

## **Le Alpi italiane e il cambiamento climatico: Elementi di vulnerabilità ambientale ed economica e possibili strategie di adattamento**

**Francesco Bosello<sup>1</sup>, Luca Marazzi<sup>2</sup>, Paulo A.L.D. Nunes<sup>3</sup>**

1 - Università degli Studi di Milano, Fondazione Eni Enrico Mattei,  
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

2 - Fondazione Eni Enrico Mattei,  
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

3 - Fondazione Eni Enrico Mattei,  
School for Advanced Studies in Venice Foundation - Venice International University,  
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

Prima versione: Agosto 2007. Rivisto: Novembre 2007

Questo rapporto nasce dalla collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) ed è stato realizzato all'interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007 a Roma. I principali risultati sono stati presentati nel workshop preparatorio alla CNCC "Le Zone Alpine Italiane: Implicazioni economiche del cambiamento climatico e strategie di adattamento". Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007. Commenti e suggerimenti sono benvenuti all'indirizzo [economics@apat.it](mailto:economics@apat.it) entro la fine di gennaio.

## Nota introduttiva

Questo rapporto nasce da un lavoro di collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) realizzato all'interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007.

APAT ha ritenuto importante realizzare uno studio sulla valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle relative misure di adattamento in Italia, al fine di fornire una prima analisi e alcuni strumenti metodologici su questa tematica.

I risultati dello studio sono stati raccolti in vari rapporti scientifici di sintesi sulla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e presentati sia nei workshop preparatori alla Conferenza Nazionale che nella seconda giornata della plenaria della CNCC:

- Le Zone Alpine Italiane: Implicazioni economiche del cambiamento climatico e strategie di adattamento. Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007
- La dimensione socio-economica, i costi dell'inazione e le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sul sistema italiano idrogeologico. Napoli, 9-10 luglio 2007
- La desertificazione, i costi dell'inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico. Alghero, 21-22 giugno 2007
- Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura, con una appendice su “Valutazione degli impatti del cambiamento climatico in aree costiere italiane: tre casi studio a confronto”. Palermo, 27-28 giugno 2007
- Gli impatti degli eventi estremi idrogeologici sulla vita umana: aspetti metodologici per la valutazione dei costi e delle politiche di intervento. Roma, 25 giugno 2007
- Gli impatti macroeconomici del cambiamento climatico sui vari settori economici e sul commercio internazionale con un modello di equilibrio generale. Roma, 13 settembre 2007 Plenaria CNCC

Durante la Conferenza Nazionale, l'APAT è stata individuata come organismo di supporto tecnico-scientifico necessario allo sviluppo di strategie e piani di adattamento ai diversi livelli territoriali, con funzioni di centro di competenza sugli impatti e sull' adattamento ai cambiamenti climatici.

E' per queste ragioni che APAT e CMCC, coerentemente con le proprie funzioni istituzionali e proseguendo il lavoro avviato con la preparazione della Conferenza sui Cambiamenti Climatici 2007, hanno deciso di collocare on line lo studio sulla valutazione economica degli impatti dei Cambiamenti Climatici, con lo scopo di favorire la conoscenza di documenti già disponibili, sollecitare la trasmissione di contributi e infine raccogliere i suggerimenti e commenti da parte della comunità scientifica di riferimento, da integrare nella versione che sarà prossimamente pubblicata.

Si prega di inviare eventuali commenti e suggerimenti all'indirizzo [economics@apat.it](mailto:economics@apat.it) entro la fine di gennaio.

## Indice

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>2. ALPI E ALPI ITALIANE: UNA DESCRIZIONE</b> .....	<b>5</b>
2.1. CARATTERISTICHE CLIMATICHE .....	7
2.2. TURISMO .....	8
2.3. AGRICOLTURA.....	12
2.4. BIODIVERSITÀ E FORESTE .....	14
2.5. EVENTI NATURALI ESTREMI.....	17
<b>3. ALPI, CAMBIAMENTO CLIMATICO E POSSIBILI IMPATTI IN UN’OTTICA “SETTORIALE”</b> .....	<b>20</b>
3.1. EVOLUZIONE CLIMATICA.....	20
3.2. TURISMO .....	21
3.3. AGRICOLTURA.....	22
3.4. BIODIVERSITÀ E FORESTE .....	24
3.5. EVENTI NATURALI ESTREMI.....	25
<b>4. ALPI: ALCUNI ELEMENTI PER UNA VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO</b> .....	<b>28</b>
4.1. TURISMO .....	28
4.1.1. <i>Una visione generale</i> .....	28
4.1.2. <i>Il turismo invernale</i> .....	33
4.1.3. <i>Turismo: strategie di adattamento al cambiamento climatico.</i> .....	36
4.1.4. <i>Turismo: Conclusioni</i> .....	40
4.2. AGRICOLTURA.....	40
4.3. BIODIVERSITÀ .....	44
4.4. EVENTI NATURALI ESTREMI E DISSESTO IDRO-GEOLOGICO .....	44
<b>5. RESEARCH GAP</b> .....	<b>47</b>
<b>6. CONCLUSIONI</b> .....	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>50</b>
<b>APPENDICE METODOLOGICA</b> .....	<b>55</b>
A.1. UNA STRATEGIA PER UNA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI ECONOMICI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO .....	55
A.1.1 <i>Il benchmark “senza cambiamento climatico”</i> .....	56
A.1.2 <i>Gli scenari di cambiamento climatico e valutazione economica</i> .....	57
A.2. METODOLOGIE DI VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO E DELLE STRATEGIE DI INTERVENTO.....	58
A.2.1 <i>Equilibrio parziale e equilibrio generale</i> .....	59
A.2.2 <i>Valori di mercato e valori non di mercato</i> .....	60
A.3. FOCUS SULLA BIODIVERSITÀ: VALORI E METODOLOGIE DI VALUTAZIONE .....	62
A.3.1 <i>Definire la biodiversità</i> .....	62
A.3.2 <i>Misurare la biodiversità</i> .....	63
A.3.3 <i>Una valutazione economica della biodiversità</i> .....	64
A.4. IL MODELLO HTM E IL PROCESSO DI “DOWNSCALING” A LIVELLO PROVINCIALE .....	66

## **1. Introduzione**

Il presente lavoro si prefigge l'obiettivo di fare il punto sullo stato delle conoscenze circa la rilevanza economica dei cambiamenti climatici nelle zone alpine italiane e dei possibili costi e benefici associati ad opportune strategie di adattamento. Sono prese in considerazione cinque aree tematiche principali: turismo, agricoltura, foreste, biodiversità, eventi naturali estremi in quanto dal punto di vista economico, sociale e ambientale sembrano presentare gli elementi di maggior criticità nei confronti di una variazione delle condizioni climatiche future.

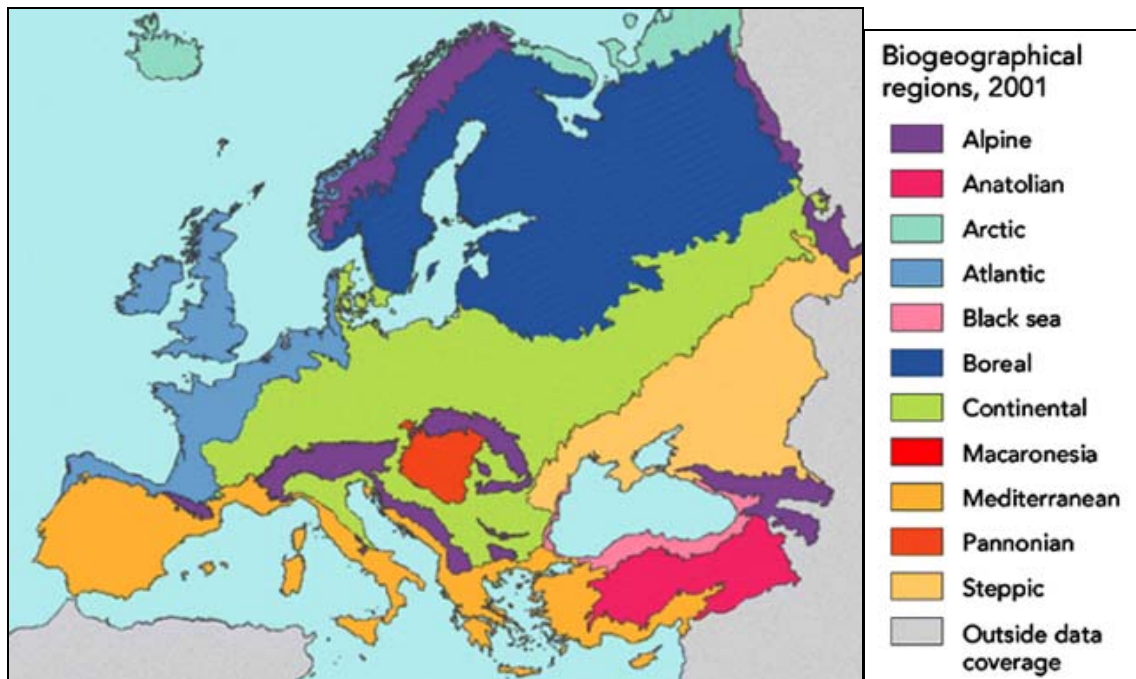
Per quanto possibile si cerca di porre l'accento su elementi di quantificazione economica, in seconda istanza, qualora le informazioni accessibili non fossero di qualità e quantità appropriata, si cerca di evidenziare l'impatto del cambiamento climatico attraverso indicatori indiretti comunque di rilevanza economica es: numero di impianti sciistici a "rischio stagione", variazione negli arrivi e presenze turistiche, variazione nella produttività di colture tipiche, incremento di rischio valanghe, incendi etc. In assenza totale di dati si cerca comunque di fornire qualche indicazione almeno degli ordini di grandezza economici coinvolti, descrivendo la situazione presente e/o futura prevista per realtà nazionali diverse, ma comparabili a quella italiana.

La ricerca è strutturata in quattro parti principali: la prima propone una descrizione della presente situazione climatica, ambientale ed economica delle aree di criticità identificate; la seconda descrive invece i possibili sviluppi in ciascuno di questi aspetti derivanti dal cambiamento climatico; la terza propone alcuni elementi di quantificazione economica di impatti e adattamento, la quarta identifica le aree in cui maggiore ricerca è necessaria. L'ultima sezione conclude. Gli aspetti più metodologici sono trattati in un'apposita appendice.

## 2. Alpi e Alpi Italiane: una descrizione

Le Alpi costituiscono una delle parti più importanti della regione biogeografica alpina europea (Fig. 1).

Fig. 1 Mappa delle regioni biogeografiche europee



Fonte: EEA dataservice (2007)

Secondo la Convenzione delle Alpi il territorio alpino si estende per un totale di 190.912 Km<sup>2</sup>, pari al 4,4% del territorio dell'Unione Europea.

E' un'area geografica ed antropica su cui convergono tre grandi ceppi linguistici: quello latino, quello germanico e quello slavo. Più del 40% della popolazione alpina è di lingua tedesca, il 35% di lingua italiana, il 20% di lingua francese e il 5% di lingua slovena. Ma nelle Alpi, oltre alle lingue ufficiali, si contano centinaia di lingue minori e di dialetti.

Il 27,5%, del territorio alpino, corrispondente a un totale di circa 52.500 Km<sup>2</sup>, è situato in Italia. Le Alpi italiane si sviluppano su sette regioni: Liguria, Piemonte, Lombardia, Valle d'Aosta, Veneto, Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia-Giulia, la cui componente montuosa varia da regione a regione (Tab. 1) andando dal 100% della Valle d'Aosta e del Trentino Alto Adige al 29% del Veneto (ISTAT, 2005).

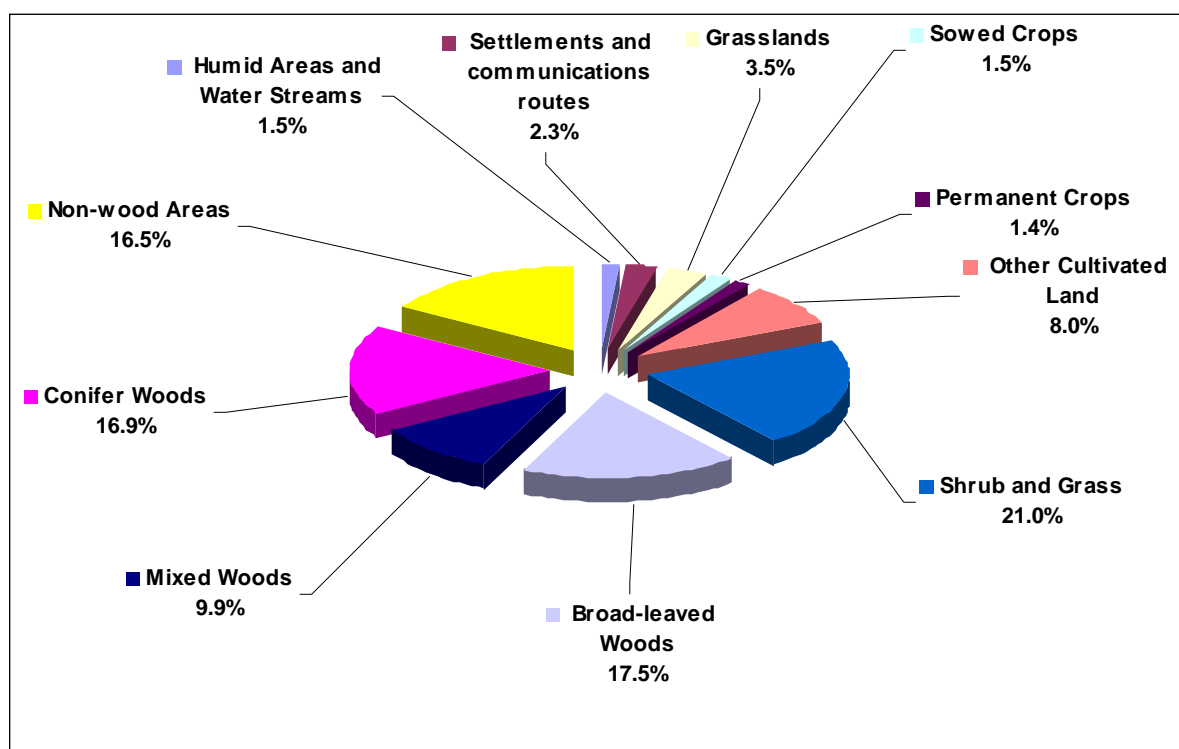
Tab. 1: Percentuale della superficie regionale classificata per altimetria, periodo di riferimento 31 dicembre 2005.

	Montagna	Collina	Pianura
Piemonte	43.3	30.3	26.4
Valled'Aosta	100.0	-	-
Lombardia	40.5	12.4	47.1
Trentino-Alto Adige	100.0	-	-
Veneto	29.1	14.5	56.4
Friuli-Venezia Giulia	42.6	19.3	38.1
Liguria	65.1	34.9	-

Fonte: nostra elaborazione da ISTAT (2005)

Il suolo nelle Alpi italiane (Fig. 2) è dominato da aree boscate (latifoglie, conifere e boschi misti rappresentano il 44.3% della copertura totale), seguite da arbusti e prati (21% del totale), e dalle aree rocciose non boscate (16.5%). Gli insediamenti umani e le vie di comunicazione occupano solamente il 2.3% del territorio, mentre il rimanente 14.4% è dedicato a differenti attività agricole (Guthler, 2002).

Fig.2. Uso del suolo nelle Alpi italiane.



Fonte: Guthler 2002

Le Alpi italiane sono abitate da circa il 6.4% della popolazione italiana totale, cioè da circa 3,6 milioni di persone (Haberl et al., 2002).

## 2.1. Caratteristiche climatiche<sup>1</sup>

Le Alpi sono soggette a quattro determinanti climatiche principali: l'aria tiepida e umida proveniente dall'Atlantico che spira da ovest; l'aria calda mediterranea proveniente da sud; l'aria polare da nord; e l'aria della massa continentale - fredda e secca in inverno e calda in estate – che soffia da est. Il clima alpino è inoltre influenzato dalle tempeste che attraversano l'Atlantico o che si sviluppano nel Mediterraneo. Le Alpi a loro volta esercitano un'influenza considerevole sulle dinamiche climatiche a causa delle loro caratteristiche geografiche (soprattutto la loro estensione e altitudine), e ambientali (vegetazione e copertura nevosa).

Tratto distintivo dell'area alpina è la notevole differenziazione spaziale del suo clima in cui temperature e precipitazioni variano considerevolmente a seconda delle diverse caratteristiche fisiche e geo-morfologiche. I fondovalle sono generalmente più caldi e secchi dei rilievi circostanti. Le temperature medie rilevate nel mese di gennaio nelle valli variano da -5 °C a 4 °C, fino a 8 °C nelle aree montane confinanti con il Mediterraneo. Le temperature medie rilevate nei fondovalle a luglio variano invece da 15 a 24 °C. Fenomeni di inversione termica sono comuni d'autunno e d'inverno fino a un'altitudine di circa 1000 metri. Le temperature oltre questa altitudine sono generalmente più miti che nei fondovalle, tuttavia alle altitudini molto elevate la temperatura riprende a ridursi con l'aumentare della quota.

Le precipitazioni nelle Alpi sono caratterizzate da un gradiente est-ovest: meno precipitazioni nella Svizzera orientale e in Austria rispetto alle Alpi occidentali esposte all'umidità proveniente dall'Atlantico. In inverno, quasi tutte le precipitazioni sopra i 1500 metri cadono sottoforma di neve. La copertura nevosa dura approssimativamente da metà novembre alla fine di maggio ad un'altitudine di circa 2000 metri.

Stagionalmente il picco di temperatura si registra durante i mesi estivi.

La stagionalità delle piogge è molto variabile spazialmente e dipendente da specifica località e orografia.

Ricostruzioni ad alta risoluzione del clima nelle Alpi dal 1500 mostrano una progressiva transizione dalle condizioni “fredde” predominanti prima del 1900 a quelle “calde” attuali avvenuta durante il ventesimo secolo e che sembra essere destinata a protrarsi nel tempo. I trend di temperatura dell'ultimo secolo vedono un aumento delle minime notturne fino a 2 °C e un aumento più modesto delle massime. Il trend di riscaldamento osservato nelle Alpi dalla metà degli anni '80, pur tendenzialmente in linea con il trend globale, è di circa tre volte superiore a quest'ultimo. L'aumento di temperatura più significativo è stato registrato a partire dagli anni '90. Il 1994, 2000, 2002, e in particolar modo il 2003, sono stati gli anni più caldi registrati nelle Alpi negli ultimi 500 anni. A differenza della temperatura, non c'è una tendenza simile riscontrabile nelle precipitazioni, sebbene sia stato osservato una loro lieve diminuzione a partire dal 1970 circa.

---

<sup>1</sup> Questo paragrafo è estratto da OECD (2007)

## 2.2. Turismo

Sia in termini di offerta che di domanda, l'attività turistica nelle regioni alpine italiane è estremamente rilevante socialmente ed economicamente su scala regionale e nazionale.

Secondo Unioncamere (2005), nel 2004, le 8.917 strutture turistiche collocate in regioni classificate come montuose in Italia hanno fornito una capacità ricettiva totale di 302.190 e 277.634 posti letto in strutture alberghiere e extra alberghiere rispettivamente. Il 52,1% dei posti letto è concentrato in hotel, il 18,1% in campeggi e villaggi, il 15,4% in appartamenti e il 3,6% in rifugi d'alta quota. Le strutture alberghiere sono di categoria medio-bassa: il 48% 3-stelle e il 21,6% 2-stelle. L'87% di questa offerta è localizzata nella regione alpina (Tab. 2) e in particolare in Trentino Alto Adige (36,8% delle strutture turistiche e il 44,8% dei posti letto), in Veneto (43,8% delle strutture turistiche e il 16,3% dei posti letto), Piemonte (5,6% delle strutture turistiche e il 10% dei posti letto) e Valle d'Aosta (2,7% delle strutture turistiche e il 7,6% dei posti letto).

Tab. 2: Strutture turistiche nella regione alpina italiana e nel totale delle aree montuose italiane.

		Piemonte	Valle d'Aosta	Lombardia	Trentino Alto Adige	Veneto	Friuli Venezia Giulia	Aree di Montagna Italiane
<b>Hotels</b>	<i>nr</i>	607	386	498	4282	564	66	7187
	<i>Letti</i>	23907	17720	23601	175355	25019	4408	302190
	<i>Camere</i>	12104	8363	11946	86233	12098	2244	149710
<b>Campeggi</b>	<i>nr</i>	76	41	23	166	29	4	402
	<i>Letti</i>	18257	17874	8372	26806	13155	3515	105156
<b>Appartamenti</b>	<i>nr</i>	188	44	143	2809	9617	56	13038
	<i>Letti</i>	2621	551	4147	28983	39896	647	89148
<b>Ecoturismo e case di campagna</b>	<i>nr</i>	142	31	11	1335	48	2	2005
	<i>Letti</i>	1615	305	127	11677	442	39	19171
<b>Ostelli della gioventù</b>	<i>nr</i>	7	3	--	5	2	2	50
	<i>Letti</i>	119	216	--	251	153	133	2147
<b>Seconde case</b>	<i>nr</i>	99	73	17	112	133	20	507
	<i>Letti</i>	6755	3445	1259	7104	8620	1043	30990
<b>Rifugi</b>	<i>nr</i>	142	47	55	189	98	--	578
	<i>Letti</i>	4127	3061	2654	7389	2551	--	20654
<b>Altro</b>	<i>nr</i>	--	16	3	62	54	--	189
	<i>Letti</i>	--	775	43	1857	3951	--	8167
<b>Bed and Breakfast</b>	<i>nr</i>	101	29	13	28	160	51	461
	<i>Letti</i>	434	110	96	163	774	206	2201
<b>Totale</b>	<i>nr</i>	1362	670	763	8988	10705	201	24417
	<i>Letti</i>	57835	44057	40299	259585	94561	9991	579824
<b>% del totale nazionale</b>	<i>nr</i>	5.6	2.7	3.1	36.8	43.8	0.8	100
	<i>Letti</i>	10.0	7.6	7.0	44.8	16.3	1.7	100

Fonte: Nostro adattamento da Unioncamere (2005)

Le regioni alpine italiane raccolgono anche l'88,6% dell'offerta turistica invernale, circa l'85% della lunghezza delle piste e l'81% degli impianti di risalita del totale delle regioni montuose italiane. Ancora una

volta queste sono principalmente situate in Trentino – Alto Adige, Veneto, Piemonte e Valle d’Aosta (vedi tabella 3).

Tab. 3 Dati sulle stazioni sciistiche.

	Stazioni sciistiche alpine		Lunghezza piste		Impianti a fune	
	nr	% sul totale nazionale	Km	% sul totale nazionale	nr	% sul totale nazionale
<b>Piemonte</b>	19	9.8	1379.000	20.8	329	14.3
<b>Valle d'Aosta</b>	16	8.3	878.000	13.3	169	7.4
<b>Lombardia</b>	25	13.0	1143.100	17.3	342	14.9
<b>Trentino-Alto Adige</b>	82	42.5	1481.960	22.4	666	29.0
<b>Veneto</b>	24	12.4	632.000	9.5	287	12.5
<b>Friuli-Venezia Giulia</b>	5	2.6	95.000	1.4	75	3.3
<b>Total Regioni Alpine</b>	171	88.6	5609.060	84.7	1868	81.4
<b>Italia</b>	193	100.0	6618.710	100.0	2296	100.0

Fonte: Nostro adattamento da Unioncamere (2005)

Secondo le statistiche ufficiali (ISTAT, 2007), nel 2005 le strutture turistiche alpine in Italia hanno registrato più di 8 milioni di arrivi (grossomodo il 60% dei quali nazionali e il 40% internazionali) per un totale di più di 43 milioni di presenze (vedi tabella 4). Ciò corrisponde rispettivamente al 9,3% e al 12,2% della domanda turistica totale in Italia (vedi tabella 5). In valori assoluti e relativi, la domanda turistica alpina è dominata dal Trentino Alto Adige con i suoi oltre 5 milioni di arrivi e oltre 29 milioni presenze nel 2005 che costituiscono da soli rispettivamente il 64% e il 67% della domanda turistica della regione alpina nel suo complesso e il 6% e 8,2% del totale nazionale. In seconda posizione si colloca il Veneto con i suoi quasi 850 mila arrivi e più di 5 milioni di presenze che coprono rispettivamente il 10,3% e il 12% del totale della regione alpina e l’1% e 1,5% del totale nazionale. Il turismo alpino in Lombardia, Piemonte e Valle d’Aosta contribuisce in ognuna di queste regioni con circa lo 0,7% alla domanda turistica nazionale, in Friuli con lo 0,3%.

A livello regionale, il turismo alpino risulta preponderante in Valle d’Aosta dove costituisce l’80% della domanda turistica totale, poi in Trentino alto Adige (72%) e in Piemonte (22%).

Tab. 4: Domanda di turismo alpino in Italia (Hotel e altre strutture). Valori assoluti. Periodo di riferimento: 2005.

		ITALIANI		INTERNAZIONALI		TOTALI	
		Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze
<b>Piemonte</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>404695</b>	<b>1548376</b>	<b>176259</b>	<b>723545</b>	<b>580954</b>	<b>2271921</b>
	Alberghi	253287	885573	141532	590757	394819	1476330
	Altre strutture	151408	662803	34727	132788	186135	795591
	<i>Totale Regionale *</i>	1926664	5748813	1362734	4460377	3289398	10209190
<b>Valle d'Aosta</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>419548</b>	<b>1697665</b>	<b>206963</b>	<b>825068</b>	<b>626511</b>	<b>2522733</b>
	Alberghi	279373	1113378	140700	671931	420073	1785309
	Altre strutture	140175	584287	66263	153137	206438	737424
	<i>Totale Regionale</i>	579753	2171485	275971	1017163	855724	3188648
<b>Lombardia</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>456121</b>	<b>1956936</b>	<b>164778</b>	<b>898972</b>	<b>620899</b>	<b>2855908</b>
	Alberghi	385663	1559076	136982	710746	522645	2269822
	Altre strutture	70458	397860	27796	188226	98254	586086
	<i>Totale Regionale</i>	5250560	13513079	4490411	12981889	9740971	26494968
<b>Trentino Alto Adige</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>2896108</b>	<b>15840428</b>	<b>2386289</b>	<b>13382877</b>	<b>5282397</b>	<b>29223305</b>
	Alberghi	2397258	12773659	1993910	11104005	4391168	23877664
	Altre strutture	498850	3066769	392379	2278872	891229	5345641
	<i>Totale Regionale</i>	3702055	19095615	4077784	21555567	7779839	40651182
<b>Veneto</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>647423</b>	<b>4415615</b>	<b>202364</b>	<b>812305</b>	<b>849787</b>	<b>5227920</b>
	Alberghi	387121	1717496	133850	529145	520971	2246641
	Altre strutture	260302	2698119	68514	283160	328816	2981279
	<i>Totale Regionale</i>	4916151	24579789	7571713	32145516	12487864	56725305
<b>Friuli Venezia Giulia</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>199293</b>	<b>1059659</b>	<b>55908</b>	<b>231029</b>	<b>255201</b>	<b>1290688</b>
	Alberghi	110784	383003	41101	154207	151885	537210
	Altre strutture	88509	676656	14807	76822	103316	753478
	<i>Totale Regionale</i>	1043382	5052286	694219	3339001	1737601	8391287
<b>Totale Regioni Alpine</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>5023188</b>	<b>26518679</b>	<b>3192561</b>	<b>16873796</b>	<b>8215749</b>	<b>43392475</b>
	Alberghi	3813486	18432185	2588075	13760791	6401561	32192976
	Altre strutture	1209702	8086494	604486	3113005	1814188	11199499
	<i>Regional Total*</i>	17418565	70161067	18472832	75499513	35891397	145660580
<b>Totale Aree Montane</b>	<b>Strutture Turistiche Totali</b>	<b>5750971</b>	<b>29169051</b>	<b>3323923</b>	<b>17447273</b>	<b>9074894</b>	<b>46616324</b>
	Alberghi	4384086	20338588	2677598	14066156	7061684	34404744
	Altre strutture	1366885	8830463	646325	3381117	2013210	12211580
	<i>Totale Regionale</i>	42061585	172832526	34764795	133734902	76826380	306567428
<b>Totale Italia</b>	<b>Totale Nazionale</b>	<b>50211873</b>	<b>206754120</b>	<b>38126691</b>	<b>148501052</b>	<b>88338564</b>	<b>355255172</b>

Fonte: ISTAT (2007)

Note:

° L' ISTAT, riporta arrivi e presenze strutture alberghiere e altre strutture in aree classificate come "montagna" per ogni regione italiana. Si ipotizza che nelle regioni del Nord Italia considerate, "montagna" sia una ragionevole approssimazione di alpino.

°Include: campeggi, villaggi turistici, appartamenti in affitto, agri-turismi, ostelli della gioventù, seconde case, rifugi, altro.

\*si riferisce ad arrivi e presenze in strutture alberghiere e altre strutture nella regione nel suo complesso.

Tab. 5: Domanda turistica nelle Alpi italiane. Percentuali regionali, alpine e sul totale nazionale. Periodo di riferimento 2005.

		ITALIANI		STRANIERI		TOTALI	
		Arrivi	Giorni di soggiorno totali	Arrivi	Giorni di soggiorno totali	Arrivi	Giorni di soggiorno totali
<b>Piemonte</b>	Percentuale del totale regionale	21.0	26.9	12.9	16.2	17.7	22.3
	Percentuale del totale Alpi	8.1	5.8	5.5	4.3	7.1	5.2
	Percentuale del totale nazionale	0.8	0.7	0.5	0.5	0.7	0.6
<b>Valle d'Aosta</b>	Percentuale del totale regionale	72.4	78.2	75.0	81.1	73.2	79.1
	Percentuale del totale Alpi	8.4	6.4	6.5	4.9	7.6	5.8
	Percentuale del totale nazionale	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7	0.7
<b>Lombardia</b>	Percentuale del totale regionale	8.7	14.5	3.7	6.9	6.4	10.8
	Percentuale del totale Alpi	9.1	7.4	5.2	5.3	7.6	6.6
	Percentuale del totale nazionale	0.9	0.9	0.4	0.6	0.7	0.8
<b>Trentino Alto Adige</b>	Percentuale del totale regionale	78.2	83.0	58.5	62.1	67.9	71.9
	Percentuale del totale Alpi	57.7	59.7	74.7	79.3	64.3	67.3
	Percentuale del totale nazionale	5.8	7.7	6.3	9.0	6.0	8.2
<b>Veneto</b>	Percentuale del totale regionale	13.2	18.0	2.7	2.5	6.8	9.2
	Percentuale del totale Alpi	12.9	16.7	6.3	4.8	10.3	12.0
	Percentuale del totale nazionale	1.3	2.1	0.5	0.5	1.0	1.5
<b>Friuli – Venezia Giulia</b>	Percentuale del totale regionale	19.1	21.0	8.1	6.9	14.7	15.4
	Percentuale del totale Alpi	4.0	4.0	1.8	1.4	3.1	3.0
	Percentuale del totale nazionale	0.4	0.5	0.1	0.2	0.3	0.4
<b>Totale regione Alpina</b>	Percentuale del totale regionale	28.8	37.8	17.3	22.3	22.9	29.8
	Percentuale del totale Alpi	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Percentuale del totale montagne	87.3	90.9	96.0	96.7	90.5	93.1
	Percentuale del totale nazionale	10.0	12.8	8.4	11.4	9.3	12.2

Fonte: Nostra elaborazione da ISTAT 2007

I dati riportati in tabella 4 e 5 sono basati su comunicazioni ufficiali all'ISTAT, possono pertanto rappresentare una certa sottostima della reale dimensione del fenomeno turistico nelle aree di montagna italiane e nelle regioni alpine in particolare. Unioncamere (2006), per esempio, riporta per il 2006 valori quasi doppi per l'ammontare totale delle presenze turistiche nelle aree montane italiane: 82.809.610 (contro i 46.616.324 nel 2005 dell'ISTAT (2007)). La maggiore differenza è dovuta al calcolo delle presenze nelle seconde case che da sole vengono stimate in 35.387.661. Altre fonti riportano stime ancora più elevate: il Touring Club Italiano (2002), nel "Rapporto regionale sul Turismo di Montagna" riferito all'anno 2000, se da un lato presenta dati quantomeno comparabili sulle presenze alberghiere (38 milioni contro i 32 milioni ISTAT) stima le presenze extra alberghiere nelle aree montane a più di 200 milioni, il 60% dei quali specificamente concentrato nelle aree alpine. Questo porterebbe ad una stima di circa 130 milioni invece dei soli 11 di fonte ISTAT. Caratteristica dei dati TCI (2002) come di quelli Unioncamere (2006) è quella di non essere oggetto di "comunicazione diretta", ma stime basate su "ragionevoli ipotesi" sulla capacità ricettiva delle seconde case.

Questa difficoltà nello stimare con precisione il volume di arrivi e presenze deve essere tenuta presente nel momento in cui si propongono stime economiche della rilevanza del turismo di montagna e alpino per l'economia italiana.

Ciò premesso, l'ultima rilevazione Unioncamere (Unioncamere 2006) attesta la spesa turistica nelle montagne italiane a più di 6,6 miliardi di Euro, pari al 18,5% delle spesa turistica totale in Italia (vedi tabella 6). Tentando una disaggregazione su base regionale utilizzando l'informazione fornita dalle presenze ISTAT è ragionevole affermare che più del 90% di questa spesa abbia avuto luogo nelle regioni alpine.

Tab. 6 Spese dei turisti nel 2006 per tipo di turismo in Italia

	<i>Italiani</i>		<i>Stranieri</i>		<i>Totale</i>	
	Euro	%	Euro	%	Euro	%
<b>Mare</b>	7.604.864.021	40,7	4.619.029.000	26,7	12.223.893.021	34,0
<b>Culturale</b>	4.080.793.764	21,8	6.384.842.240	36,9	10.465.636.004	29,1
<b>Montagna</b>	4.367.304.345	23,4	2.292.469.011	13,3	6.659.773.356	18,5
<b>Lago</b>	702.366.995	3,8	2.805.029.397	16,2	3.507.396.392	9,7
<b>Terme</b>	1.316.657.889	7,0	608.038.107	3,5	1.924.695.996	5,3
<b>Campagna</b>	630.946.878	3,4	585.542.476	3,4	1.216.489.354	3,4
<b>Totale</b>	18.702.933.892	100,00	17.294.950.231	100,00	35.997.884.123	100,00

Fonte: Unioncamere 2006

### 2.3. Agricoltura

Secondo l'ultimo censimento dell'agricoltura (ISTAT, 2000) in Italia sono attive 2,6 milioni di aziende agricole, zootecniche e forestali, su una superficie totale di 19,6 milioni di ettari, di cui 13,2 direttamente impiegati a fini agricoli. Gli occupati sono 1,2 milioni; la produzione ammonta a 39,8 miliardi di euro e il

valore aggiunto a 24,3 miliardi di euro. L'attività agricola è ancora esercitata in modo prevalente dall'85% delle imprese e solo dal rimanente 15% in modo sussidiario. La produzione agricola deriva per il 96% da attività agricola in senso stretto e per il 2,5% da altre attività connesse, come agriturismo o la manutenzione del paesaggio. I ricavi agricoli sono ancora in larga parte costituiti dalla vendita di prodotti vegetali (61,6% del totale) da quella dei prodotti zootecnici (20,4%) e dagli animali da macellazione (15,1%).

L'agricoltura nelle alpi italiane ha caratteristiche del tutto particolari determinate da elementi socio-culturali e geografici. La superficie agricola utilizzata (SAU) ammontava nel 1998 a 1.369.865 ha, circa il 30% del totale alpino e le aziende agricole censite erano 247.110. Le dimensioni della singola azienda sono mediamente limitate: il 90% di esse ha una SAU inferiore a 10 ettari. Ciò è dovuto sia alla competizione per un territorio limitato sul quale convergono diversi usi (residenziale, turistico, produttivo) aumentandone il valore, che ad elementi storico-culturali quali il permanere dell'influenza del diritto successorio romano che ha favorito nel tempo una frammentazione estrema delle aziende agricole comportandone una bassa produttività. La conseguenza è che se gli occupati in agricoltura nelle alpi italiane sono circa il 5,4% del totale della popolazione attiva si assiste ad un progressivo abbandono di terreni coltivabili ad eccezione delle aree più favorevoli ubicate nei fondovalle e ad un innalzamento dell'età media dei titolari (il 75,8% ha un'età superiore ai 45 anni). E' tuttavia interessante sottolineare come, differentemente rispetto al quadro nazionale, l'agricoltura alpina non sia gestita generalmente come attività primaria. Già nel 1990, solamente il 32% delle aziende vedeva i titolari impiegare più del 50% del loro orario di lavoro in attività agricole a dimostrazione del tentativo di sviluppare attività alternative e più remunerative.

L'agricoltura delle regioni alpine è molto variegata: la produzione infatti spazia dalla frutticoltura e viticoltura delle zone asciutte interne all'orticoltura e cerealicoltura delle aree intermedie, fino ad arrivare alle forme di sfruttamento più intensive della produzione zootecnica e lattiero-casearia. I tipi di colture che prevalgono nelle Alpi italiane sono: prativa e foraggera 85,6%, seminativi 6,3%, colture permanenti 6,4% mentre il patrimonio zootecnico è rappresentato principalmente da bovini 793.014, ovini 302.331 e suini 272.086.

Nelle condizioni operative che attualmente caratterizzano i mercati agricoli mondiali, sembra che le colture prative e foraggere stiano diventando l'unica forma di sfruttamento agricolo ancora remunerativa nel territorio alpino, mentre l'orticoltura, la cerealicoltura e le colture permanenti si praticano solo in poche aree climaticamente ed orograficamente privilegiate.

Per quantificare economicamente il peso dell'attività agricola nelle zone alpine italiane vengono presi ad esempio i dati riguardanti le due regioni del Trentino Alto Adige e della Valle d'Aosta che per le loro caratteristiche possono essere considerate sufficientemente rappresentative dell'area alpina nel suo complesso. Il valore aggiunto imputabile al primario in queste due regioni è una piccola percentuale del totale: 3,5% e 1,6% rispettivamente (anno di riferimento 2004, (BI, 2006a,b)), dato comunque rilevante in termini assoluti. Infatti, il valore complessivo dell'attività agricola in Trentino Alto Adige e in Valle d'Aosta nel 2005 ammontava a complessivi 917 e 42 milioni di Euro rispettivamente (ISTAT, 2007). Le voci di produzione di maggior valore per il Trentino Alto Adige sono le produzioni legnose (che costituiscono il

40% del valore totale della produzione agricola) seguite dalla frutta (34,7% , si ricorda che il 65% della produzione italiana di mele è concentrato nella regione) e dagli allevamenti zootecnici (28,72% del totale). In Valle D'Aosta la voce di gran lunga più rilevante sul totale del valore della produzione agricola è costituita dai prodotti zootecnici e alimentari (64,7% del totale) seguiti a grande distanza dalle coltivazioni foraggere e legnose (7,16 e 3,93% rispettivamente).

## 2.4. Biodiversità e foreste

La superficie forestale italiana è stimata in 10,5 milioni di ha, pari al 35% del territorio nazionale (Corpo Forestale dello Stato 2005) e risulta in leggero aumento: circa 0.3% l'anno nel decennio 1990 - 2000 a fronte di una media europea dello 0.1%.

Il 34% della superficie forestale italiana, pari a 3.6 milioni di ha, è concentrato nelle regioni che hanno tutta o parte del loro territorio classificato come alpino e ne costituisce circa il 37,5% della superficie. In conformità con il trend nazionale, anche la superficie forestale alpina è in crescita (quantificabile in circa un +19% nel ventennio 1985-2005) (Tab. 7).

Elemento primario di tale espansione è il progressivo abbandono delle attività agro-silvo-pastorali nelle aree montane che vengono riappropriate dal bosco originario.

Tab. 7. Evoluzione superficie forestale in Italia (ha) e dettaglio delle regioni con territorio classificato come alpino.

Regioni			
	1985	2005	Variazione 1985-2005
Piemonte	743.400	940.116	26,5
Valle d'Aosta	84.600	105.928	25,2
Lombardia	598.500	665.703	11,2
Trentino	360.000	372.174	3,4
Alto Adige	315.000	407.531	29,4
Veneto	351.000	446.856	27,3
Friuli Venezia Giulia	289.800	357.224	23,3
Liguria	344.400	375.134	8,9
<b>Italia</b>	<b>8.675.100</b>	<b>10.467.533</b>	<b>20,7</b>
<b>Regioni "alpine"</b>	<b>3.086.700</b>	<b>3.670.666</b>	<b>18,9</b>
<b>%</b>	<b>35,6</b>	<b>35,1</b>	<b>-</b>

Fonte: Corpo forestale dello Stato, Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi di carbonio.

I boschi e le foreste alpine sono costituite prevalentemente da conifere (in massima parte abeti, pini e larici), da una certa percentuale di latifoglie (soprattutto faggi e querce) e da boschi misti

Le foreste, oltre ad essere uno degli elementi più caratterizzanti del paesaggio alpino, svolgono diverse funzioni essenziali per l'uomo.

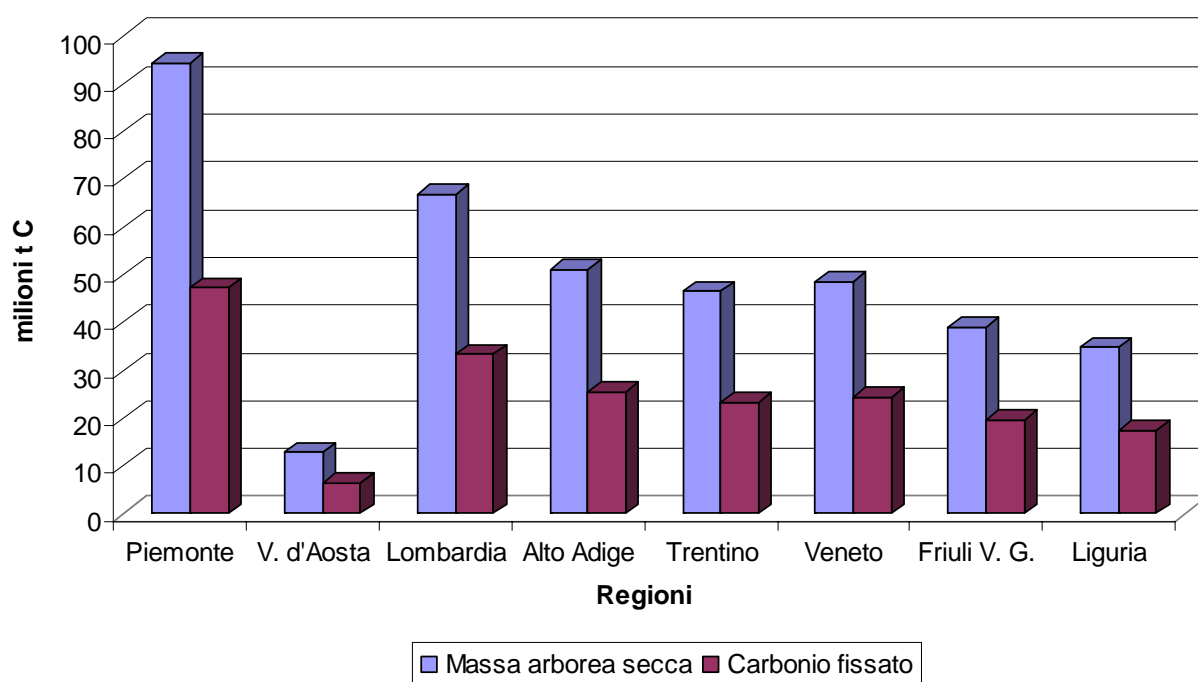
Queste sono: la produzione di legno e di certi tipi di prodotti alimentari (funghi, tartufi, bacche etc.), la protezione idrogeologica, il mantenimento della fertilità dei suoli, la riduzione dell'inquinamento atmosferico attraverso il sequestro del carbonio, la salvaguardia della qualità delle acque, la conservazione della biodiversità e infine la funzione ricreativa e di benessere psicofisico che ha una diretta rilevanza turistica.

Dal punto di vista prettamente economico si è già rilevato come le coltivazioni legnose, con un valore della produzione al 2005 stimato in circa 523 e 3 milioni di euro rispettivamente (ISTAT 2007), si situino al primo posto in termini di creazione di valore aggiunto nel settore agricolo in Trentino Alto Adige e, sebbene la scala sia molto più ridotta, comunque al terzo in Valle D'Aosta. A queste devono aggiungersi le attività rientranti nella più vasta classificazione di "silvicoltura", il cui valore nel 2005 era stimato in altri 50 milioni di Euro in Trentino Alto Adige e in 375 mila Euro in Valle d'Aosta. Pertanto, pur nel contesto di un generico peso limitato del settore agricoltura nell'economia regionale, si fa notare come le attività economiche in qualche modo collegabili alle foreste siano comunque di primaria rilevanza al suo interno.

Il ruolo di protezione da determinati tipi di calamità naturali (dai fenomeni più consistenti come frane, valanghe e alluvioni alle più frequenti e normali cadute di massi) esercitato dalle foreste è anch'esso rilevante. E' stato stimato che più di 1/5 dei boschi delle Alpi costituisca barriere naturali indispensabili a salvaguardia di centri abitati o vie di comunicazione (CIPRA, 2002a). Quantificare economicamente il valore di tale funzione preventiva è complesso; per la Svizzera questo è stato comunque stimato in circa 2.6 miliardi di Euro annui, un importo tre volte maggiore di quanto è stato speso dal 1951 ad oggi in opere antivalanghe in quel paese.

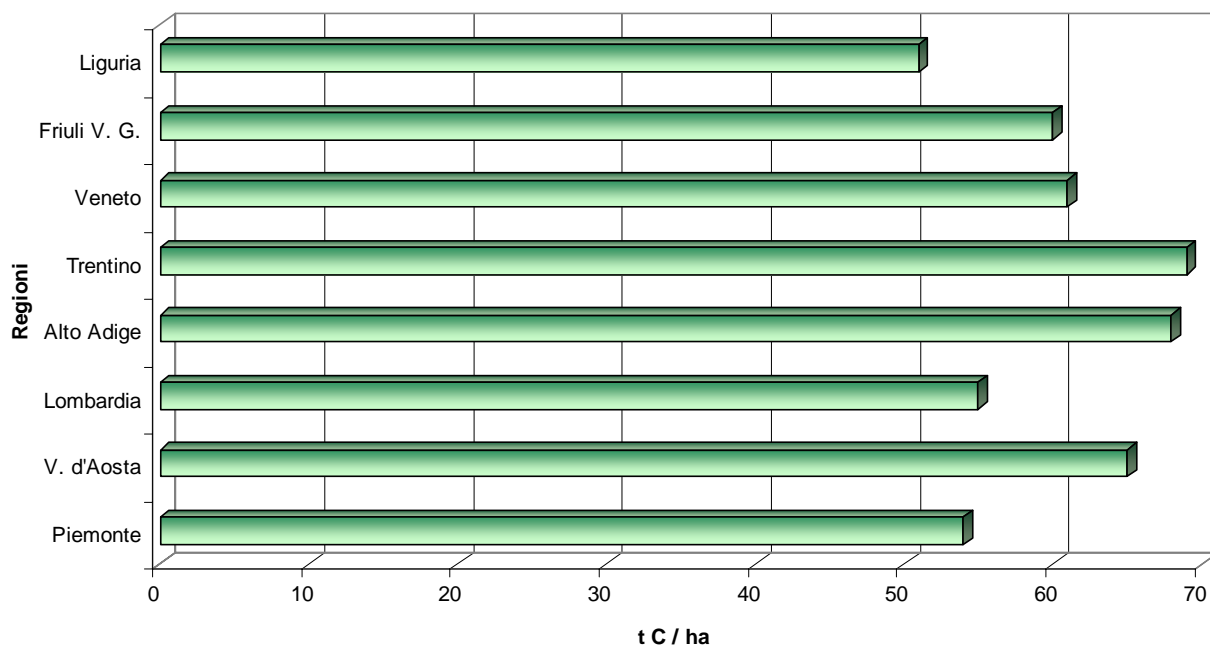
Come tutte le foreste, anche quelle alpine Italiane sono una fonte naturale di assorbimento del carbonio atmosferico. L'Inventario Forestale Nazionale (INFC) riporta la capacità di assorbimento di boschi e foreste per regione e quindi non è possibile risalire specificamente al dato alpino, tuttavia una discreta indicazione del contributo al sequestro di carbonio nelle aree alpine può venire analizzando il dato delle regioni che si estendono in tutto o in parte lungo l'arco alpino.

Fig. 3. Massa arborea secca e carbonio fissato (stima provvisoria) nelle foreste delle regioni alpine.



Fonte: Corpo Forestale dello Stato (2005)

Fig. 4. Capacità di assorbimento di carbonio specifica (t C/ha) delle foreste delle regioni alpine.



Fonte: Corpo Forestale dello Stato (2005)

Le fig. 3 e fig. 4 dimostrano chiaramente l'importante ruolo che le foreste alpine possono giocare come "carbon sink". In termini assoluti, 197 milioni di tonnellate di C (pari a 722 milioni di t di CO<sub>2</sub> e circa al 40% del potenziale forestale totale nazionale) sono "stoccati" nelle foreste delle regioni alpine, inoltre si evidenzia anche come le zone più propriamente alpine (Trentino Alto Adige e Vale D'Aosta) presentino un più alto tasso di assorbimento per ha (50 t C/ha e oltre 60 t C/ha rispettivamente). Volendo fornire qualche quantificazione economica di questo servizio, si potrebbe anzitutto considerare il danno marginale attribuito ad una tonnellata di Carbonio nell'atmosfera. Secondo una survey dei circa 108 studi esistenti in materia (Tol, 2005), le medie di tale danno calcolate su sottogruppi omogenei di studi si aggirano tra un minimo di 12 euro/tC e un massimo di 161 euro/tC. Quindi il danno "evitato" all'ambiente dalla presenza delle foreste alpine avrebbe un valore che varia tra i 2364 e i 31717 milioni di euro. Un approccio alternativo consiste nel calcolare invece quale sarebbe il costo dell'acquisto sul mercato internazionale delle emissioni dell'ammontare di carbonio stoccato nelle foreste. Nell'European Emission Trading Scheme, attualmente le emissioni sono scambiate ad un prezzo di circa 23 euro/tC che attribuirebbe al servizio di stoccaggio delle foreste alpine un valore di circa 4531 milioni di euro<sup>2</sup>.

A testimonianza della potenzialità turistica del territorio forestale si noti infine che questo è l'elemento maggioritario dei 744.413 ha costitutivi l'area dei 30 parchi naturali nazionali e dei 61 parchi regionali del territorio alpino italiano.

## 2.5. Eventi naturali estremi

Una doverosa premessa per quanto riguarda qualsiasi analisi riferita agli eventi naturali catastrofici e alla loro valutazione economica, concerne la definizione di "naturale" stessa. In un territorio altamente antropizzato come quello italiano l'entità e spesso il verificarsi dell'evento stesso dipende sì da elementi naturali, ma anche, e a volte in maniera preponderante, dalle pressioni delle attività umane sul territorio. Queste possono renderlo direttamente più vulnerabile ad esempio aggravandone gli elementi di rischio idrogeologico (gli esempi sono innumerevoli: dalle modifiche nelle caratteristiche degli invasi acquiferi che aumentano il rischio straripamenti, a determinate attività estrattive che possono destabilizzare il territorio) e/o rendersi esse stesse più vulnerabili qualora vadano a collocarsi in aree già riconosciute come a rischio

---

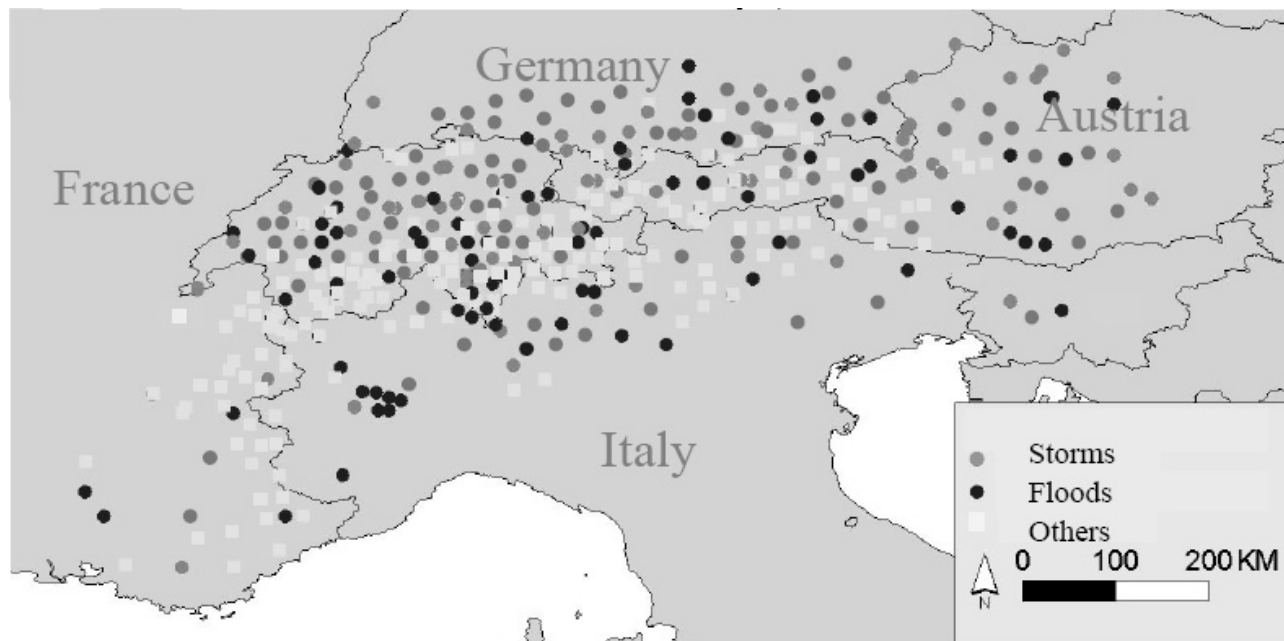
<sup>2</sup> Quanto riportato è ovviamente solo una indicazione molto generica del valore del servizio di carbon sequestration offerto dalle foreste situate nelle regioni italiane con caratteristiche alpine ed è riferito al valore dello stock di carbonio. E' opportuno ricordare che la concreta utilizzazione dei carbon sink come strumento per il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto è anzitutto riferita alle attività di afforestation, reforestation e forest management, quindi alla possibile *variazione* di tale stock; in secondo luogo che alle attività di forest management sono posti dei limiti di utilizzo che per l'Italia sono quantificati in un massimo di 10.2 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> nel periodo 2008-2012. Secondo il "Piano Nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra nel periodo 2003-2010", nel first commitment period di Kyoto il contributo totale all'abbattimento di gas serra delle foreste italiane può quantificarsi in esattamente 10.2 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> (di cui 4.1 derivanti precipuamente da forest management) cui, con i criteri adottati sopra, può essere associato un valore approssimativo di 122 - 1642 milioni di Euro, un terzo del quale imputabile alle foreste alpine.

senza adottare opportune misure precauzionali e preventive (è il caso degli insediamenti abitativi situati in zone a rischio alluvione).

Come tutte le aree alpine, anche quella italiana non fa eccezione presentando caratteristiche intrinseche di particolare esposizione e sensibilità ad eventi naturali estremi (vedi fig. 5).

Le categoria prevalente è rappresentata da esondazioni e alluvioni seguite da tempeste, eventi franosi più o meno estesi di natura fangosa o rocciosa, valanghe e incendi boschivi (OECD 2007).

Figura 5: Eventi naturali estremi nel territorio alpino 1980 - 2005



Fonte: OECD (2007)

Tutti questi eventi hanno generato nel passato perdite economiche considerevoli nonché reso necessari ingenti e costosi investimenti di protezione, prevenzione e ripristino.

Ad esempio, gli eventi alluvionali che hanno colpito le regioni dell'arco alpino italiano, hanno, da soli, causato nel periodo 1966 - 2005 un totale di 379 vittime per un ammontare di danni complessivo pari a 7,55 miliardi di euro, con una media di quasi 200 milioni di euro all'anno (tab. 8). A marzo 2006, risultavano finanziati interventi per un totale di 392 milioni di Euro per far fronte al rischio idrogeologico generato da eventi alluvionali e franosi (tab. 9).

Tabella 8: Elenco delle principali alluvioni che hanno colpito le regioni dell'arco alpino Italiano

<b>Periodo Evento</b>	<b>Regione</b>	<b>Perdita Vite Umane</b>	<b>Danno complessivo Stimato</b>	
			<b>Milioni di Euro</b>	<b>% PIL</b>
12-15 Giugno 1967	Piemonte	3	1,65	0,017
3-5 Novembre 1966	Piemonte	118	516,46	2,51
	Lombardia			
	Trentino Alto Adige			
	Veneto			
	Friuli Venezia Giulia			
	Liguria			
	(Toscana)			
(Lazio)				
2-4- Novembre 1968	Piemonte	74	154,91	2,64
18-25 Maggio 1977	Piemonte	7	5,26	0,0047
6-12 Ottobre 1977	Piemonte	8	52,68	0,04
6-18 Agosto 1978	Piemonte	18	51,65	0,04
3-11 Settembre 1983	Piemonte	6	154,94	0,047
	Lombardia			
	Friuli Venezia Giulia			
Giugno 1986	Trentino Alto Adige		5,36	0,0014
Luglio-Agosto 1987	Lombardia	59	1549,37	0,904
8 Giugno 1992	Lombardia	1	5,36	0,0008
27 Settembre 1992	Liguria	5	966,68	0,036
24 Settembre 1993	Liguria	4	516,46	0,064
3-6 Novembre 1994	Piemonte	64	2040,57	0,33
23-24 Ottobre 1999	Liguria		103,29	0,0093
20 Novembre 2000	Piemonte	8	51,65	0,0064
	Valle D'Aosta			
	Lombardia			
	Liguria			
	(Toscana)			
Novembre-Dicembre 2002	Piemonte	2	650	0,067
	Lombardia			
	Veneto			
	Friuli Venezia Giulia			
	Liguria			
	(Emilia Romagna)			
29-30 Agosto 2003	Friuli Venezia Giulia	2	622	0,03
29 Ottobre - 1 Novembre 2004	(Toscana)		99,87	0,0069
	Friuli Venezia Giulia			

Fonte: Nostro adattamento da Annuario APAT 2005-2006

Tabella 9: Distribuzione dei fondi relativi ad interventi urgenti di cui al DL 180/98 e smi per frane e alluvioni nelle regioni dell'arco alpino Italiano (Milioni di Euro al Marzo 2006)

Piemonte	82,85
Valle d'Aosta	6,11
Lombardia	127,58
Trentino Alto Adige	20,41
Veneto	65,75
Friuli Venezia Giulia	39,24
Liguria	50,16
Totale	392,1

Fonte: Nostro adattamento da elaborazione APAT su dati MATT

Elemento peculiare delle categorie di disastro naturale tipiche delle zone alpine è quello di essere strettamente influenzate da fattori climatici come temperatura e regime delle precipitazioni e di essere quindi sensibili, in diversa misura al cambiamento climatico (vedi par. 3.5.).

### **3. Alpi, cambiamento climatico e possibili impatti in un'ottica “settoriale”**

#### **3.1. Evoluzione climatica**

Ambiente alpino è quasi sinonimo di ambiente “naturale”, tuttavia, specialmente nella seconda metà del secolo, le forze antropogeniche - industria, turismo e infrastrutturazione – hanno contribuito sostanzialmente al suo modellamento. Basti considerare a titolo esemplificativo che oggi circa l'80% dei corsi d'acqua alpini è stato alterato per la produzione di energia elettrica (Haberl et al., 2002).

E' molto probabile quindi che queste pressioni antropogeniche interagiscano con le pressioni climatiche nei confronti delle quali criosfera ed ecosistemi montuosi sono particolarmente sensibili; di conseguenza è verosimile che il cambiamento climatico nelle zone alpine conduca all'estremizzarsi di conflitti tra le istanze di sviluppo economico e quelle della sostenibilità ambientale (Diaz *et al.*, 2003).

Simulazioni regionali sull'andamento del clima, in uno scenario di raddoppio della concentrazione di CO<sub>2</sub>, indicano un generale trend di riscaldamento per le Alpi in inverno e, più marcato in estate specialmente ad altitudini elevate, particolarmente acuto per le Alpi occidentali (Heimann and Sept, 2000). Intensità e frequenza delle precipitazioni sono previste aumentare in inverno, ma ridursi significativamente in estate (Haeberli and Beniston, 1998). Queste osservazioni generali rispecchiano coerentemente gli scenari di cambiamenti climatico sviluppati per regioni alpine più circoscritte come le Alpi svizzere: qui, rispetto al 1990, l'aumento della temperatura nel 2050 dovrebbe attestarsi a circa 1-5 °C in estate e circa 1-3 °C in inverno. Le precipitazioni, dovrebbero invece aumentare del 5-25% in inverno ed essere caratterizzate sempre di più da eventi piovosi piuttosto che nevosi, e diminuire di circa il 5-40% in estate (OcCC, 2003).

L'alta sensibilità della copertura nevosa ai cambiamenti di temperatura si dovrebbe tradurre in una generalizzata riduzione del manto nevoso (Martin and Etchevers, 2005) connotata da uno scioglimento anticipato della neve in primavera intensificando una tendenza che è già osservabile alle medie e basse altitudini in Svizzera (Laternser and Schneebeli, 2003), Slovacchia (Vojtek *et al.*, 2003) e Croazia (Gajic-Capka, 2004). Si stima che 1 °C di aumento della temperatura possa ridurre la durata della copertura nevosa fino ad alcune settimane anche alle altitudini più elevate (Hantel *et al.*, 2000). Studi effettuati per la Svizzera stimano che un riscaldamento di 4 °C possa ridurre il volume del manto nevoso del 90 % a 1000 metri di quota e del 30–40 % a 3000 m (Beniston, 2003).

Parallelamente aumenterà anche l'altitudine alla quale le precipitazioni nevose tendono a manifestarsi. La cosiddetta "linea di affidabilità della neve" (LAN) attualmente situata tra i 1200-1300 metri s.l.m. per Austria e Svizzera (Wielke *et al.* 2004) e 300 metri più in alto per le aree alpine più calde esposte agli influssi del Mediterraneo (Witmer 1986, Matulla *et al.* 2005; Martin *et al.* 1994) potrebbero elevarsi di circa 150 m per °C di aumento di temperatura (Föhn 1990, and Haeberli and Beniston 1998).

La linea di equilibrio dei ghiacciai è invece prevista elevarsi dai 60- 70 m (Vincent, 2002) ai 140 m (Maish, 2000) per °C con associata maggiore ablazione e ritiro del ghiacciaio. Anche questo processo è già ampiamente osservabile: dal 1850 al 1980 i ghiacciai nelle Alpi hanno perso approssimativamente il 30-40 % della loro area e metà della loro massa (Haeberli e Beniston, 1998); dal 1980 ad oggi un ulteriore 10-20% del ghiaccio rimanente è andato perduto (Haeberli e Hoelzle, 1995). Solo l'estate eccezionalmente calda del 2003 ha portato ad una perdita del 10% della massa residua dei ghiacciai Alpini. L'Italia non fa eccezione, monitorando un campione di 335 ghiacciai nel periodo 1980-1999 è stato rilevato come la percentuale di ghiacciai in avanzata scenda dal 66% del 1980 al 4% del 1999, mentre quella dei ritiri salga dal 12% all'89% (Tibaldi, 2007). E' verosimile prevedere che la maggior parte dei ghiacciai delle Alpi scompaia durante il corso ventunesimo secolo (Haeberli e Burn, 2002, Zemp *et al.*, 2006).

### **3.2. Turismo**

Gli impatti delle forzanti climatiche e delle relative conseguenze ambientali sulla domanda e offerta turistica nelle regioni alpine sono molteplici.

Innanzitutto, la temperatura percepita, l'umidità e le caratteristiche delle precipitazioni di una determinata destinazione turistica contribuiscono a determinarne l'attrattiva o il "comfort", di conseguenza, ogni cambiamento in queste variabili può alterare la propensione dei turisti a visitare quella specifica località.

Nel caso della regione alpina poi vi sono altre variabili di immediata rilevanza sia per l'offerta che per la domanda turistica, sensibili al cambiamento climatico. E' questo il caso ad esempio della disponibilità e affidabilità della copertura nevosa in inverno così come della lunghezza stessa delle stagioni estiva ed invernale, direttamente collegate alla possibilità di praticare attività sportive e ricreative.

Un altro elemento determinante della domanda e offerta turistiche alpine è la possibilità di visitare specifici ecosistemi come foreste o ghiacciai le cui caratteristiche se non l'esistenza sono legate al clima.

Infine l'andamento di domanda e offerta turistiche è legato anche all'aumento di intensità e frequenza negli eventi climatici estremi. Un associato incremento di rischio di frane, valanghe e alluvioni può sottoporre a stress addizionale le strutture turistiche (villaggi turistici e impianti di risalita) aumentandone i costi di manutenzione e le spese per le attività di prevenzione/protezione. Il flusso turistico potrebbe invece contrarsi come conseguenza della più difficoltosa accessibilità alle destinazioni turistiche di montagna se le vie di comunicazione e le altre infrastrutture venissero deteriorate da eventi estremi più frequenti e intensi.

Quantificare economicamente tutti questi effetti combinati è di per se molto complesso. Questo è tanto più vero qualora si consideri la possibilità di adattamento a disposizione dei turisti e degli operatori turistici. Per esempio la scarsità di neve in inverno può essere parzialmente contrastata producendo neve artificiale, usando più intensivamente gli impianti più in quota, spostando le piste ad altitudini più elevate o cambiando la progettazione delle piste. Diversificare la tipologia di attività turistiche offerte (es.: proponendo trattamenti di benessere, percorsi d'arte o gastronomici) o la loro tempistica annuale (es. prolungando la "stagione estiva" anticipandone l'apertura in primavera e posticipando la chiusura in autunno) possono costituire altre strategie di adattamento.

### **3.3. Agricoltura**

In linea di principio un leggero aumento della temperatura e della concentrazione di CO<sub>2</sub> costituiscono un fattore positivo per la crescita delle piante. La maggior concentrazione di CO<sub>2</sub> stimola la fotosintesi, le piante sintetizzano una maggior quantità di sostanze organiche e crescono di più e più rapidamente. Diversi sono gli studi che quantificano tale effetto positivo in termini di produttività, anche se la modellizzazione delle risposte bio-chimiche naturali rimane uno dei campi circondati dalla maggior incertezza. In un ipotetico scenario di raddoppio della concentrazione di CO<sub>2</sub> la produttività delle colture che potrebbe ridursi per effetto del cambiamento climatico del (-)19%, a causa dell'effetto fertilizzazione è prevista invece aumentare dell'1% circa nei paesi sviluppati secondo Fisher et al., (1993), con un possibile +4.5% per le colture cerealicole secondo Rosenzweig et al., (1994), e facendo registrare un complessivo +0.3% in Europa secondo Tzigas et al. (1997) o comunque riducendo le perdite possibili dal (-)50% al (-)70% (Bindi e Moriondo, 2005).

La disponibilità di CO<sub>2</sub> tuttavia non è da sola sufficiente a garantire una maggiore produttività agricola: è necessario anzitutto che vi siano risorse idriche e nutritive sufficienti. I potenziali problemi di scarsità idrica indotti dal cambiamento climatico sono i maggiori determinanti delle rese agricole previste per il futuro in Europa. In generale (vedi tab. 10) si prevede una riduzione della produttività agricola per le colture europee mediterranee, in particolare quelle più a sud.

Tabella 10: Variazione percentuale nella produttività agricola nelle principali aree mediterranee (anno di riferimento 2050)

		Without CO <sub>2</sub>		With CO <sub>2</sub>	
		A2-A	B2-A	A2-A	B2-A
C4 summer	N-W	0.19	5.80	4.19	8,78
	N-E	- 4.43	- 2.54	- 0.60	0.21
	S-E	- 11.44	- 9.26	- 7.89	- 6.70
	S-W	- 12.87	- 8.94	- 9.38	- 6.37
Legumes	N-W	- 24.90	- 13.42	- 14.38	- 4.86
	N-E	- 18.59	- 8.11	- 7.19	0.97
	S-E	- 32.72	- 36.43	- 23.30	- 30.15
	S-W	- 33.26	- 25.81	- 23.92	- 18.48
C3 summer	N-W	- 21.79	- 10.44	- 12.41	- 2.85
	N-E	- 15.57	- 6.92	- 5.44	0.96
	S-E	- 7.44	- 8.19	3.66	- 0.41
	S-W	- 19.94	- 11.81	- 10.33	- 4.34
Tubers	N-W	- 10.37	- 4.24	4.87	7.53
	N-E	- 22.50	- 6.80	- 9.33	4.39
	S-E	- 18.22	- 15.77	- 4.31	- 5.66
	S-W	- 25.88	- 12.10	- 13.28	- 1.55
Cereals	N-W	- 10.97	- 3.49	- 0.29	4.68
	N-E	- 6.79	3.71	4.39	12.49
	S-E	- 15.08	- 17.17	- 4.88	- 10.15
	S-W	- 13.77	- 11.29	- 3.42	- 3.77

**Note:** N-W = Portugal, Spain, France and Italy; N-E = Serbia, Greece and Turkey; S-E = Jordan, Egypt and Libya; S-W = Tunisia, Algeria and Morocco.

Fonte: EEA (2005)

Sono infine da considerare gli impatti negativi esercitati sulla salute delle colture degli eventi climatici estremi la cui intensità e frequenza è destinata ad aumentare e la possibile maggior diffusione di malattie e specie infestanti la cui aggressività sembra positivamente collegata alla temperatura.

Nel caso particolare delle colture alpine, sembra che, per moderati scenari di incremento della temperatura, almeno nel medio periodo, non si assisteranno a particolari problemi di scarsità idrica. Questo, connesso al previsto effetto fertilizzazione della CO<sub>2</sub> dovrebbe condurre, in controtendenza rispetto al dato nazionale, ad un possibile aumento della produttività e della produzione dei suoli di montagna elemento che potrebbe essere fonte di vantaggi economici e offrire opportunità per la diversificazione del rischio (Calanca et al., 2006).

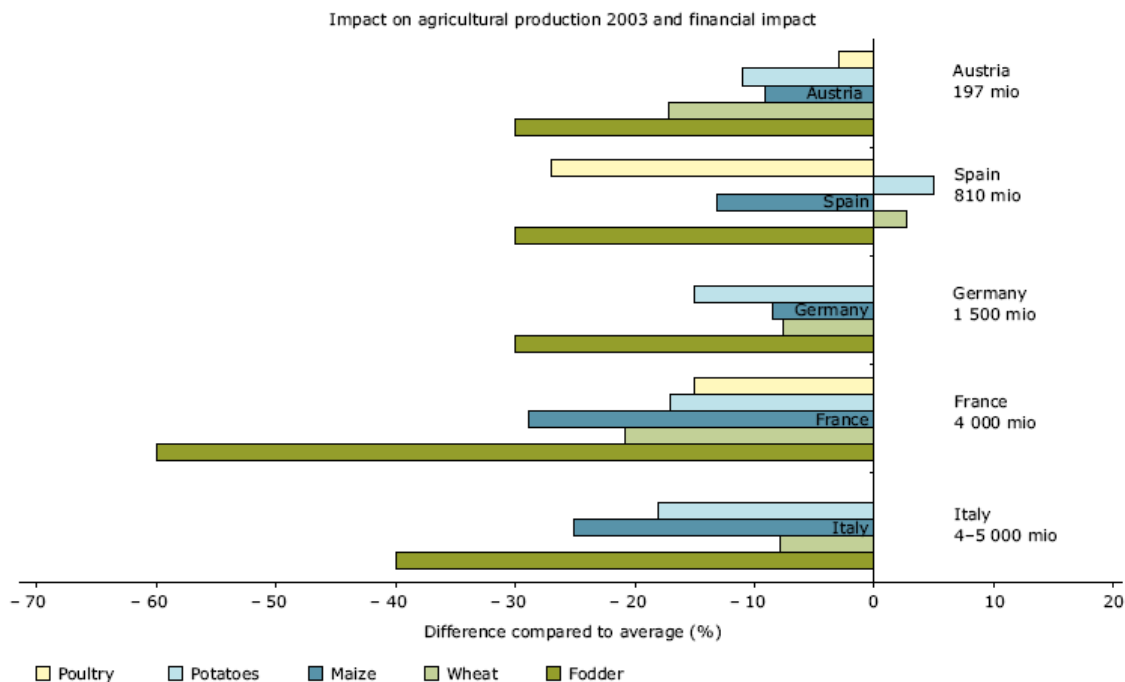
I pericoli più grandi per le colture alpine sembrano piuttosto essere rappresentati dagli eventi climatici estremi, in particolare l'intensificarsi dei fenomeni precipitatori e dal connesso incremento del rischio idrogeologico che può mettere in pericolo determinate coltivazioni collocate in aree instabili e/o esposte.

Precipitazioni più intense possono anzitutto condurre all'erosione degli strati fertili superficiali (Williams et al. 2001) tanto più accentuata quanto più pendenti sono i terreni e quindi impoverirli di nutrienti. In secondo luogo inducono periodici fenomeni di eccesso di saturazione d'acqua nei suoli che possono danneggiare le colture per la conseguente riduzione della presenza di ossigeno, aumentarne la vulnerabilità alle malattie e rendendo difficoltose se non impossibili per qualche tempo le normali operazioni di coltivazione con rilevanti perdite economiche per gli addetti.

Se i cambiamenti climatici e le condizioni di temperatura dovessero poi eccedere determinate soglie ed assumere connotazioni estreme come per esempio durante l'estate 2003 che ha comportato ingenti perdite di

produttività ed economiche anche per regioni tipicamente meno vulnerabili come quelle nord europee (vedi fig. 6) i problemi connessi alle ondate di calore e alla siccità diverrebbero rilevanti anche per l'agricoltura alpina con impatti negativi anche sulle colture foraggiere e quindi indirettamente anche sull'allevamento.

Figura 6



Fonte: EEA (2005)

### 3.4. Biodiversità e foreste

In risposta alle mutevoli sollecitazioni climatiche le specie sia animali che vegetali cambieranno la loro distribuzione sul territorio alpino. Nel corso del secolo si è già assistito ad un progressivo spostamento ad altitudini maggiori delle specie vegetali - quantificabile in 0.5 – 4 m per decennio - al quale, assieme a fattori antropici, ha sicuramente contribuito il cambiamento climatico, (Gabherr, 2002). Questo trend è destinato sicuramente a continuare (Kullman 2002; Körner, 2003; Egli et al., 2004; Sandvik et al., 2004; Walther, 2004); si prevede ad esempio che la linea boschiva potrebbe spostarsi verso l'alto di alcune centinaia di metri nel corso del prossimo secolo (Badeck et al., 2001). Se oggi le cime dei monti sono più ricche di specie rispetto a cento anni fa a testimonianza della capacità dei sistemi naturali di adattarsi, alla luce degli intrinseci limiti fisici a questo movimento verso l'alto, si evidenzia anche il rischio estinzione al quale sono esposte molte specie montane qualora il cambiamento climatico si protragga nel tempo. E' presente comunque e già da ora un concreto rischio di perdita di biodiversità d'alta quota, soprattutto nivale (Guisan and Theurillat 2000; Walther, 2004), dal momento in cui le specie sommitali si troveranno a competere con le più adattabili specie in arrivo dalle quote inferiori. E' questo ad esempio il caso delle

latifoglie sempreverdi e del vischio (*Viscum Albus*) che hanno progressivamente colonizzato aree alpine più elevate soppiantando specie indigene (Walther, 2004; Dobbertin et al, 2005). Alcune ricerche stimano una possibile perdita di specie vegetali per le zone montane Mediterranee e Lusitane nell'ordine del 62% entro il 2080 per lo scenario A1 dell'IPCC (Thuiller et al., 2005).

Anche la fenologia è destinata a mutare: si è già evidenziato (CONECOFOR) un anticipo medio di 3 giorni ogni 10 anni di tutte le fasi vitali (emissione delle foglie, fioritura e fruttificazione) delle principali specie forestali che, se destinato a continuare, può provocare gravi danni all'equilibrio tra le componenti vegetali, animali e del suolo delle foreste.

Rischi elevati per il patrimonio boschivo e forestale alpino sono rappresentati inoltre dall'aumento della frequenza di episodi siccitosi, in via diretta per le conseguenze negative indotte dalla scarsità idrica, ma anche per la relazione di questi con il rischio incendi. Periodi secchi e aumento nella forza dei venti, entrambi legati al cambiamento climatico, configurano infatti condizioni più favorevoli alla loro insorgenza (OECD 2007).

Elemento di grande stress per il patrimonio forestale alpino è costituito poi dagli eventi climatici estremi la cui intensità e frequenza è prevista aumentare. Le tempeste causano già oggi 1/3 degli abbattimenti non pianificati di alberi (Brassel e Brandli, 1999) e ad esempio nel 1999 la tempesta Lothar in Svizzera ha abbattuto 12.7 milioni di m<sup>3</sup> di legname pari a quasi 3 volte la raccolta annuale del paese provocando un danno stimato di oltre 788 milioni di Franchi. A seguito di eventi di questo genere gli impatti economici in specifici settori possono essere considerevoli: ad esempio sono state osservate drastiche riduzioni dei prezzi del legname grezzo, anche se queste sono state poi quasi completamente assorbite durante le successive fasi di lavorazione. Gli alberi schiantati poi risultano particolarmente vulnerabili agli insetti e funghi infestanti come il bostrice e quindi, se non rimossi, aumentano la vulnerabilità di tutta la zona forestale, comprese quelle aree che non hanno subito eccessivi danni "meccanici".

Il possibile incremento nella diffusione di particolari insetti patogeni è legato anche al semplice aumento delle temperature. I dati relativi a quest'ultimo tipo di fenomeno scarseggiano, tuttavia è già stato osservato che alcuni insetti infestanti come la processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*, una specie di tarma) mostrato una tendenza allo spostamento altitudinale, più pronunciato in particolare nei pendii meridionali delle montagne italiane.

Infine un altro effetto negativo legato all'interazione tra clima, foreste e periodi eccezionalmente caldi riguarda l'osservata trasformazione delle foreste da *carbon sink* a emettitori di carbonio (Ciais et al. 2005).

### **3.5. Eventi naturali estremi**

Trend comune ai sistemi socio economici attuali è quello di un aumento della frequenza ed entità delle perdite economiche associate ai fenomeni climatici estremi. Tale trend sarebbe riscontrabile anche in assenza di una maggior incidenza di tali accadimenti in quanto a determinarlo basterebbe il tendenziale aumento della densità abitativa e l'incremento del valore del capitale immobilizzato nelle aree a rischio. Nelle zone alpine in particolare, il cambiamento climatico, cui si associano una variazione nella natura, frequenza ed intensità

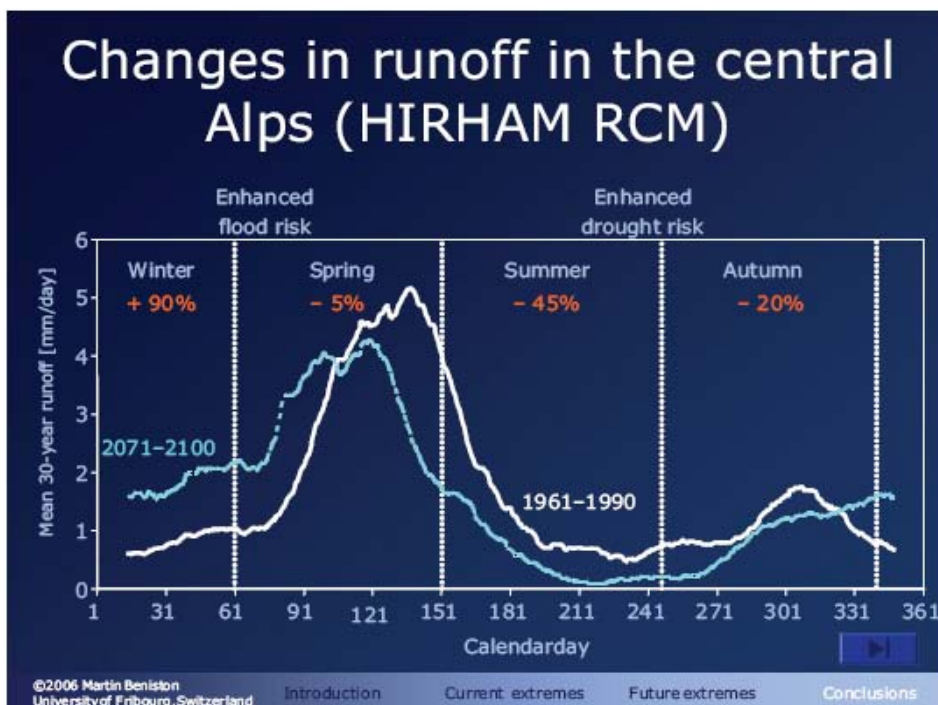
dei fenomeni precipitativi medi ed estremi e fenomeni del tutto peculiari come l'arretramento dei ghiacciai è un elemento di aggravio del rischio idrogeologico e di costo.

Il ritiro dei ghiacciai libera grandi masse di sedimenti morenici, normalmente intrappolate nel permafrost, aumentando l'instabilità geologica nelle zone interessate dal fenomeno, soprattutto quelle caratterizzate da versanti particolarmente scoscesi. La degradazione del permafrost quindi contribuisce all'intensificazione di fenomeni franosi e colate di fango (Gruber *et al.*, 2004), valanghe (Martin *et al.*, 2001) e slavine (Haeberli e Burn, 2002).

Anche le variazioni del ciclo idrico hanno un impatto diretto sul rischio geologico. Queste sono determinate congiuntamente dall'andamento delle precipitazioni e dalle dinamiche dei ghiacciai.

In una fase iniziale, almeno fino a che la presenza dei ghiacciai rimane consistente, si stima che l'aumento della temperature abbia un effetto equilibrante sul regime idrico alpino. Infatti le maggiori precipitazioni a carattere piovoso d'inverno e le minori precipitazioni estive, comunque parzialmente bilanciate da un maggior scioglimento del ghiaccio, attenueranno le ridotte portate invernali e gli eccessi di portata estivi. Beniston (2006), per esempio prevede un aumento del runoff invernale del 90% ed una riduzione di quello estivo del 45% (Fig. 7).

Fig. 7



Source: Beniston, 2006.

Questo fenomeno può rappresentare un certo vantaggio per il settore idroelettrico che avrà la possibilità di gestire in modo più efficiente le proprie centrali, tuttavia, oltre ad essere transitorio, configura un aumento

del rischio alluvione in inverno ed in primavera in tutti quei bacini alimentati dallo scioglimento dei ghiacci nonché dei già citati episodi di siccità estiva che nel lungo periodo diverranno sempre più frequenti (Hock et al., 2005, Zierl and Bugmann, 2005). Infine è necessario considerare il ruolo della variazione nell'intensità delle precipitazioni. Questo aspetto è di particolare rilevanza per il versante meridionale delle Alpi che presenta le aree maggiormente colpite da precipitazioni estreme di tutto l'arco alpino a causa del trasporto atmosferico di acqua dal Mediterraneo. Nell'ottobre 2000, per esempio, attraverso la costa ligure, tra le Alpi Marittime e gli Appennini, sono transitati nell'atmosfera circa 50 milioni di metri cubi d'acqua al secondo, che si sono riversati poi nella Pianura Padana occidentale e contro le Alpi. Tali valori sono paragonabili alla portata media alla foce di grandi fiumi come il Congo (42 milioni di m<sup>3</sup>/s) o lo Yangtsekiang (35 milioni m<sup>3</sup>/s). Anche se solo una parte dell'acqua trasportata dall'atmosfera è caduta e cade sotto forma di precipitazioni, è evidente che di fronte a fenomeni di tale intensità il sistema idrico superficiale non sarà in grado di smaltire simili portate.

I modelli di simulazione climatica regionale concordano nel prevedere, a seguito di un intensificarsi del ciclo dell'acqua, un parallelo intensificarsi delle precipitazioni eccezionali nella regione alpina: per un aumento della temperatura di 2° C le simulazioni indicano, a fronte di variazioni minime del numero di precipitazioni di medio-bassa intensità, un aumento del 20–40% di quelle estreme con evidenti impatti sulla stabilità geologica della regione (CIPRA, 2002b).

Il cambiamento climatico nelle zone alpine si configura quindi come un elemento ulteriore di dissesto geologico suscettibile di aumentare lo stress su strutture abitative, infrastrutture turistiche e di trasporto, rischio per l'incolumità delle popolazioni residenti e fonte di crescenti perdite economiche.

## **4. Alpi: Alcuni elementi per una valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico**

### **4.1. Turismo**

Il cambiamento climatico è un fenomeno di ovvia rilevanza per l'industria turistica sia dal lato dell'offerta che della domanda. E' esperienza comune che le caratteristiche climatiche di una specifica località contribuiscano, talvolta in maniera preponderante, a determinarne l'attrattiva. Questo sia in termini di confortevolezza del clima nel luogo di destinazione, fattore particolarmente importante per i paesi dell'area mediterranea, primo tra tutti l'Italia, che tradizionalmente attraggono visitatori provenienti dalle vicine aree del nord Europa, ricche ed al contempo caratterizzate da climi freddi e piovosi, sia di condizioni ideali per praticare determinati tipi di attività ricreativa. E' questo il caso del turismo invernale nelle zone alpine la cui appetibilità dipende strettamente dalla possibilità di godere di una copertura nevosa stabile e durevole nel corso di tutta la stagione.

Il cambiamento climatico, soprattutto alla luce della volatilità della domanda turistica, agisce su entrambi questi aspetti con importanti ripercussioni economiche a livello nazionale e più locale.

Il tentativo di quantificare economicamente l'entità di tali impatti è materia relativamente recente tuttavia, in letteratura c'è una certa convergenza nel rilevare, in assenza di strategie di adattamento, una progressiva riduzione della domanda turistica nei paesi caldi, tradizionalmente molto popolari come destinazioni turistiche, a favore dei paesi più freddi (vedi per es: Berritella et al. 2004, Bigano et al. 2006, EC, 2007). A livello Europeo particolarmente penalizzati risultano i paesi dell'area mediterranea che nel medio periodo vedranno progressivamente diminuire la loro attrattiva rispetto ai paesi del Nord Europa caratterizzati da un clima via via più mite e confortevole.

#### *4.1.1. Una visione generale*

In una ricerca recente, Bigano e Bosello, (2007) propongono uno dei primi tentativi di trasporre i risultati delle metodologie applicate alle entità geografiche nazionali, alla realtà più specifica del territorio alpino italiano. Il punto di partenza è costituito dalle variazioni nei flussi di turismo internazionale e nazionale in Italia previsti per gli scenari IPCC A1, A2, B1, B2 rispetto ad un benchmark "senza cambiamento climatico". Tale dato è il prodotto di un modello per il turismo mondiale di stima dei flussi che tra le varie esplicative annovera la temperatura. Il dato nazionale (riportato in tabella 11) evidenzia una riduzione degli arrivi internazionali (che varia dal (-)21.1%, al (-)26.2% nel 2030 e poi cresce) parzialmente compensato da un aumento dei viaggi vacanza degli Italiani all'interno del territorio nazionale (circa (+) 4% al 2030). Ciò che accade è un progressivo orientamento dei turisti stranieri verso destinazioni climaticamente più attraenti come quelle nord europee mentre al contempo i turisti Italiani cominciano a preferire mete nazionali alle tradizionali destinazioni "calde" tropicali, asiatiche e africane che divengono eccessivamente calde.

Tab. 11: Impatti del cambiamento climatico sulla domanda turistica italiana (arrivi turisti stranieri in Italia e viaggi per vacanza dei turisti Italiani).

	2030			2060			2090		
	A1								
	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale
Italia	4.3	-21.2	-12.8	8.6	-24.1	-17.0	11.6	-28.5	-17.8
	A2								
Italia	4.0	-26.2	-13.4	7.7	-26.2	-15.1	10.8	-26.0	-16.1
	B1								
Italia	4.1	-21.1	-12.1	7.8	-21.0	-14.1	10.1	-24.8	-16.7
	B2								
Italia	4.0	-22.3	-13.3	7.8	-27.2	-18.8	10.6	-31.5	-22.9

Fonte: Bigano, Bosello (2007)

In un secondo stadio, gli arrivi di turisti stranieri e Italiani sono ripartiti all'interno delle province "alpine" trasponendo a livello sub-nazionale la relazione tra domanda turistica e temperatura stimata a livello nazionale. Il meccