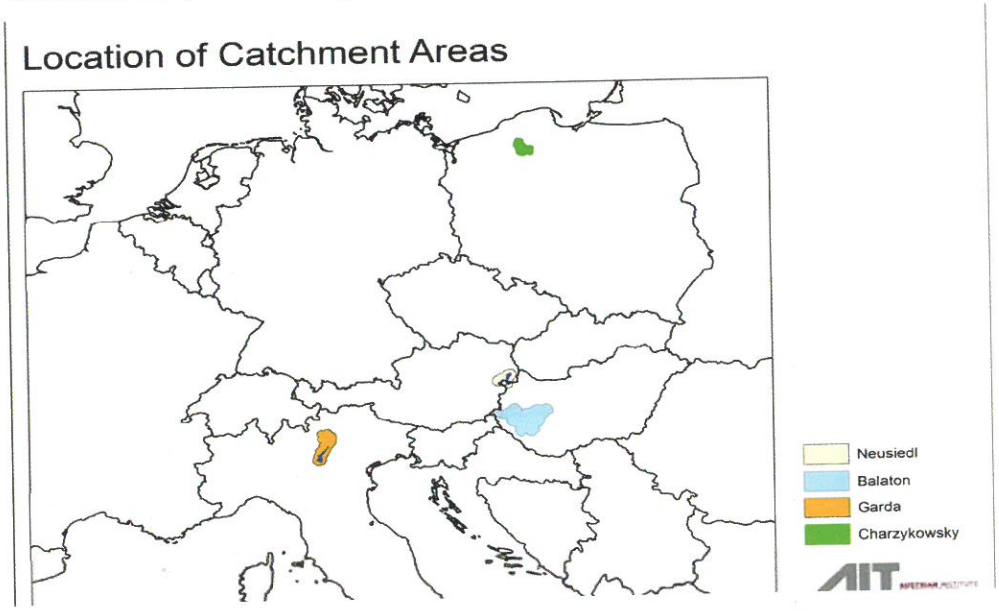


Figura 19. Localizzazione dei quattro laghi di EuLakes. In arancione il Lago di Garda.

Per ogni bacino idrografico intorno alle corrispondenti statistiche dello sviluppo dei mezzi di 30 anni di temperatura media stagionale (figura 23) e le somme precipitazioni (figura 25) sul lago sono stati stabiliti. Inoltre le modifiche per entrambi gli scenari rispetto al periodo di controllo 1971-2000 sono stati calcolati in passi di 10 anni (figure 21 e 27).

4.1 Temperatura

Attualmente il range di temperature medie stagionali sul Lago di Garda parte da -3°C durante l'inverno, mostra approssimativamente +5°C in primavera, +6,5°C in autunno e raggiunge i +19°C circa in estate (figura 20). Questi valori potrebbero crescere nel prossimo futuro e i segnali di cambiamento climatico per lo scenario A1B mostrano una situazione diversa, e più drammatica, rispetto agli altri laghi studiati. Sul Garda le temperature potrebbero subire un incremento fino a +5°C nella stagione estiva (l'aumento più importante). In autunno e inverno si registrerebbero aumenti di +4°C ed anche la stagione primaverile potrebbe essere più calda rispetto ad oggi, di circa +2,9°C (fig 21).

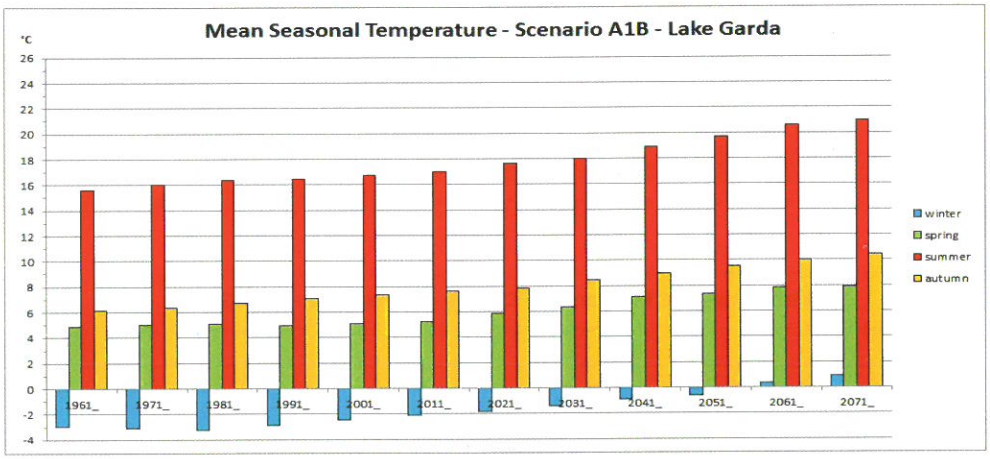


Figura 20. Temperature medie annuali nel bacino gardesano (periodo decennale).

Nello scenario B1 le condizioni verso la fine del secolo mostrano un range di temperature che parte da -0,5°C durante l'inverno, prosegue ad approssimativamente +7°C in primavera, +9°C in autunno e culmina a 22.4°C in estate. Il più significativo aumento di temperature rimane nel periodo estivo con +3,4°C. Gli altri segnali di cambiamento profilano un incremento di 2,9°C in autunno, 2,6°C in inverno e 1,8°C in primavera (figura 22). Dal confronto tra la figura 21 e 22 emerge proprio il carattere più ottimistico del secondo scenario, B1.

La figura 23 mostra l'ammontare dell'incremento di temperature e i cambiamenti nel ciclo annuale, in accordo con lo scenario A1B.

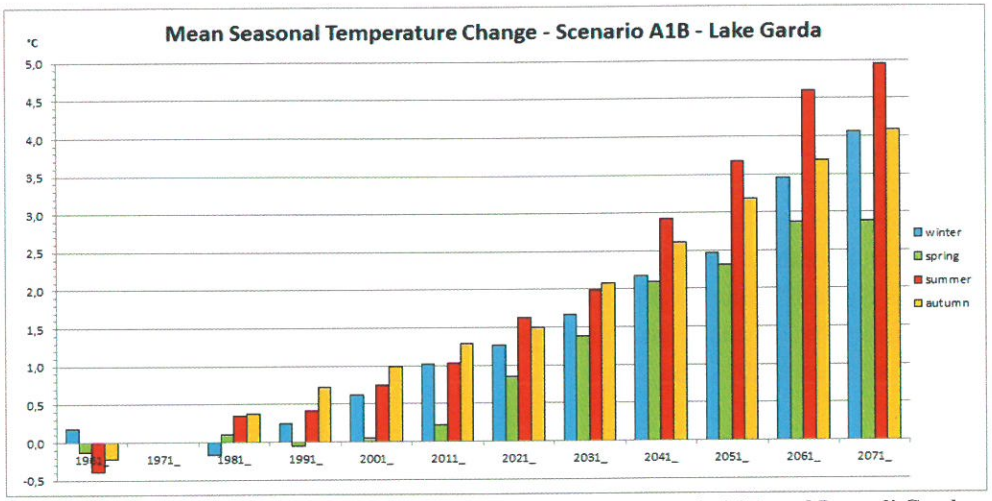


Figura 21. Variazione di temperatura (periodo decennale) - scenario A1B - sul Lago di Garda.

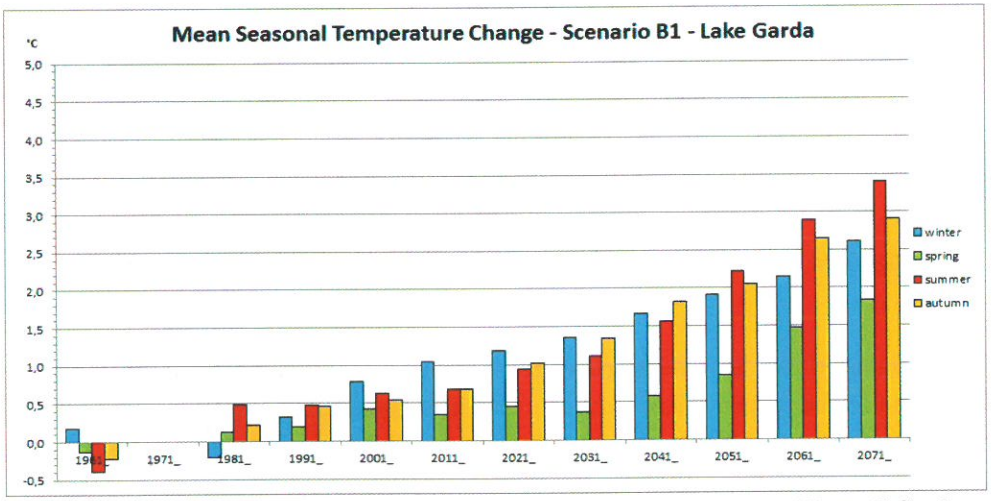


Figura 22. Variazione di temperatura (periodo decennale) - scenario B1 - sul Lago di Garda.

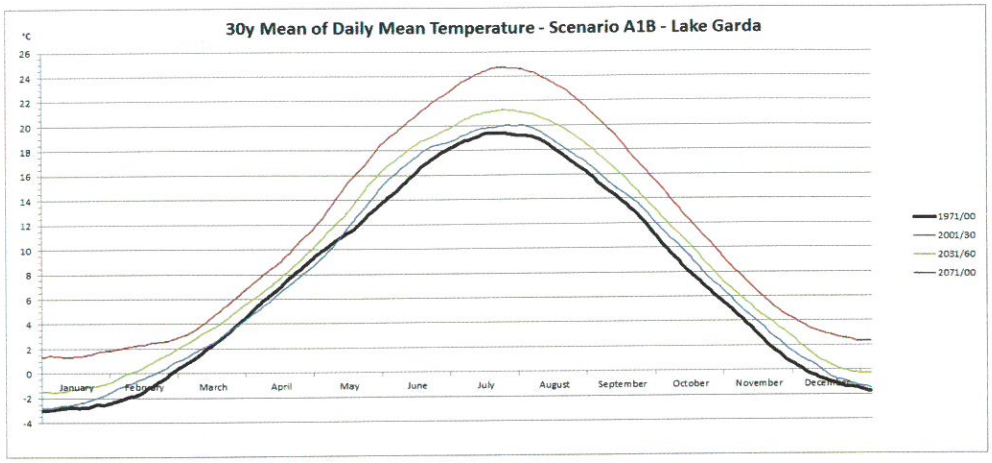


Figura 23. Media trentennale del ciclo annuale delle temperature per il Garda - scenario A1B. La linea nera rappresenta il ciclo attuale, la linea rossa il ciclo a fine secolo. E' evidente l'innalzamento delle temperature.

4.2 Precipitazioni

Il modello delle precipitazioni sul Lago di Garda mostra un picco di circa 400 mm nella stagione autunnale; per l'inverno e la primavera il dato è di circa 370 mm che scendono a meno di 250 mm di precipitazione in estate (figura 24).

I segnali di cambiamento climatico derivati dal confronto tra lo scenario attuale e quello della fine del secolo nello scenario A1B non mostrano alcuna variazione per le precipitazioni invernali, una piccola diminuzione intorno al -15% in primavera e autunno e un drammatico calo di precipitazioni estivo, che potrebbe arrivare al -45% (figura 25).

La situazione futura del Lago di Garda in accordo con lo scenario più ottimistico B1 mostra un picco di precipitazioni autunnali con oltre 390 mm. In inverno e primavera le precipitazioni si attesterebbero approssimativamente sui 330 mm scendendo a meno di 170 mm in estate. Lo scenario B1 indica che non ci saranno significative variazioni in autunno e primavera, un piccolo calo (-10%) in inverno e una riduzione del 45% in estate (in accordo con quanto previsto anche dallo scenario A1B).

La figura 26 presenta il ciclo annuale delle precipitazioni sul Lago di Garda e la sua evoluzione che ricalca quanto affermato. La linea nera evidenzia il ciclo-base del periodo di riferimento 1971-2000; la linea rossa è l'andamento del trentennio di fine secolo, 2071-2100.

Nella figura 26 è rimarcato il differente sviluppo stagionale delle precipitazioni negli anni futuri.

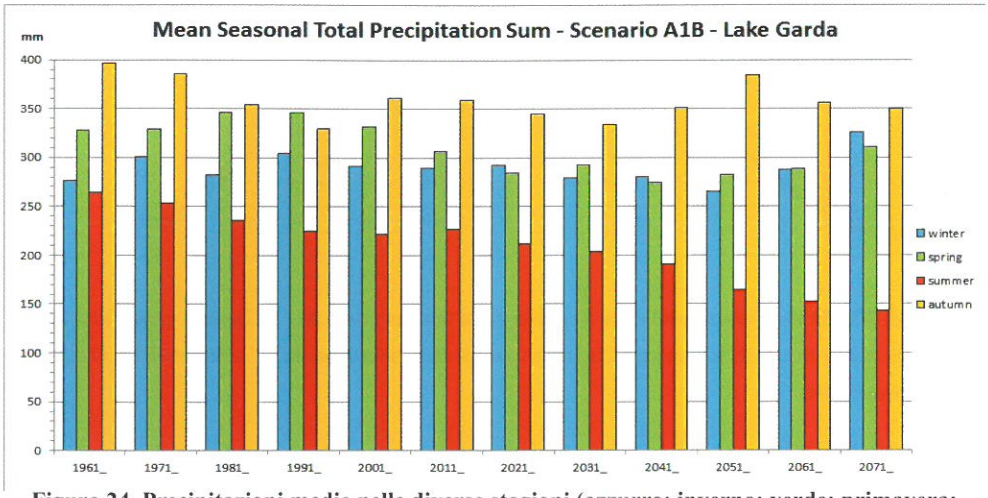


Figura 24. Precipitazioni medie nelle diverse stagioni (azzurro: inverno; verde: primavera; rosso: estate; giallo: autunno) (periodi decennali).

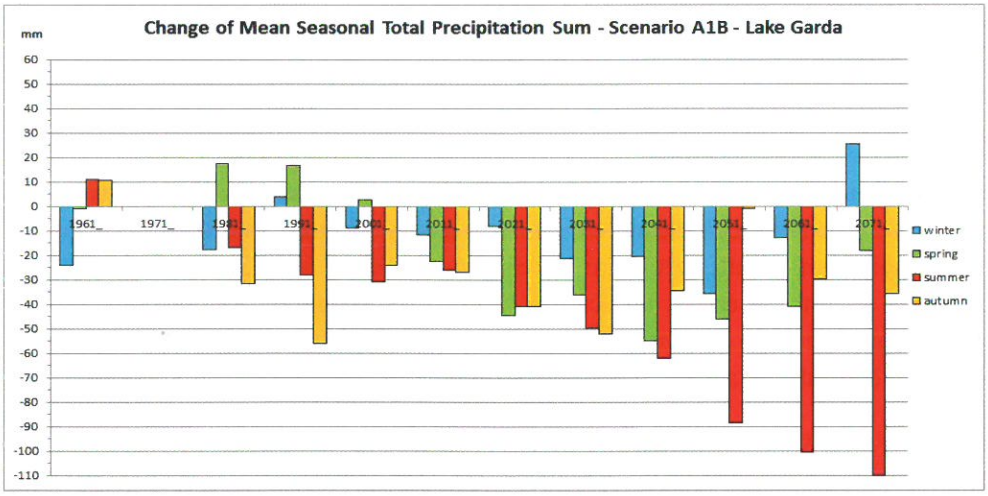


Figura 25. Variazione delle precipitazioni medie al 2100 - A1B - Lago di Garda

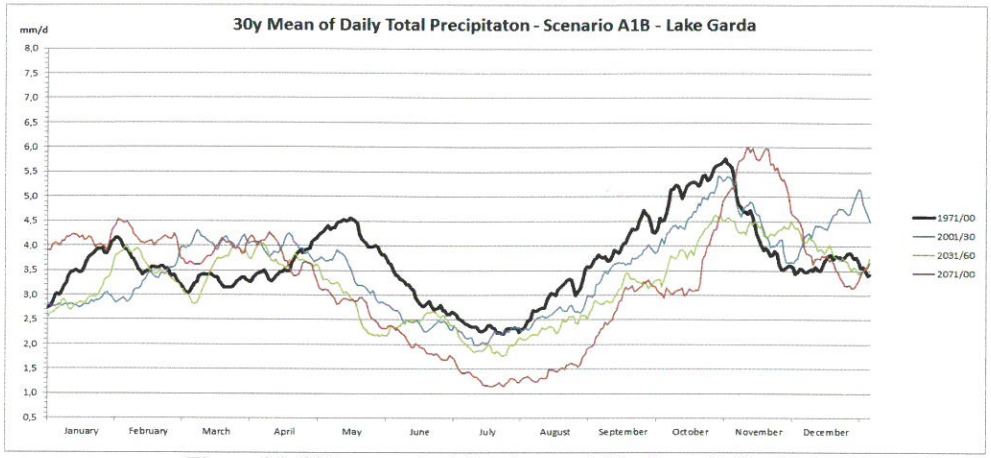


Figura 26. Ciclo annuale delle piogge - A1B - Lago di Garda

L'analisi delle precipitazioni ha portato ad esprimere stime anche sulle deposizioni nevose. Sul Garda, come nel Lago Charzykowskie, si attende uno scioglimento anticipato del manto nevoso e una posticipazione delle precipitazioni nevose, come chiaramente visibile nella figura 27. Gli studi compiuti da Eulakes gettano anche uno sguardo sul futuro dei ghiacciai del bacino gardesano. Agli attuali tassi di scioglimento e dal confronto delle fotografie aeree nel 2025 potrebbe rimanere la metà del ghiaccio oggi conservato al "Mandrone", a piedi del monte Adamello, che alimenta il fiume Sarca, per arrivare ad una riduzione del 90-95% al 2100. Per quanto riguarda i piccoli ghiacciai di bacino, estesi per meno di un km2 (oggi se ne contano circa 80) il surriscaldamento e la riduzione di precipitazioni delineato potrebbe determinarne l'epilogo.

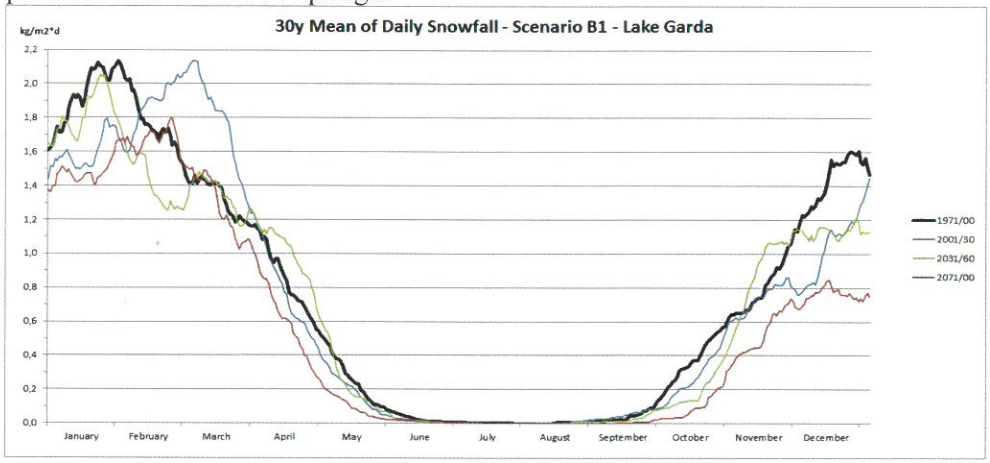


Figura 27. Ciclo annuale delle precipitazioni nevose - A1B - Lago di Garda

4.3 Siccità

Nonostante l'esistenza di molte definizioni di siccità nessuna è veramente adatta ad essere impiegata in una tematica come quella della gestione dei laghi. Quindi, in una prima fase si è cercato di evidenziare le variazioni relative ai *giorni senza precipitazioni* e si è calcolato il numero di *giorni secchi* (figura 28 e 29) - che sono giorni con precipitazioni inferiori ad un mm/d - e le *lunghezze massime* di periodi di siccità (figura 30 e 31).

Lo scenario A1B mostra, per il Lago di Garda, un numero di giornate secche senza variazioni in nessuna stagione rispetto ad oggi, mentre sugli altri tre laghi è atteso un aumento estivo. Per quanto riguarda invece la lunghezza dei periodi siccitosi potrebbe esserci un aumento fino a +45% d'estate ed una riduzione tra il 10% e il 20% in primavera.

Anche se ci sono solamente piccoli cambiamenti nel numero di giornate asciutte, lo sviluppo della lunghezza massima dei periodi siccitosi suggerisce che la distribuzione delle giornate secche potrebbe cambiare, soprattutto in estate.

All'interno dello scenario B1 il numero di giorni asciutti cambia invece molto meno. Aumenti dal +5% al +10% possono verificarsi in tutti i laghi durante l'estate, in primavera sono attesa riduzioni dal -5% al -10%. In autunno e in inverno non ci saranno alterazioni significative.

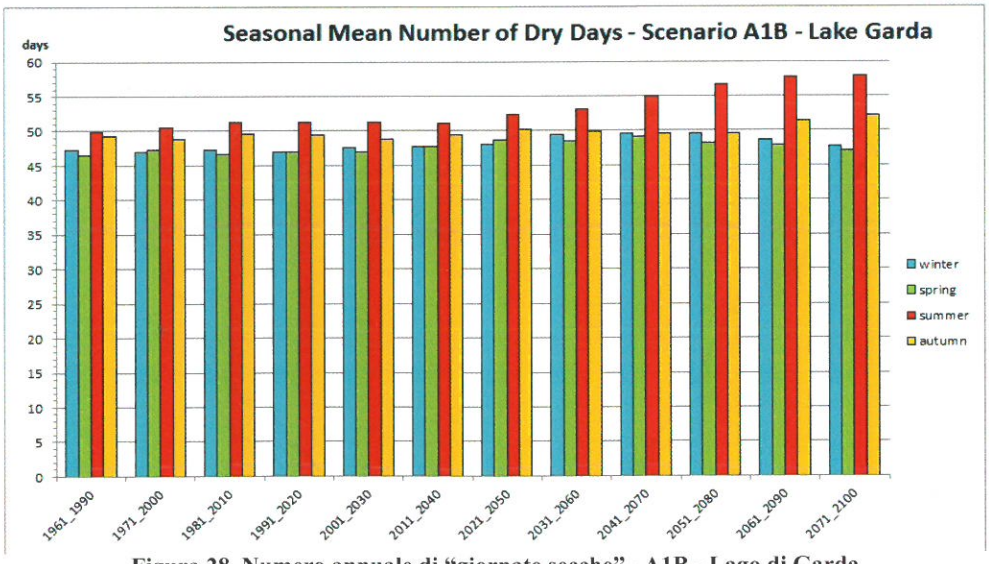


Figura 28. Numero annuale di "giornate secche" - A1B - Lago di Garda

La lunghezza massima dei periodi di siccità mostra un quadro diverso nello scenario B1. Sebbene la lunghezza dei periodi secchi a livello annuale è in aumento nella maggior parte dei laghi durante l'estate questo aumento è chiaramente minore: sul Garda raggiunge il +25% (20% in meno rispetto allo scenario A1B). In primavera ci si aspetta una piccola riduzione nella lunghezza della siccità tra il -10% e il 20%, di circa -10% in autunno e di -20% d'inverno.

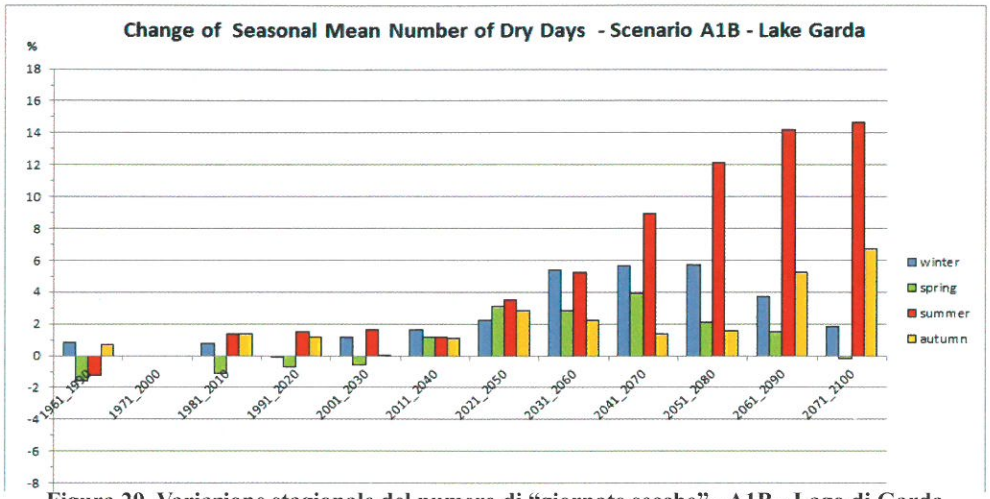


Figura 29. Variazione stagionale del numero di "giornate secche" - A1B - Lago di Garda

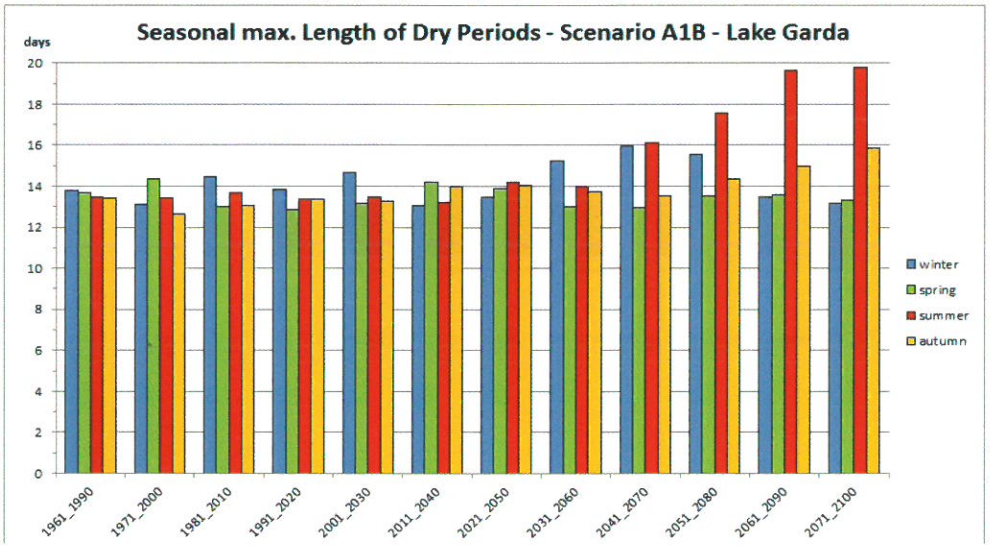


Figura 30. Lunghezza massima dei periodi siccitosi - A1B - Lago di Garda

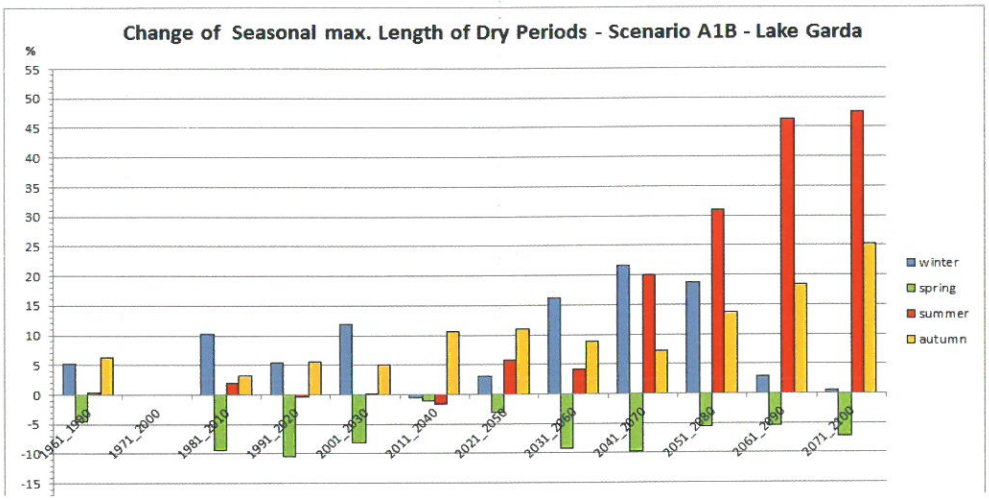


Figura 31. Variazione stagionale della lunghezza massima dei periodi siccitosi - A1B

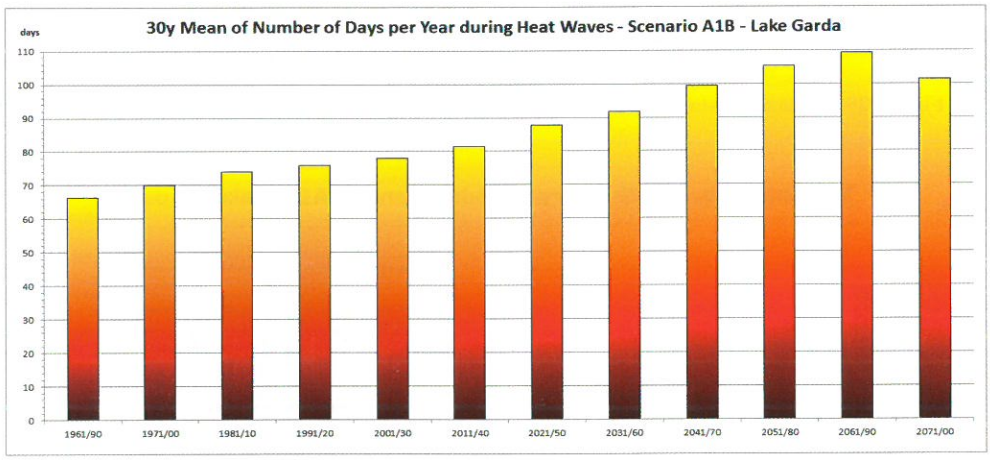


Figura 32. Numero medio di giornate con Ondate di Calore (HWI) - A1B - Lago di Garda

4.4 Ondate di calore

In una seconda fase è stato calcolato l'Heat Wave Index (HWI) secondo Kysely (Kysely et al. 2000, 2004), definito come "almeno tre giorni consecutivi con temperatura massima superiore ai 30°C seguito da giornate con temperatura massima superiore ai 25 ° C in un periodo temporale in cui la media delle temperature massime non è mai inferiore a 30°C".

Il numero di giornate associate alle ondate di calore e le variazioni attese per il futuro sono mostrati nelle figure 32 e 33. Secondo lo scenario A1B e B1 questo numero aumenterà costantemente in tutti i quattro laghi. Nel quadro dello scenario A1B sul Lago di Garda l'HWI salirà dagli attuali 70 giorni a circa 110, ovvero avrà un aumento del 50%. Anche nel caso ottimistico dello scenario B1 le ondate di calore potrebbero crescere del 40%.

Anche la lunghezza delle ondate di calore si espanderà significativamente in un range d'aumento tra il 75% (B1) e il 100% (A1B).

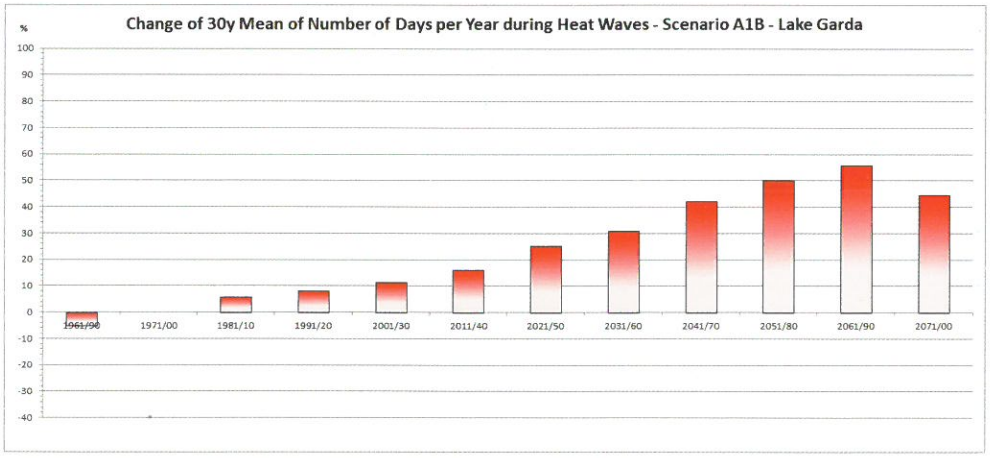


Figura 33. Variazione nel numero di giornate con Ondate di Calore - A1B - Lago di Garda

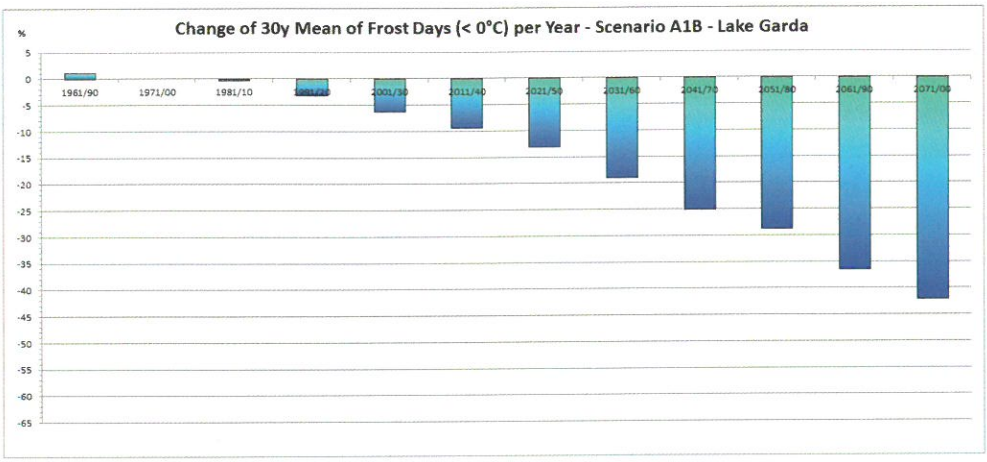


Figura 34. Variazione delle "giorni di gelo" - A1B - Lago di Garda

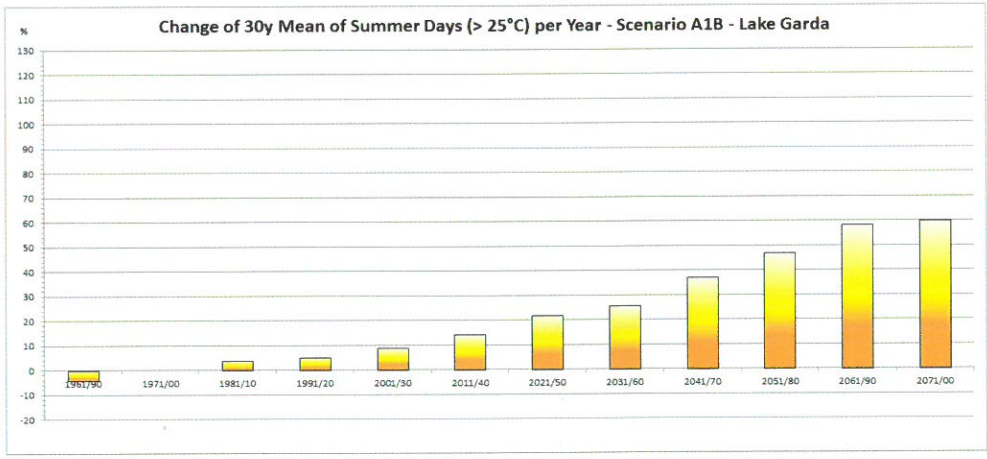


Figura 35. Variazione delle "giornate estive" - A1B - Lago di Garda

4.5 Eventi estremi

Questo capitolo riassume alcuni parametri derivati dalle analisi climatiche, come i giorni di gelo, le giornate estive, i giorni calorosi e le precipitazioni pesanti.
I giorni di gelo sono definiti come giorni con una temperatura minima inferiore a 0°C. La figura 34 mostra le variazioni relative del numero medio di giorni di gelo nell'anno per lo scenario A1B e B1. All'interno dello scenario A1B il numero di giorni di gelo si riduce in modo simile nelle quattro regioni, da -40% a -60%. Nello scenario B1 la tendenza è simile ma la riduzione del numero di giorni di gelo è meno pronunciata e potrebbe variare tra -30% e -45%.
Un altro parametro - le cosiddette giornate estive - è definito come giorni in cui la temperatura massima raggiunge e supera i 25°C. Con l'aumento di temperatura visto nelle pagine precedenti anche le giornate estive subiranno variazioni in positivo. Lo scenario A1B suggerisce un incremento del +60% sul Lago di Garda e lo scenario B1, sempre meno drammatico, mostra aumenti che vanno dal +20% a +40% (figura 35).
Le giornate di calore (temperatura massima superiore ai 30°C) mostrano anch'esse un aumento in entrambi gli scenari come presentato in figura 36 per lo scenario A1B.

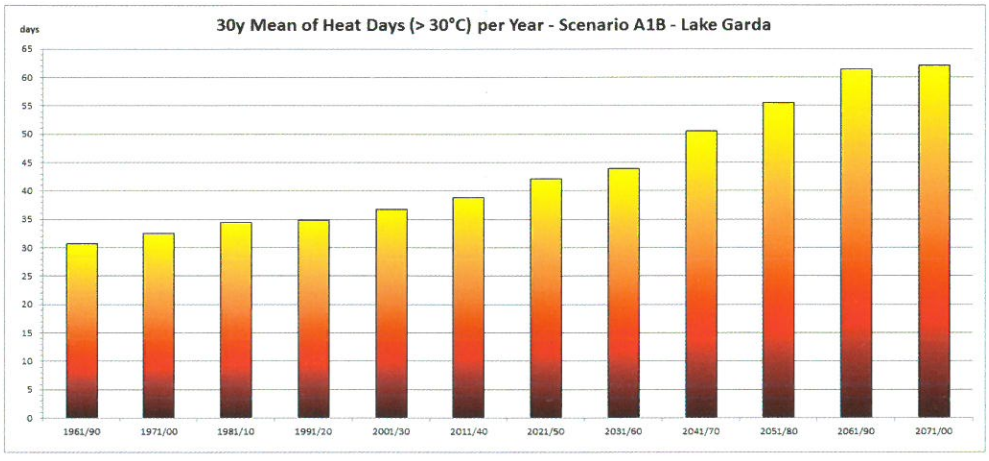


Figura 36. Numero di "giornate di calore" all'anno (periodo decennale) - A1B - Lago di Garda

L'ultimo parametro presentato riguarda le giornate con precipitazioni pesanti (figura 37) ovvero con più di 20 millimetri di pioggia. Per il Lago di Garda lo scenario A1B suggerirebbe un calo del -10%, mentre lo scenario B1 non mostra alterazioni. Si tenga conto tuttavia che il numero di eventi di precipitazione pesante sul Garda è di 4-5 volte superiore rispetto alle altre aree del progetto Eulakes.

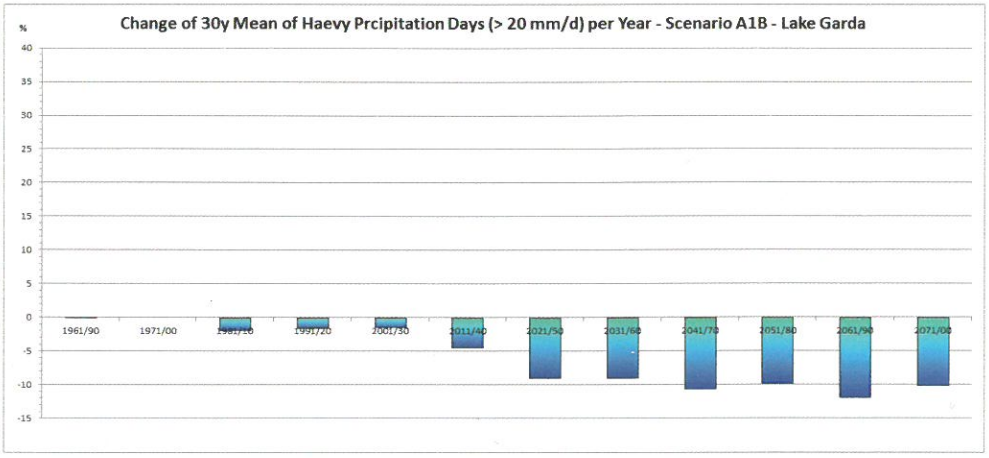


Figura 37. Variazioni nelle giornate con "piogge pesanti" - A1B - Lago di Garda. Viene evidenziato un lieve calo, attorno al -10%.

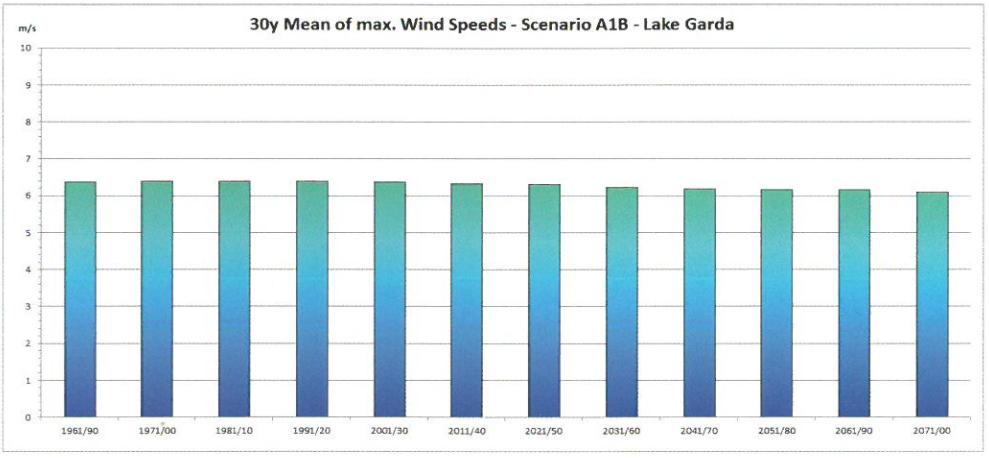


Figura 38. Media della velocità del vento al 2100 - A1B - Lago di Garda

4.6 Vento

A causa della risoluzione relativamente grossolana dei dati climatici relativi al vento, viene presentato un valore medio valido per un'area piuttosto ampia. Ciò implica che essi non riescono a descrivere in dettaglio la situazione locale. Non sorprende che non si prevedano notevoli cambiamenti per gli scenari futuri (figura 38). Anche la velocità del vento non mostrano alterazioni significative nel periodo d'indagine.
Il segnale di variazione massima rilevata è inferiore al 3% e quindi non è significativo.

4.7 Conclusioni

In generale, in entrambi gli scenari temperatura è in costante aumento sia sul Garda che su Balaton, Neusiedl e Charzykowskie in tutte le stagioni verso la fine del secolo. Lo scenario A1B suggerisce un aumento medio della temperatura fino a +4°C soprattutto in estate che, nel bacino benacense può anche raggiungere i +5°C. Anche nello scenario molto ottimistico B1 le temperature aumenteranno di +3°C in estate con gli incrementi più alti sempre sul Lago di Garda.
Per le precipitazioni lo scenario A1B mostra una riduzione generale del -45% in estate con aumenti del +25% in primavera ad eccezione della zona del Garda che tende ad una riduzione in tutte le stagioni. Anche il quadro B1 si allinea a tale situazione, prevedendo una riduzione estiva delle piogge leggermente inferiore, intorno al -35%.
La quantità di neve si potrebbe ridurre significativamente in futuro. Una fusione anticipata e una deposizione posticipata si potranno osservare già nell'immediato futuro. Gli effetti sono sempre più pronunciati nello scenario A1B.
Il numero di giorni secchi non cambiata significativamente. Ci potrà essere un aumento dal 10% al 15% in estate e una riduzione del -10% in primavera in entrambi gli scenari. Poiché la lunghezza massima dei periodi secchi estivi potrebbe aumentare, nello scenario A1B, ino a +50% è ovvio che anche la distribuzione dei "giorni secchi" cambierà notevolmente. Con lo scenario B1 i periodi di siccità potrebbero estendersi fino a +25% sempre nella stagione estiva e ridursi del -25% in primavera.
Per quanto riguarda le ondate di calore lo scenario A1B suggerisce un raddoppio del numero di giorni con temperature molto alte ed afose e anche lo scenario B1 prevede un aumento del 60%.
La lunghezza massima di questi episodi aumenterebbe in modo significativo in entrambi gli scenari.
Il numero di giorni di gelo sarà ridotta notevolmente in tutti i laghi sia nello scenario A1B che nello scenario B1: fino al -60% o al -40% rispettivamente.
Il numero di giorni estivi potrebbe aumentare in tutti i laghi fino a +60% nello scenario prudenziale e +40% in quello ottimistico.

Il numero di giornate di calore (t° max > 30°C) crescerebbe ancora più rapidamente: fino a +90% (A1B) e fino a +60% (B1).
In merito alle precipitazioni pesanti si è detto che il Lago di Garda mostra un numero di giornate con precipitazioni superiori ai 20 mm di 4-5 volte superiore agli altri tre laghi. Il numero di questi episodi dovrebbe mantenersi costante in quanto le elaborazioni climatiche non presentano significative variazioni.

Nella tabella riportata di seguito viene presentato un confronto tra i valori medi dei parametri climatici (temperatura, precipitazioni,..) del periodo 1971/2000 e le variazioni stimate nel periodo 2071/2100. Si noti soprattutto la differenza fra i valori piuttosto che i valori stessi.

	1971/2000	2071/2100
Temperature medie	Inverno: -1.0°C Primavera: 7.5°C Estate: 19.0°C Autunno: 8.5°C	Inverno: 3.0°C Primavera: 10.0°C Estate: 24.0°C Autunno: 12.5°C
Precipitazioni	Inverno: 330 mm/anno Primavera: 340 mm/anno Estate: 245 mm/anno Autunno: 390 mm/anno	Inverno: +8.5% Primavera: -6.0% Estate: -45% Autunno: -10%
Ondate di Calore (HWI)	40 giorni/anno	70 giorni/anno
Giornate estive (> 25 °C)	70 giorni/anno	105 giorni/anno
Giornate ghiacciate (<0°C)	110 giorni/anno	60 giorni/anno
Precipitazioni pesanti (>20 mm)	14 giorni/anno	14 giorni/anno

Tabella 1. Confronto dei valori di alcuni parametri climatici tra il periodo di riferimento e lo scenario indagato.

5. Gli effetti dei cambiamenti climatici nel contesto gardesano

Gli scenari climatici presentati nelle pagine precedenti delineano un quadro di cambiamento che, già a partire dai prossimi decenni, determinerà la variazione dei parametri ambientali potendo causare impatti sugli aspetti ecologici, economici e sociali del bacino gardesano. L'attenuazione o il contrasto di questi rischi è un importante obiettivo per garantire la salvaguardia dell'ecosistema e al tempo stesso il prosieguo delle attività umane presenti. L'individuazione di misure concrete per mitigare i rischi di cambiamento climatico o adattarvisi è quindi un processo fondamentale e dovrà necessariamente partire dagli amministratori e dai vari stakeholders del bacino, il cui potere decisionale potrà avere effetti concreti, soprattutto in termini di adattamento e mitigazione.

La mitigazione dei cambiamenti climatici riguarda interventi atti a diminuire l'intensità dell'impatto, riducendo i potenziali effetti, ad esempio, del surriscaldamento globale. Al contrario, l'adattamento comporta invece azioni atte a tollerare gli effetti reali o attesi del rischio climatico. Una chiara distinzione tra misure di mitigazione e di adattamento non è sempre possibile - ad esempio misure che sono utili per adattarsi alle condizioni climatiche future possono prevedere anche azioni volte a ridurre le emissioni di gas serra, servendo quindi sia come misura di mitigazione che di adattamento.

Di seguito vengono presentati i principali rischi o impatti evidenziati dagli studi del progetto EuLakes nel contesto territoriale del Lago di Garda e per ognuno di essi vengono suggerite alcune azioni concrete che potrebbero rappresentare un primo approccio alle decisioni da assumere nel prossimo futuro. Queste indicazioni vogliono essere dei suggerimenti utili all'avvio di un dibattito fra i decisori politici e i soggetti coinvolti nella governance dei cambiamenti climatici e tengono conto dei rischi concreti e più importanti per l'area gardesana.

La selezione delle misure di mitigazione e di adattamento (vedi tabella appendice B) avverrà al termine di un percorso che si è avviato grazie allo stesso progetto Eulakes con la sottoscrizione di un "Contratto di Lago per la gestione sostenibile del bacino gardesano", uno strumento che impegnerà i Comuni firmatari a lavorare concretamente in questo processo di risposta locale a tematiche discusse a livello planetario.

5.1 Principali impatti sul Lago di Garda

Abbassamento del livello

Un impatto legato alla diminuzione delle precipitazioni, del contenuto di acqua nelle falde e all'aumento di evapotraspirazione nei mesi estivi è la possibile diminuzione del livello idrico del Garda.
Le strategie di mitigazione più efficaci dovrebbero puntare principalmente a due obiettivi: la trattenuta di acqua nel bacino lacustre e il mantenimento in buono stato delle necessità irrigue della pianura sottostante.
Riorganizzare la gestione delle acque e l'uso del suolo coinvolgendo tutti gli stakeholder (diretti ed indiretti) sarà un importante passo futuro. Si dovrà puntare all'ottimizzazione della regolazione dei livelli tramite una sempre migliore gestione della diga di Salionze e delle chiuse presenti attorno al lago, anche ridefinendo progressivamente le quote dei livelli minimi nei periodi siccitosi estivi.
In un ottica di diminuzione della disponibilità idrica, si potrebbe anche considerare la necessità di fare leva su una più attenta pianificazione del territorio avendo tra i principali obiettivi e vincoli la conservazione qualitativa e quantitativa dell'acqua, evitando cioè che il suolo possa essere occupato da attività che comportino ingenti prelievi della risorsa. Particolare attenzione dovrà essere prestata alle tipologie di coltivazione agricola maggiormente auspicabili nel prossimo futuro.
Anche l'aumento del tasso di scioglimento dei ghiacciai, in particolare del ghiacciaio del Mandrone, così come ipotizzato dai modelli sviluppati dall'Austrian Institute Technology richiamati sopra, è un fattore di alterazione del bilancio idrologico gardesano, determinando un effetti sul bilancio idrico stagionale nel fiume Sarca, principale immissario che si origina proprio a valle del suddetto ghiacciaio. La mitigazione di questo potenziale impatto riguarda ancora l'utilizzo delle acque che, in una prospettiva di riduzione quantitativa, dovrà essere ancor più attento agli sprechi, puntando alla massima efficienza del suo sfruttamento.
La diminuzione delle precipitazioni e la maggiore evapotraspirazione delle superfici potrebbe causare anche la riduzione della portata dei tributari e dell'acqua di falda, entrambe concause della diminuzione dei livelli idrici. Sarebbe quindi necessaria una riflessione circa l'imposizione di vincoli o la creazione di norme specifiche che regolino il prelievo delle acque superficiali e profonde, evitando ad esempio l'irrigazione con acque freatiche durante i periodi siccitosi estivi, o eliminando le tecniche irrigue inefficienti e cercando di evitare lo sconfino nell'utilizzo dell'acqua di falda. L'introduzione di incentivi per programmi di razionalizzazione dell'acqua potrebbe certamente incentivare il mondo agricolo e stimolarlo ulteriormente in questa direzione.

L'abbassamento del livello del Garda avrebbe sicuramente effetti negativi sul turismo, che è una tra le principali attività economiche di quest'area. Per fronteggiare la perdita economica di questo settore si potrebbero sviluppare, anche nel breve periodo, proposte turistiche alternative al classico turismo rivierasco, promuovendo i parchi regionali, le attività sportive come il ciclismo, il trekking, l'equitazione, il turismo enogastronomico e il turismo green. Sempre a livello turistico l'installazione di impianti all'avanguardia, di serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana, lo sfruttamento delle acque grigie e un'attenta formazione del personale per la progettazione di impianti irrigui efficienti darebbe certamente un serio contributo agli sprechi d'acqua.
In un quadro di deficit idrico anche la concentrazione di inquinanti nei corsi d'acqua e a livello freatico sarebbe un impatto sicuramente negativo che potrebbe essere contrastato realizzando delle zone di transizione a copertura vegetale tra il corso d'acqua e le aree agricole, così da intensificare l'azione decontaminante della vegetazione e riducendo l'uso di fertilizzanti e pesticidi cercando a tale scopo di trovare un dialogo con i rappresentanti del mondo agricolo. Infine anche il miglioramento dell'efficienza degli impianti di depurazione, misura mediamente costosa, avrebbe effetti positivi sulla tutela della qualità dell'acqua.



Figura 39. Lago di Garda: scorcio. (foto: Elisabetta Bonzanini)

Deterioramento della qualità dell'acqua

La qualità dell'acqua è una caratteristica ambientale da cui dipende non solo lo sfruttamento delle acque ma l'intera sopravvivenza degli ecosistemi che si sono sviluppati intorno al Lago. Le principali caratteristiche idro chimiche e i processi fisici che avvengono nel Garda sono stati richiamati nel numero 13 della Collana Civiltà Gardesana.

Le strategie per contenere gli impatti sulla qualità dell'acqua dovrebbero agire su tre livelli: il sistema fognario e di trattamento dei reflui, l'agricoltura e l'uso del suolo, le abitudini dell'uomo, cercando di favorire stili di vita meno impattanti. E' importante sottolineare che in futuro le acque del Garda potrebbero avere un enorme importanza al fine di garantire un'idonea risorsa potabile per importanti agglomerati urbani del Nord Italia.

Lo sfruttamento del bacino gardesano in senso economico, in un quadro di cambiamento climatico, potrebbe mettere a rischio il mantenimento in buono stato della qualità dell'acqua gardesana. Le attività agricole, i reflui derivanti da insediamenti civili e industriali, i condotti fognari e gli impianti di trattamento delle acque costituiscono fonti di immissione in acqua di elementi come fosforo e azoto (da cui dipende la crescita di alghe, macrofite, microrganismi, molluschi e quindi di tutta la catena alimentare) e, in una prospettiva di diminuzione dei livelli del lago, la concentrazione di questi nutrienti, crescendo, potrebbe rappresentare un serio danno agli equilibri degli ecosistemi gardesani. La presenza di siti contaminati e gli stessi scarichi di navi ed imbarcazioni dovranno essere in futuro attentamente valutati anche alla luce di non prevenire fenomeni di deterioramento qualitativo dell'acqua.

Gli eventi estremi come le piogge pesanti sono responsabili di un maggior tasso di infiltrazione idrica nel terreno, aumentando il rischio di dilavamento delle sostanze fertilizzanti presenti nei terreni agricoli nelle aree coltivate a monte del lago e quindi di contaminazione delle falde, dei tributari o direttamente del Lago. Una azione di mitigazione in questo senso è rappresentata dall'attento utilizzo di sostanze chimiche in agricoltura e dalla creazione di "strisce vegetate" ovvero di cinture di vegetazione che, sfruttando il potere filtrante degli apparati radicali, andrebbe a tamponare l'input di inquinanti proveniente dai terreni.

La prevenzione dei rischi dovuti alla presenza di cianotossine nella catena di fornitura dell'acqua potabile potrà essere garantita tramite un monitoraggio attento delle popolazioni algali, aumentando il numero di stazioni per l'analisi di acqua, che dovrà essere prelevata a diverse profondità. In caso di reale necessità andrà previsto un efficace trattamento dell'acqua potabile con la rimozione delle alghe e delle cianotossine.

Potrà essere inoltre necessario ripensare la navigazione a motore sul Garda, impostando delle restrizioni maggiori imbarcazioni a motore per limitare l'input di carburanti nelle acque e favorendo le attività sportive legate alla vela o allo sfruttamento del vento.

Input da reflui civili, industriali e acque piovane

In un ottica di maggiore importanza futura della risorsa idrica diventerà fondamentale contenere l'input di sostanze inquinanti, oltre alla riduzione delle fonti puntuali di immissione, si dovrà agire sull'efficienza dei condotti fognari del bacino e sugli impianti di trattamento e purificazione di reflui civili, industriali e delle acque piovane. L'ammodernamento del sistema fognario dovrebbe prevedere l'aumento della capacità di stoccaggio riducendo cosi il rischio di tracimazione causato dalle precipitazioni estreme, e la separazione delle acque cosiddette "bianche" da quelle di fogna, o "nere". Gli impianti di trattamento dovranno quindi essere progettati in modo da mantenerne l'efficienza di depurazione anche in caso di piogge pesanti, scongiurando il rischio di tracimazione. Inoltre, per le attività industriali un pre-trattamento dei reflui, come la separazione degli oli, la filtrazione, l'ultrafiltrazione o un trattamento supplementare ad esempio con carboni attivi, potrebbe abbassare il potere inquinante di queste sostanze.

Riguardo alle misure preventive viene suggerito un monitoraggio costante delle acque a monte e a valle degli impianti e lungo i corsi d'acqua tributari creando una rete sufficientemente densa di stazioni che forniscano le analisi dei parametri rilevanti della qualità, come ad esempio una stazione di monitoraggio permanente della qualità di tutta la colonna d'acqua gardesana.

Impatti sulle coste

La salvaguardia delle coste è un azione fondamentale per la tutela degli habitat in cui trovano cibo e riparo l'avifauna, e sono presenti canneti e macrofite, preziose per lo sviluppo e l'alimentazione della fauna ittica. Bisognerà ad esempio attuare misure che permettano il miglioramento delle condizioni ecologiche grazie ad una pianificazione territoriale che eviti lo sfruttamento e l'artificializzazione di aree sensibili.

Con l'abbassamento dei livelli sarebbe invece necessaria la redazione di piani di emergenza che tengono conto dei danni causati da periodi siccitosi, soprattutto in concomitanza ad un abbassamento dei livelli delle falde, soprattutto nelle aree planiziali.

Il rischio di piene provocate da precipitazioni pesanti potrebbe minare la sicurezza

costiera. Sarebbe auspicabile che il dialogo sulla gestione dei livelli idrici massimi e minimi sia continuamente migliorato definendo dei chiari criteri di regolazione compatibili con le diverse situazioni climatiche. In caso di rischi di piena sarebbe ulteriormente doveroso limitare l'urbanizzazione in zone a rischio e attuare tutte le misure atte a mantenere la sicurezza sia delle coste che dei versanti dove avviene la formazione di colate detritiche e cioè favorire l'idonea copertura vegetale e la stabilizzazione dei pendii.

Impatti sulla pesca

Le misure di mitigazione ai possibili impatti sulla pesca sarebbero di tipo preventivo, volte cioè alla creazione di piani gestionali per una pesca sostenibile, con la regolazione delle dimensioni del pescabile, delle quote individuali di pesce, limitando i periodi di pesca, la dimensione delle reti, le località di pesca e imponendo gestioni conservative verso le specie in via di estinzione.
Sarà necessario un monitoraggio delle specie ittiche, della loro abbondanza e della presenza di specie alloctone e invasive per realizzare piani efficienti e credibili. Si potranno inoltre prevedere interventi di eradicazione delle specie predatrici invasive nei casi di reale necessità, soprattutto negli scenari futuri di possibile aumento di temperatura dell'acqua.

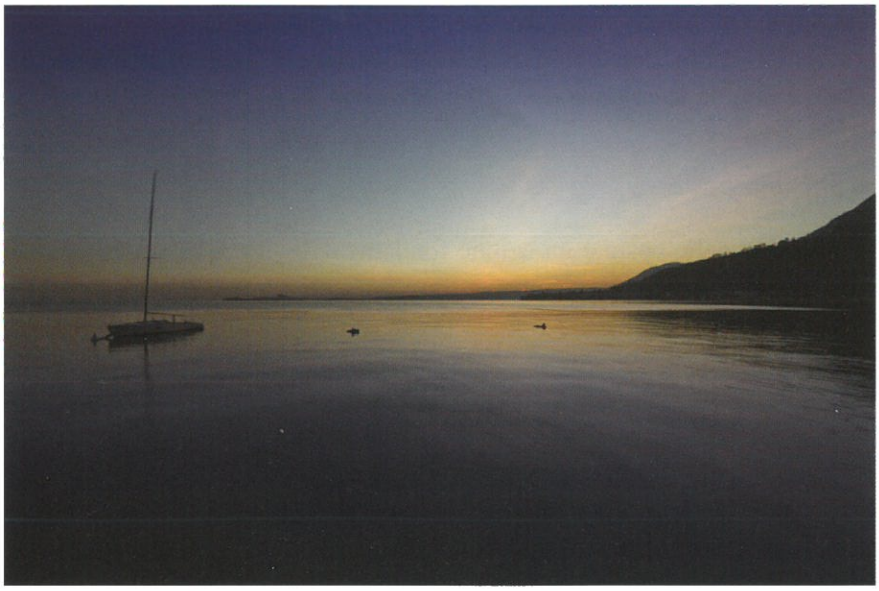


Figura 40. Lago di Garda al tramonto (foto: Nicola Belloni)

Impatti sull'agricoltura

Tre sono gli impatti di cambiamento climatico che interessano principalmente il mondo dell'agricoltura, ovvero il calo di precipitazioni, e quindi di acqua utilizzabile, l'innalzamento delle temperature estive, connesse ad un aumento dell'evapotraspirazione, e il verificarsi di eventi estremi. Per limitare le perdite economiche quali-quantitative connesse a tali rischi il mondo dell'agricoltura dovrebbe implementare alcuni opportuni accorgimenti alle pratiche agricole connesse all'irrigazione ed alla fertilizzazione. In campo agricolo gli obiettivi da perseguire per contrastare i cambiamenti climatici attesi sarebbero principalmente tre.

1. Ridurre la domanda di acqua irrigua.

Si suggeriscono alcune strategie tra cui la revisione dei piani irrigui, la formazione del personale e il cambiamento delle tecniche irrigue (ove praticabile, la coltivazione a goccia potrebbe sostituire quella per aspersione), considerando l'utilizzo di fonti irrigue alternative (come i sistemi di captazione delle acque meteoriche che si concentreranno nel periodo invernale). Sono da considerare inoltre la possibilità di impiegare specie e cultivar più efficienti nell'utilizzo dell'acqua, tolleranti i periodi siccitosi e le ondate di calore.

2. Aumentare l'efficienza nell'impiego di fertilizzante.

Impiegare fertilizzanti idonei, in dosaggi opportuni e con metodi di applicazione precisi, calibrando la data dell'intervento con lo stadio fenologico della coltivazione più opportuno. L'utilizzo di cultivar più efficienti nell'utilizzo del fertilizzante è suggerita.

3. Ridurre l'erosione.

L'aumento di intensità delle piogge pesanti ed altri eventi estremi potrebbe determinare un aumento dell'erosione. La strategia di adattamento che potrebbe limitare i danni connessi a questo rischio consiste nella stabilizzazione della struttura del suolo, grazie ad esempio all'apporto maggiore di sostanze organiche e limo, ma evitando allo stesso tempo un'eccessiva compattazione dello stesso (che potrebbe causare problemi alle tecniche di coltivazione oltre alla formazione di crosta superficiale).
Lungo i fiumi tributari, soprattutto lungo il corso del Sarca che attraversa le zone agricole del Trentino meridionale, a fianco alla non lavorazione degli argini si suggerisce la realizzazione di "strisce buffer", ovvero fasce filtranti per evitare la contaminazione diretta connessa all'utilizzo di fertilizzanti o pesticidi.

Impatti sui canneti

Anche in questo caso saranno la diminuzione delle precipitazioni, l'aumento di evapotraspirazione e l'abbassamento del livello idrico gli impatti di cambiamento climatico da tenere in considerazione nello studio delle strategie più idonee al mantenimento di questa componente dell'ecosistema idrico.

La gestione dei canneti dovrà essere attuata in modo da garantire il naturale sviluppo degli stessi, ovvero cercando di ottenere una struttura eterogenea per età che resisterebbe meglio ad eventuali stress idrici e siccità.

Si dovrà cercare la tutela di questi fragili ecosistemi istituendo norme di protezione più severe e limitando ancora l'insorgere di infrastrutture o abitazioni che possano danneggiarne la funzionalità ambientale.

Impatti legati alla diffusione di specie invasive

Il surriscaldamento climatico potrebbe avere, tra le conseguenze, quella di una diversa distribuzione ecosistemica con la migrazione a nord degli habitat al loro limite meridionale. Le componenti floristiche e faunistiche del territorio non troverebbero garantite le condizioni ecosistemiche necessarie alle loro esigenze vitali, condizioni più favorevoli invece a specie alloctone o "invasive" poiché in competizione con quelle autoctone. Sarà necessario intervenire rafforzando la cooperazione nazionale ed internazionale per la gestione di questo rischio. In particolare si dovrebbe agire:

- creando network internazionali per il monitoraggio delle specie aliene;
- creando normative e strumenti legali riguardo l'introduzione, il commercio, il possesso ed il controllo di tali specie;
- potenziando il monitoraggio a livello locale, per favorire un pronto intervento;
- tenere campagne informative per sensibilizzare la popolazione al controllo delle specie invasive (preferire la coltivazione e l'allevamento di specie locali, selezionare adeguatamente il materiale di propagazione, ecc..).

Impatti sulle foreste

Il principale rischio di cambiamento climatico per il settore forestale è connesso all'aumento del numero di incendi boschivi. In previsione di una crescita delle temperature e delle giornate siccitose, ovvero dei fattori d'innesco dell'incendio boschivo, potranno rendersi necessari interventi sulla viabilità forestale, tesi ad aumentarne l'estensione, e sulla dotazione di punti di rifornimento idrico, piazzole, moduli antincendio boschivo operando anche tramite un'adeguata e valida formazione delle squadre AIB. Nei Piani AIB dovrà essere posta attenzione anche sull'organizzazione delle fasi post-incendio boschivo per accelerare i processi di ricomposizione ecosistemica.

Con l'aumento delle temperature vi è poi il rischio della rarefazione, o della scomparsa, di specie che si trovano al limite meridionale del loro areale sia vegetali che animali, o degli endemismi che popolano il Parco Alto Garda Bresciano e il Monte Baldo (es. *Saxifraga tombeanensis*, *Daphnae petraea*).



Figura 41. Lago di Garda sud dal Monte Pizzocolo (foto in HDR: Carlo Cantoni)

Impatti sul turismo

In una prospettiva di abbassamento del livello idrico del Garda e di una riduzione generale delle risorse idriche potrà rendersi utile l'avvio di un percorso che preveda il coinvolgimento degli operatori del settore per la definizione di un Piano di Sviluppo Turistico che prenda in considerazione le alternative alle attività legate all'acqua. In particolare:

- Turismo ambientale: legato alle possibilità offerte dall'entroterra, tra cui trekking, biking, birdwatching, turismo green;
- Estendere la stagione turistica dei parchi di divertimento;
- Turismo del benessere come spa o turismo termale;
- Turismo enogastronomico;
- Turismo culturale e congressuale;
- Turismo equestre;

Tra le principali alternative da affiancare al più classico turismo rivierasco.

Impatti sulla salute umana

L'aumento nel numero di ondate di calore, l'intensificarsi di eventi estremi ed il verificarsi di condizioni climatiche idonee alla propagazione di malattie legate al clima sono i tre principali impatti che potrebbero avere ripercussioni sulla salute umana.

Necessario sarà quindi impostare innanzitutto campagne informative volte ad estendere l'informazione al pubblico, soprattutto alle categorie più vulnerabili della popolazione, come anziani e bambini attivando inoltre un servizio locale di previsione meteorologica e controllo della qualità delle acque che possa fornire informazioni accurate rispetto al verificarsi di tali periodi critici. L'obiettivo è quello di educare i cittadini alle pratiche di prevenzione principali prima e durante eventi

estremi o forti periodi di calore.

Il miglioramento del comfort termico sarà un obiettivo da perseguire anche negli spazi pubblici, aumentando lo spazio per aree verdi nella pianificazione del territorio, con piantumazioni, viali alberati e più punti di abbeveraggio pubblico.

In tema di contrasto alle ondate di calore un'indicazione da rivolgere al mondo delle progettazioni abitative e lavorative è quella di orientarsi sempre più verso modelli di design attenti al clima, ovvero che possano sfruttare le possibilità di raffreddare e riscaldare naturalmente gli edifici (ventilazione naturale, sistemi di raffreddamento passivi, orientamento, basso consumo energetico, finestre ad incasso per ridurre l'insolazione, tetti con sporgenze, tonalità adeguate), ipotizzare l'inserimento di materiale isolante nelle vecchie abitazioni. Sempre in fase di progettazione di nuovi edifici indichiamo la necessità di considerare il potenziale di cedimento/sollevamento delle fondamenta delle strutture, così da garantire sicurezza nei casi di piene o eventi di forte intensità. Infine, sempre in merito alla sicurezza della popolazione, il monitoraggio di argini, piloni di ponti e frane dovrà essere programmato a cadenze più ravvicinate ed in concomitanza di periodi critici ed in questo modo attuare tutti gli interventi necessari al ripristino della stabilità.

L'aumento delle temperature dell'aria, dell'acqua ed il cambiamento dei regimi di piovosità con siccità estive e piovosità invernali potrebbe avviare l'avvio di nuove malattie legate a condizioni climatiche più termofile (virus, alghe tossiche, batteri) il cui contrasto inizia proprio con la prevenzione. Anche in questo caso si consiglia quindi l'impostazione di programmi di monitoraggio particolarmente attenti e concentrati nei periodi favorevoli alla diffusione del patogeno. In particolare saranno da tenere controllate le malattie veicolate col cibo, in acqua o tramite animali (con trappole, campionamenti) eliminando i siti di proliferazione delle stesse. Il coordinamento tra le Aziende Sanitarie Locali e le agenzie ambientali territoriali è da incoraggiare.

5.2 Il progetto EuLakes e l'accessibilità dei dati: un web Gis a supporto degli stakeholders.

Il progetto EuLakes ha condotto numerose ricerche e ha prodotto numerosi report riguardanti i quattro laghi centro-europei studiati. L'obiettivo principale del progetto è tuttavia quello di favorire l'accesso delle comunità locali alla conoscenza scientifica. Per questo motivo è stato sviluppato un applicativo in ambiente web (www.eulakes-model.eu) volto ad offrire ai portatori di interesse uno strumento pratico e di facile utilizzo per raggiungere tutte le informazioni prodotte nell'ambito del progetto, nonché uno strumento di consultazione degli output di tipo geografico (mappe tematiche) con la possibilità di effettuare interrogazioni geografiche ed estrarre dati ed informazioni per ciascuna area di interesse.
In questo modo i portatori di interesse possono acquisire conoscenze e apprendere nozioni circa le strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici più consone alle loro aree e i decisori trovare supporto nell'approccio sistemico ai suggerimenti gestionali.

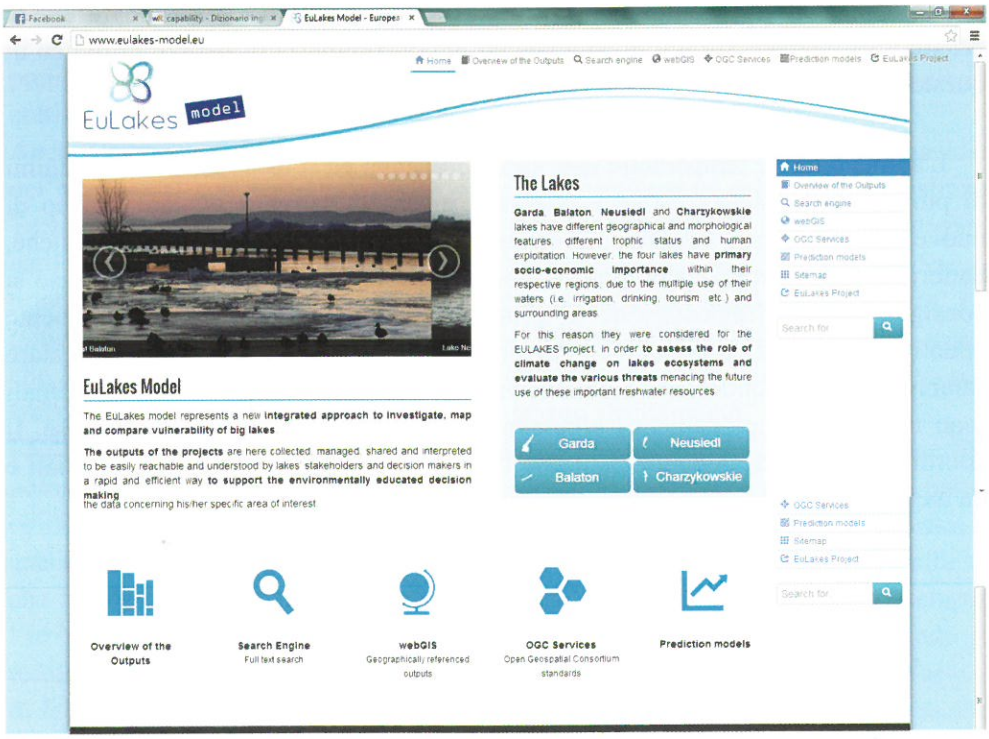


Figura 42. EuLakes webGIS.

In termini operativi l'applicativo contiene 5 differenti sezioni:

1. Overview degli outputs: l'utente può trovare un estratto dei principali output di progetto, suddivisi nelle sottosezioni passato, presente, futuro e management.; vi è inoltre la possibilità di scaricare gli output di progetto veri e propri;

2. Motore di ricerca: il motore di ricerca indirizza l'utente verso i contenuti collegati alle parole chiave da lui inserite;

3. webGIS: attraverso il webGIS è possibile visualizzare i dati aventi localizzazione geografica e procedere a specifiche interrogazioni degli stessi;

4. Servizion OGC (Open Geospatial Consortium): il servizio server dei dati, sviluppato da Fondazione Edmund Mach, è strutturato secondo gli standard dell'OGC che consentono l'interoperabilità sia da server che da client; attraverso questa soluzione i servizi geografici prodotti, sono utilizzabili da diversi client (via web o desktop) in modo che i dati siano accessibili da remoto e istantaneamente senza che sia necessaria la loro duplicazione nei client locali.

5. Modelli predittivi: i primi due modelli, sviluppati da Fondazione Edmund Mach, consentono di predire l'interazione tra clorofilla-fosforo e trasparenza dell'acqua, attraverso l'equazione OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), e la concentrazione di cianobatteri in relazione al contenuto di fosforo e clorofilla. Il terzo modello, sviluppato dall'Agenzia di Sviluppo e Coordinamento del Lago Balaton, consente invece di predire la concentrazione di clorofilla in correlazione alla presenza di nutrienti nelle acque.

EuLakes Model Water Quality: l'applicazione al Lago di Garda

Il modello predittivo Water Quality, sviluppato dall'Agenzia di Sviluppo e Coordinamento del Lago Balaton, e applicato a tutti e quattro i laghi di progetto si pone l'obiettivo di stimare l'impatto dei cambiamenti climatici, sviluppati dall'Istituto Austriaco di Tecnologia, sulla qualità delle acque e di quantificare l'effetto dell'adozione di misure di controllo della qualità delle acque finalizzate a ridurre gli impatti negativi di tali cambiamenti climatici. Sono stati utilizzati i due modelli globali di cambiamento climatico A1b e B1 per generare gli scenari predittivi locali. Per migliorare le conoscenze dei sistemi lacustri e generare i dati di input dei modelli di simulazione, sono stati analizzati i dati meteorologici, di qualità dell'acqua e dei sedimenti disponibili per ciascun lago. A causa della mancanza di alcuni dati necessari per individuare la specifica correlazione Cambiamento di temperatura – Concentrazione di clorofilla-a per il Lago di Garda, le predizioni per gli anni 2015, 2035, 2055, 2075 e 2095 sono state condotte partendo dal modello sviluppato per i laghi Neusiedl e Balaton, per i quali il plot dei dati disponibili era esaustivo. Il

modello si sviluppa considerando 3 componenti: idrodinamica, termodinamica e biochimica. I dati di input necessari sono: topografia, batimetria, serie temporali di dati meteo (temperatura dell'aria, velocità del vento, direzione del vento, radiazione solare, umidità relativa e precipitazioni), quantità di acqua in entrata dagli immissari, serie temporali del carico di fosforo e di clorofilla-a. Lo schema concettuale che illustra la relazione tra dati di input e output è mostrato nella figura seguente.

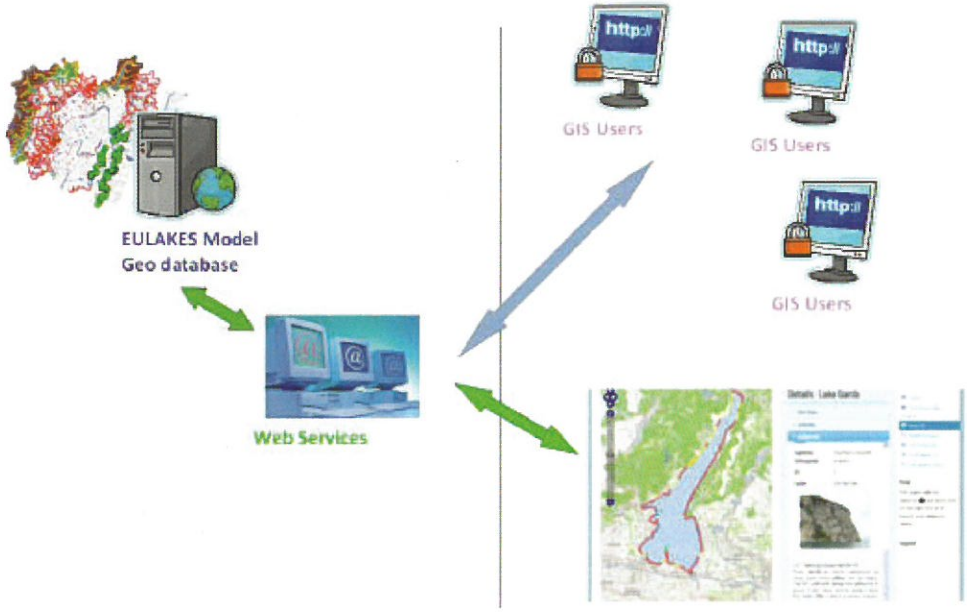


Figura 43. EuLakes webGIS - schema

Per il Lago di Garda, dall'applicazione del modello Water Quality, con le relative assunzioni (contenute in dettaglio nell'output 3.3.1+3.3.5 Development and running of EuLakes Water Quality Model – Phase B), ci si aspetta un incremento di circa il 20% nella concentrazione di clorofilla-a a metà del 21° secolo ed un ulteriore incremento del 25% alla fine del secolo. Ciò equivale ad un leggero incremento in termini assoluti (meno di 5 mg/m3), consentendo al Lago di Garda di permanere nel range di valori caratteristici dello stato di mesotrofia. Tuttavia, il grado di incertezza della predizione è piuttosto elevato a causa dell'incompletezza di alcuni dati di input del modello, quali il contenuto di fosforo e il comportamento dei sedimenti. Il rimescolamento completo della colonna d'acqua nel Lago avviene solamente eccezionalmente, quindi i sedimenti fungono da serbatoio di fosforo per anni o decenni. Gli eventi di rimescolamento potrebbero condurre ad aumenti dei carichi

interni di fosforo e a picchi massimi di concentrazione di Clorofilla-a come da modello predittivo. I risultati del modello devono essere interpretati con cautela. Dai risultati non si evince che il lago si troverà in uno stato trofico più elevato a causa dei cambiamenti climatici e nemmeno che la riduzione del carico di fosforo avrà effetti da moderati a trascurabili. A causa di un certo numero di fattori non considerati nel modello (ad esempio diverse specie algali, le catene trofiche, i cambiamenti a lungo termine nei sedimenti, lo sviluppo o la contrazione dei canneti,...) i risultati dovrebbero essere interpretati come indicazioni semi-quantitative: il clima potrebbe causare un peggioramento (non un miglioramento) della qualità delle acque ed ulteriori azioni mirate a ridurre i carichi di fosforo di provenienza esterna dovrebbero essere adottate con elevata priorità, con l'obiettivo di ridurre gli attesi effetti negativi.

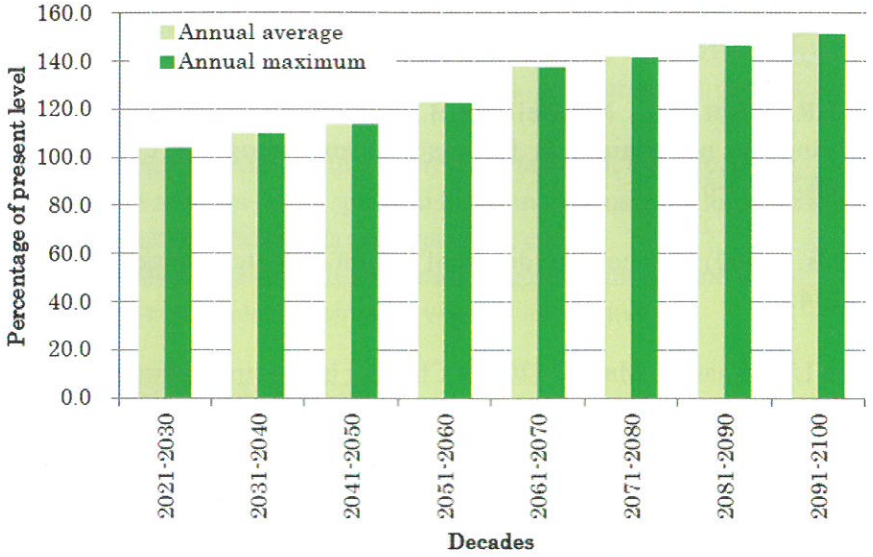


Figura 44. Evoluzione nella concentrazione di clorofilla-a

E' importante sottolineare che sia in letteratura che nelle sperimentazioni non ci sono evidenze affidabili che la riduzione del carico di azoto o di altri elementi componenti i nutrienti, eccetto il fosforo, possa essere efficace nel controllo dell'eutrofizzazione (Schindler et al. 2008, Schindler 2012). Il fosforo (o piuttosto il fosforo biologicamente disponibile) è l'unico elemento che può essere utilizzato nel controllo dell'eutrofizzazione di origine antropogena. Ci sono altre misure per migliorare la qualità delle acque, diverse dalla riduzione del carico di fosforo di origine esogena, come il dragaggio, la biomanipolazione, la copertura dei sedimenti, l'aerazione, tutte queste misure di fatto controllano il fosforo disponibile allo sviluppo di alghe e macrofite.

6. Bibliografia

Abbot D.S., Tziperman E. (2008): A high-latitude convective cloud feedback and equable climates. Q.J.R. Meteorol. Soc. 134, 165-185.

Agnihotri R., Dutta K., Bhushan R., Somayajulu B.L.K. (2002): Evidence for solar forcing in the Indian monsoon during the last millennium. Earth and Planetary Sciences Letters 198, 521-527.

Allen M.R., Stott P.A., Mitchell J.F.B., Schnur R., Delworth T.L. (2000): Quantifying the uncertainty in forecasts of anthropogenic climate change. Nature 407, 617-620.

Alley R.B. (2000): Ice-core evidence of abrupt climate changes. PNAS 97,4, 1331-1334.

Andersen U.J., Kaas E., May W. (2001): Changes in the storm climate in the North Atlantic/European region as simulated by GCM time-slice experiments at high resolution. Danish Climate Centre Report 01-1.

Anderson K., Bows A. (2011): Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world. Phil. Trans. R. Soc. A 369, 20-44.

Archer D., Martin P., Buffett B., Brovkin V., Rahmstorf S., Ganopolski A. (2004): The importance of ocean temperature to global biogeochemistry. Earth and Planetary Science Letters 222, 333-348.

Arneth A., Harrison S.P., Zaehle S., Tsigaridis K., Menon S., Bartlein P.J., Feichter J., Korhola A., Kulmala M., O'Donnell D., Schurgers G., Sorvari S., Vesala T. (2010): Terrestrial biogeochemical feedbacks in the climate system. Nature Geoscience 3, 525-532.

Bekker A., Kaufman A.J. (2007): Oxidative forcing of global climate change: A

biogeochemical record across the oldest Paleoproterozoic ice age in North America. Earth and Planetary Science Letters 258, 486-499.

Birks H.H., Ammann B. (2000): Two terrestrial records of rapid climatic change during the glacial – Holocene transition (14,000 – 9,000 calendar years B.P.) from Europe. PNAS 97,4, 1390-1394.

Boucher O., Pham M. (2002): History of sulfate aerosol radiative forcings. Geophys Res. Let, 29,9, 22.

Callicott J.B., Crowder L.B., Mumford K. (1998): Current Normative Concepts in Conservation. Conservation Biology 13,1, 22-35.

Cash D.W., Adger W.N., Berkes F., Garden P., Lebel L., Olsson P., Pritchard L., Young O. (2006): Scale and Cross-Scale Dynamics: Governance and Information in a Multilevel World. Ecology and Society 11,2, 8.

Casty C., Wanner H., Luterbach J., Esper J., Böhm R. (2005): Temperature and Precipitation Variability in the European Alps since 1500. Int.J.Climatol. 25, 1855-1880.

Chen G., Qian C., Zhang C. (2012): New Insights into Annual and Semiannual Cycles of Sea Level Pressure. Monthly Weather Review, April 2012, 1347-1355.

Chiang J.C.H., Friedman A.P. (2012): Extratropical Cooling, Interhemispheric Thermal Gradients, and Tropical Climate Change. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 40, 383-412.

Claussen M., Brovkin V., Ganopolski A., Kubatzki C., Petoukhov V. (2003): Climate change in Northern Africa: The past is not the future. Climatic Change 57, 99-118.

Cox M., Arnold G., Tomás S.V. (2010): A Review of Design Principles for community-based Natural Resource Management. Ecology and Society 15,4, 38.

Cubasch U., Zorita E., Kaspar F., Gonzalez-Rouco J.F., von Storch H., Prömmel K. (2006): Simulation of the role of solar and orbital forcing on climate. Advances in Space Research 37, 1629-1634.

Curry J.A. (1995): Interactions among aerosols, clouds, and climate of the Arctic

Ocean. The Science of the Total Environment 160/161, 777-791.

Danabasoglu G. (2004): A comparison of global ocean general circulation model solutions obtained with synchronous and accelerated integration methods. Ocean Modelling 7, 323-341.

De Geus A.P. (1988): Planning as Learning. Harvard Business Review March-April 1988, 70-74.

Diffenbaugh N.S., Ashfaq M. (2007): Response of California Current forcing to mid-Holocene insolation and sea surface temperatures. Paleoceanography 22, PA3101.

Eckerberg K., Joas M. (2004): Multi-level environmental governance: a concept under stress? Local Environment 9,5, 405-412.

EEA (2011): Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011. European Environmental Agency, Technical Report 2/2011.

Emile-Geay J. (2007): ENSO dynamics and the Earth's climate: from decades to the Ice Ages. Doctoral Thesis, Columbia University.

Ferreira D., Marshall J., Rose B. (2011): Climate determinism Revisited: Multiple Equilibria in a Complex Climate Model. J. of Climate 24, 992-1012.

Frei C., Christensen J.H., Déqué M., Jacob D., Jones R.G., Vidale P.L. (2003): Daily precipitation statistics in regional climate models: Evaluation and intercomparison for the European Alps. J. of Geophysical Research 108, doi: 10.1029/2002JD002287.

Friedlingstein P., Solomon s., Plattner G.-K., Knutti R., Ciais P., Raupach M.R. (2011): Long-term climate implications of twenty-first century options for carbon dioxide emission mitigation. Nature Climate Change; doi:10.1038/NCLIMATE1302.

Fu C., Wang S., Xiong Z., Gutowski W.J., Lee D.-K., McGregor J.L., Sato Y., Kato H., Kim J.-W., Suh M.-S. (2005): Regional climate model intercomparison project for Asia. BAMS 257-266.

Fung F., Lopez A., New M. (2011): Water availability in +2°C and +4°C worlds. Phil. Trans. R. Soc. A 369, 99-116.

Giorgi F., Hewitson B., Christensen J., Hulme M., von Storch H., Whetton P., Jones R., Mearns L., Fu C. (2001): Regional Climate Information – Evaluation and projections. In: Houghton J.T. et al. (eds): Climate Change. Cambridge University Press, 583-638.

Gondo T. (2011): Adaptive Co-management of Natural Resources: A Solution or Problem? J. Hum. Ecol. 33,2, 119-131.

Hegerl G.C., Allen M.R. (2002): Origins of Model-Data Discrepancies in Optimal Fingerprinting. J. Climate 15, 1348-1356.

Hegerl G.C., Hasselmann K., Cubasch U., Mitchell J.F.B., Roeckner E., Voss R., Waszkewitz J. (1997): Multi-fingerprint detection and attribution analysis of greenhouse gas, greenhouse gas-plus-aerosol and solar forced climate change. Climate Dynamics 13, 613-634.

Holmgren M., Scheffer M., Ezcurra E., Gutiérrez J.R., Mohren G.M.J. (2001): El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. Trends in Ecology & Evolution 16,2, 89-94.

Hong Y.T., Jiang H.B., Liu T.S., Zhou L.P., Beer J., Li H.D., Leng X.T., Hong B., Qin X.G. (2000): Response of climate to solar forcing recorded in a 6000-year δ18O time-series of Chinese peat cellulose. The Holocene 10,1, 1-7.

Hurrell J.W., van Loon H. (1997): Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. Climatic Change 36, 301-326.

IEA (2009): World Energy Outlook 2009. International Energy Agency, Paris.

K+F Consulting Kft, 2013: Development and running of the EULAKES Water Quality Model – Phase B – Final Report. EULAKES output 3.3.1+3.3.5, September 2013

Kaplan J.O., Krumhardt K.M., Zimmermann N.E. (2011): The effects of land use and climate change on the carbon cycle of Europe over the past 500 years. Global Change Biology, doi:10.1111/j.1365- 2486.2011.02580.x.

Keuler K., Lautenschlager M., Wunram C., Keup-Thiel E., Schubert M., Will A.,

Rockel B., Boehm U. (2009): Climate Simulation with CLM, Scenario A1B run no.1, Data Stream 2: European region MPIM/ MaD. World Data Center for Climate. doi:DOI:10.1594/WDCC/CLM_A1B_1_D2.
http://dx.doi.org/DOI:10.1594/WDCC/CLM_A1B_1_D2

Keuler K., Lautenschlager M., Wunram C., Keup-Thiel E., Schubert M., Will A., Rockel B., Boehm U. (2009): Climate Simulation with CLM, Scenario B1 run no.1, Data Stream 2: European region MPIM/ MaD. World Data Center for Climate. DOI:10.1594/WDCC/CLM_B1_1_D2.
http://dx.doi.org/10.1594/WDCC/CLM_B1_1_D2

Knudsen M.F., Seidenkrantz M.-S., Jacobsen B.H., Kuijpers A. (2011): Tracking the Atlantic Multidecadal Oscillation through the last 8,000 years. Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms1186.

Küttel M., Xoplaki E., Gallego D., Luterbacher J., García-Herrera R., Allan R., Barriendos M., Jones P.D., Wheeler D., Wanner H. (2010): The importance of ship log data: reconstructing North Atlantic European and Mediterranean sea level pressure fields back to 1750. Clim. Dyn. 34, 1115-1128.

Kysely J., Kalvova J., Kveton V. (2000): Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961-1995. Studia geoph. Et geod. 44, 57-72.

Kysely J. (2004): Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. Int. J. Biometeorol. 49: 91-97.

Lagerloef G., Schmitt R., Schanze J., Kao H.-Y. (2010): The Ocean and the Global Water Cycle. Oceanography 23,6, 82-93.

Laprise R., Regional climate modelling (2006). ScienceDirect - Journal of Computational Physics 227 (2008) 3641-3666.

Latif M., Keenlyside N.S. (2009): El Niño/Southern Oscillation response to global warming. PNAS 106, 49, 20578-20583.

Lautenschlager M., Keuler K., Wunram C., Keup-Thiel E., Schubert M., Will A., Rockel B., Boehm U. (2009): Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.1, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data

Center for Climate. doi:DOI:10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D2. http://dx.doi.org/DOI:10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D2

Leemans R., Eickhout B., Strengers B., Bouwman L., Schaeffer M. (2002): The consequences of uncertainties in land use, climate and vegetation responses on the terrestrial carbon. Science in China C 45, 126-141.

Lempert R., Nakicenovic N., Sarewitz D., Schlesinger M. (2004): Characterizing climate-change uncertainties for decision-makers. Climatic Change 65, 1-9.

Lockwood M., Fröhlich C. (2007): Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface air temperature. Proc. R. Soc. A 463, 2447-2460.

Lockwood M., Fröhlich C. (2008): Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface air temperature. II. Different reconstructions of the total solar irradiance variation and dependence on response time scale. Proc. R. Soc. A 464, 1367-1385.

Luterbacher J., Rickli R., Tinguely C., Xoplaki E., Schüpbach E., Dietrich D., Hüsler J., Ambühl M., Pfister C., Beeli P., Dietrich U., Dannecker A., Davies T.D., Jones P.D., Slonosky V., Ogilvie A.E.J., Maheras P., Kolyva-Machera F., Martin-Vide J., Barriendos M., Alcoforado M.J., Nunes M.F., Jónsson T., Glaser R., Jacobett J., Beck C., Philipp A., Beyer U., Kaas E., Schmith T., Bärring L., Jönsson P., Rácz L., Wanner H. (2000): Monthly mean pressure reconstruction for the late Maunder Minimum Perios (AD 1650-1715). Int. J. Climatol. 20, 1049-1066.

Lutterbach J., Xoplaki E., Dietrich D., Rickli R., Jacobeit J., Beck C., Gyalistras D., Schmutz C., Wanner H. (2002): Reconstruction of sea level pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to 1500. Climate Dynamics 18, 545-561.
Malik F. (1984): Strategie des Managements komplexer Systeme. Haupt, Bern.

Mann M.E., Cane M.A., Zebiak S.E., Clement A. (2005): Volcanic and Solar Forcing of the Tropical Pacific over the Past 1000 Years. Journal of Climate 18,3, 447-456.
Marmer E., Langmann B., Fagerli H., Vestreng V. (2007): Direct shortwave radiative fording of sulfate aerosol over Europe from 1900 to 2000. J. Geophys. Res. 112, D23S17, doi: 10.1029/2006JD008037.

Mayewski P.A., Meredith M.P., Summerhayes C., Turner J., Worby A. (2009): State of the Antarctic and Southern Ocean Climate System. Earth Science Faculty Scholarship, Paper 169, University of Maine.

Mazzarella A. (2008): Solar Forcing of Changes in Atmospheric Circulation, Earth's Rotation and Climate. Open Atmospheric Science Journal 2, 181-184.

Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W., Raper S.C.B., Frieler K., Knutti R., Frame D.J., Allen M.R. (2009): Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. Nature 438, 1158-1162.

Merlis T.M., Khatiwala S. (2008): Fast dynamical spin-up of ocean general circulation models using Newton-Krylov methods. Ocean Modelling 21, 97□105.
Mitchell T.D., Hulme M. (1999): Predicting regional climate change: living with uncertainty. Progress in Physical Geography 23,1, 57-78.

Myhre G., Myhre A., Stordal F. (2001): Historical evolution of radiative forcing of climate. Atmos. Env. 35, 2361-2373.

Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T.Y., Kram, T., La Rovere, E.L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Raihi, K., Roehrl, A., Rogner, H.-H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Vichtor, N., Dadi, Z. (2000): IPCC Special Report on Emissions Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge.

New M., Liverman D., Schroder H., Anderson K. (2011): Four degrees and beyond: the potential for a global temperature increase of four degrees and its implications. Phil. Trans. R. Soc. A 369, 6-19.

Oreskes N., Shrader-Frechette K., Belitz K. (1994): Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences. Science 263, 641-646.
Overpeck J., Webb R. (2000): Nonglacial rapid climate events: Past and future. PNAS 97,4, 1335-1338.

Pauling A., Luterbach J., Casty C., Wanner H. (2006): Five hundred years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. Climate Dynamics 26, 387-405.

Power S.B., Kleeman R. (1993): Multiple Equilibria in a Global Ocean General Circulation Model. J. of Physical Oceanography 23, 1670-1681.

Roeckner E. (2004): EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_C20SA_1, 6h values. World Data Center for Climate. CERA-DB "EH5-T63L31_OM_C20SA_1_6H" http://cerawww.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=EH5-T63L31_OM_C20SA_1_6H

Roeckner E., Lautenschlager M., Schneider H. (2006): IPCC-AR4 MPI-ECHAM5_T63L31 MPIOM_GR1.5L40 SRESA1B run no.1: atmosphere 6 HOUR values MPImet/MaD Germany. World Data Center for Climate. DOI:10.1594/WDCC/EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_A1B_1_6H. http://dx.doi.org/10.1594/WDCC/EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_A1B_1_6H

Roeckner E., Lautenschlager M., Schneider H. (2006): IPCC-AR4 MPI-ECHAM5_T63L31 MPIOM_GR1.5L40 SRESB1 run no.1: atmosphere 6 HOUR values MPImet/MaD Germany. World Data Center for Climate. DOI:10.1594/WDCC/EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_B1_1_6H. http://dx.doi.org/10.1594/WDCC/EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_B1_1_6H

Rogelj J., Meinshausen M., Knutti R. (2012): Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. Nature Climate Change, doi:10.1038/NCLIMATE1385.

Ross I., Valdes P.J., Wiggins S. (2008): ENSO dynamics in current climate models: an investigation using nonlinear dimensionality reduction. Nonlin. Processes Geophys. 15, 339-363.

Rummukainen M. (2010): State-of-the-art with regional climate models. WIREs Climate Change 1, 82-96.

Sanderson B.M., O'Neill B.C., Kiehl J.T., Meehl G.A., Knutti R., Washington W.M. (2011): The response of climate system to very high greenhouse gas emission scenarios. Environ. Res. Lett. 6; doi:10.1088/1748-9326/6/3/034005.

Santer B.D., Taylor K.E., Gleckleer P.J., Bonfils C., Barnett T.P., Pierce D.W., Wigley T.M.L., Mears C., Wentz F.J., Brüggemann W., Gillett N.P., Klein S.A., Solomon S., Stott P.A., Wehner M.F. (2009): Incorporating model quality information in climate change detection and attribution studies. PNAS 106, 35, 14778□14783.

Schindler, David W.,R. E. Hecky, D. L. Findlay, M. P. Stainton, B. R. Parker, M. J. Paterson, K. G. Beaty, M. Lyng and S. E. M. Kasian: Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-yearwhole-ecosystem experiment, PNAS, August 12, 2008, vol. 105,no.32,pp.11254–11258,www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0805108105

Shindell D.T., Schmidt G.A., Miller R.L., Mann M.E. (2003): Volcanic and Solar Forcing of Climate Change during the Preindustrial Era. Journal of Climate 16,24, 4094-4107.

Schindler, David W.: The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes, Proc. Royal Soc. Biology, Downloaded from rspb.royalsocietypublishing.org on August 27, 2013.

Schwartz S.E. (2005): Aerosol, clouds, and climate change. In Kasahara M., Kulmala M. (eds.): Nucleation and Atmospheric Aerosols 2004, 323-338, Kyoto Univ. Press. Smith M.S., Horrocks L., Harvey A., Hamilton C. (2011): Rethinking adaptation for a 4°C world. Phil. Trans. R. Soc. A 369, 196-216.

Smith T.M., Reynolds R.W (2003): Reconstruction of Monthly Mean Oceanic Sea Level Pressure Based on COADS and Station Data (1854-1997). J. Atmos. Ocean Technol. 21, 1272-1282.

UN (1979): Convention on long-range transboundary air pollution.

UN (1998): Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. v. Storch H. (2004): A Discourse About Quasi-realistic Climate Models and Their Applications in Paleoclimatic Studies. In: Fischer H., Kumke T., Lohmann G., Flöser G., Miller H., v. Storch H., Negendank J.W.F. (Eds.): The Climate in Historical Times. Towards a Synthesis of Holocene Proxy Data and Climate Models. Springer, Berlin; 43-56.

v. Storch J.-S., Müller P., Stouffer R.J., Voss R., Tett S.F.B. (1999): Variability of Deep-Ocean Mass Transport: Spectral Shapes and Spatial Scales. J. of Climate 13, 1916-1935.

Van Roosmalen L., Christensen J.H., Butts M.B., Jensen K.H., Refsgaard J.C.

(2010): An intercomparison of regional climate model data for hydrological impact studies in Denmark, J. of Hydrology 380, 406-419.

Williams J.W., Jackson S.T. (2007): Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. Front. Ecol. Environ. 5,9, 475-482.

World Meteorological Organization, Climate Models on www.wmo.int

Appendice A: *Il Contratto di Lago*

Lo studio dei cambiamenti climatici, dei possibili impatti e dei rischi ambientali, sociali ed economici, cui il Lago di Garda potrebbe andare incontro nei prossimi decenni, sono state le argomentazioni che hanno avviato la fase della governance ambientale nell'ambito del progetto Eulakes.
Le informazioni ottenute dalle ricerche condotte nelle varie fasi progettuali insieme alle successive elaborazioni ed alla comunicazione dei risultati hanno stimolato un dibattito sulla gestione dei cambiamenti climatici. Questo percorso è avvenuto coinvolgendo sia gli stakeholders in genere (cittadinanza, studenti, associazioni) sia i decisori politici, ovvero gli amministratori di Comuni, Enti Pubblici e Agenzie territoriali; con questi soggetti si è impostato un lavoro di governance che ha portato ad individuare il Contratto di Lago come strumento privilegiato per l'implementazione delle strategie di mitigazione/adattamento agli scenari climatici previsti.
Il percorso si è sviluppato in una serie di fasi, coordinate e sovraintese dalla Comunità del Garda, che hanno previsto dapprima una serie di incontri indirizzati ai policy and decision makers (in quest'ambito è avvenuta la presentazione dei principali risultati di progetto), e successivamente si è tenuta una fase di dibattimento, guidata da un governance team, che ha presentato ai soggetti intervenuti le svariate misure di mitigazione e di adattamento raggruppate nelle relative "categorie di impatto" (es. misure per contrastare l'abbassamento del lago, misure per rispondere alle ondate di calore, misure per l'adeguamento del sistema fognario,..).
Nel corso dei dibattimenti è emersa la necessità di proseguire il percorso di governance oltre l'orizzonte temporale di EuLakes. In tal modo infatti è possibile garantire un più approfondito dibattito e giungere, al termine di una fase di concertazione tra i Comuni ed Enti locali del bacino gardesano, alla definizione di un "Contratto di Lago - Lago di Garda" contente quelle misure realizzabili concretamente ed effettivamente. Raccogliere ovvero le azioni attuabili con la collaborazione e l'impegno della maggior parte degli stakeholders del bacino Gardesano. Di seguito si riporta il testo della prima versione del "Contratto", già sottoscritto da circa quindi amminsitrazioni comunali del bacino gardesano.

EULAKES – LOCAL AGREEMENT LAGO DI GARDA

Documento preparatorio al "Protocollo d'Intesa"

denominato

"CONTRATTO DI LAGO PER IL FUTURO DEL BACINO BENACENSE"

PREMESSO CHE:

• la Comunità del Garda, soggetto operante dal 1955 con l'obiettivo di rafforzare la governance nel bacino Gardesano è stata capofila del progetto di cooperazione Europea denominato: European Lakes under environmental stressors (supporting the lake governance to mitigate the impact of climate change) – EULAKES;

• Il progetto Eulakes ha l'obiettivo prevalente di accrescere la capacità di governance ambientale dei territori coinvolti soprattutto in vista dei futuri scenari di cambiamento climatico;

• Nell'ambito del progetto EULAKES, finanziato dal programma Europeo Central Europe, si è proposto il Contratto di Lago quale strumento a supporto della governance dei processi di sviluppo locale;

• Il Contratto di Lago viene perseguito per la sua capacità di coinvolgere in modo chiaro tutti i soggetti interessati nella gestione e/o utilizzo della risorse ambientali ed in particolare delle acque ricadenti nel bacino benacense, con particolare riferimento agli stakeholder individuati nelle indagini di Eulakes;

• Il Contratto di Lago si propone di assumere come orizzonte convenzionale quello relativo all'attuazione degli obiettivi di qualità della Direttiva 2000/60/CE (o "Direttiva Acque") che sottolinea, tra i requisiti strategici, la partecipazione e il coinvolgimento delle comunità locali;

• Il presente processo di costruzione del Contratto di Lago è basato sulle conoscenze e sull'esperienza acquisita nell'ambito del progetto EULAKES e si pone l'obiettivo di condividere ed attivare le più appropriate azioni di mitigazione ed adattamento a scenari di rischio ambientale in un contesto di probabile cambiamento climatico;

• Il progetto è strutturato nei seguenti Work Packages:
- WP1: Project management and coordination – gestione e coordinamento del progetto;
- WP2: Communication, knowledge management and dissemination – comunicazione, gestione delle conoscenze e disseminazione;
- WP3: Implementation of existing monitoring systems – Implementazione dei sistemi di monitoraggio esistenti;
- WP4: Vulnerability and risk assessment – Vulnerabilità e valutazione del rischio;
- WP5: Pilot actions – Azioni pilota;
- WP6: Joint transnational strategy development – a new model of environmental governance – Sviluppo di una strategia unitaria internazionale, un nuovo modello di governance ambientale.
• I contenuti del progetto sono disponibili in formato di report e interattivo presso il sito www.eulakes.eu e il sito eulakes-model.eu

PRESO ATTO CHE:

le indagini sviluppate nel progetto Eulakes hanno permesso di descrivere a scala regionale, i principali aspetti dei cambiamenti climatici che potranno interessare entro la fine del secolo il bacino Gardesano così come sinteticamente riassunti:
• Modifica dei regimi pluviometrici con un'alterazione della distribuzione stagionale e una riduzione complessiva della quantità di pioggia annua;
• Deposizione posticipata e scioglimento anticipato delle precipitazioni nevose nella componente montana del bacino imbrifero;
• Alterazione del regime termico con aumento complessivo della temperatura media fino a +5°C;
• Aumento della temperatura media dell'acqua;
• Aumento degli eventi estremi: forti precipitazioni, periodi siccitosi e ondate di calore;
• Diminuzione delle giornate di gelo.

CONSIDERATO CHE:

i principali impatti collegati alle variazioni climatiche sopra elencate sono così sintetizzabili:
• Alterazione dei cicli idrologici quindi delle dinamiche del livello del lago;
• Riduzione della capacità di rimescolamento della colonna d'acqua con conseguente alterazione della distribuzione dei nutrienti, ipossia, aumento dei processi di mineralizzazione al fondo;
• Alterazione della funzionalità del reticolo idrico superficiale;

• Alterazione della funzionalità dell'acqua di falda;
• Aumento del rischio di incendi boschivi;
• Diffusione di specie maggiormente termofile e maggiore probabilità di affermazione di nuove specie invasive;
• Esondazioni e dissesti idrogeologici.

CONSIDERATO ALTRESÌ CHE:

gli impatti dei cambiamenti climatici avranno effetti sulla funzionalità del sistema ambientale e socio economico dell'intero bacino benacense e che tali effetti possono essere in prima istanza denominati rischi e descritti come segue:

A - Rischi di ordine ecologico e ambientale
• Alterazione nella distribuzione degli habitat (ad esempio contrazione degli ambienti tipicamente alpini ed aumento degli ambienti più terrmofili, perdita di alcune comunità di macrofite);
• Contrazione degli habitat igrofili e microtermi (canneti, torbiere, ecc.);
• Rarefazione o scomparsa delle specie al limite meridionale del loro areale (es gallo forcello, gallo cedrone, Saxifraga tombeanensis, ecc);
• Espansione delle specie animali o vegetali maggiormente termofile;
• Inserimento di nuove specie animali o vegetali anche invasive.

B - Rischi di ordine socio-economico
• Deterioramento della qualità dell'acque ai fini potabili e di balneabilità per proliferazione di alcun specie algali (quali ad esempio cianobatteri);
• Incremento dei conflitti d'uso per l'utilizzo multifunzionale delle acque benacensi (turismo, agricoltura, uso potabile, sfruttamento idroelettrico);
• Aumento dei costi di potabilizzazione per deterioramento della qualità dell'acqua (es. presenza di cianotossine);
• Alterazione della funzionalità del profilo costiero;
• Difficoltà nelle attività di attracco e navigazione (in concomitanza all'abbassamento del livello);
• Congestione del collettore per aumento intensità di pioggia/livello del lago
• Rischi per la salute umana (ondate di calore)

VALUTATO INOLTRE CHE:

il lavoro tecnico-scientifico sviluppato nell'ambito del Progetto Eulakes ha definito una serie di misure di mitigazione e di adattamento.

SI ACCORDA:

con il presente Protocollo d'intesa ovvero si riconosce il dovere di collaborare con i soggetti firmatari per il perseguimento dei seguenti impegni per i prossimi anni di amministrazione:

- Supporto alla ricerca di soluzioni per l'ammodernamento dei sistemi di collettamento dei reflui fognari;
- Sostegno ad iniziative di implementazione dei sistemi di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici;
- Sostegno e sviluppo di percorsi di educazione ambientale sulle tematiche dei cambiamenti climatici e qualità delle acque benacensi;
- Promuovere campagne informative sugli effetti dei cambiamenti climatici e sulle azioni di prevenzione, mitigazione ed adattamento attuabili.

e di dare altresì continuità al processo di governance dei cambiamenti climatici così come indicato nel Progetto EuLakes con l'obiettivo è quello di giungere alla costruzione di un successivo Piano di Azione i cui contenuti ed obiettivi saranno il frutto del lavoro del territorio stesso, attuato con il Coordinamento della Comunità del Garda.

Il Presidente della Comunità del Garda
(Giorgio Passionelli)

Appendice B: *Selezione delle misure di mitigazione*

Allo scopo di stimolare il dialogo con e tra gli stakeholders e avviare il percorso di governance sostenibile del Garda è stato predisposto un "catalogo di mitigazione" contenente, in varie tabelle, alcune azioni di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici. Assegnando ad ognuna di queste un punteggio circa la loro fattibilità gli stakeholders hanno iniziato a creare una scala di priorità sugli interventi da implementare nei prossimi anni. Di seguito viene riportata una tabella esemplificativa di questo lavoro.

Scheda per la proposta e la selezione di misure di mitigazione/adattamento agli scenari climatici futuri.

Di seguito vengono elencate alcune misure di mitigazione/adattamento ai cambiamenti climatici individuate nell'ambito delle ricerche sviluppate con il progetto Eulakes. Obiettivo di questa scheda è la raccolta del parere degli stakeholders rispetto alla fattibilità delle stesse e della proposta di nuove misure qui non citate.

Al termine di questa attività di selezione potrà essere redatto un primo "catalogo di misure" da discutere in vista della redazione del "Contratto di Lago", per la gestione sostenibile del Lago di Garda.

Nella seguente tabella si chiede di esprimere un parere sulle varie misure proposte. Nella colonna attuazione si chiede di assegnare a ciascuna proposta un peso variabile da 0 = non utile/attuabile/interessante; 1 = misura da valutare; 2 = misura necessaria; 3 = misura prioritaria; X = misura già avviata. Responsabile = chi dovrebbe gestire la misura ; Commenti = ulteriori pareri/piani in cui integrare la misura.

Impatto: Abbassamento del livello idrico. *Obiettivo*: Efficiente stoccaggio dell'acqua.

Misura	Attuazione	Responsabilità	Commenti
Ottimizzare la gestione delle chiuse			
Promuovere la partecipazione del pubblico nella gestione delle acque			
...			
...			




foto: Carlo Cantoni

I Partner

Comunità del Garda [I]
Lead Partner
www.lagodigarda.it
Villa Mirabella, Via dei Colli 15
I-25083 Gardone Riviera (BS)

Agenzia provinciale di protezione dell'ambiente (ARPA) [I]
www.appa.provincia.tn.it

Fondazione Edmund Mach [I]
www.iasma.it

Istituto austriaco di tecnologia (AIT) [A]
www.ait.ac.at

Associazione per la conservazione della natura del Burgenland [A]
www.naturschutzbund-burgenland.at

Università di Pannonia [H]
www.uni-pannon.hu

Agenzia di coordinamento dello sviluppo del lago Balaton [H]
www.balatonregion.hu

Istituto Polacco di Meteorologia e gestione delle acque [PL]
www.imgw.pl

Consiglio Nazionale per la Ricerca
Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (CNR - IREA) [I]
http://milano.irea.cnr.it/water/water.htm

Ediguida Dicembre 2013

Il progetto è sostenuto dal CENTRAL EUROPE Programme cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR)
This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

CENTRAL EUROPE
COOPERATING FOR SUCCESS.

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND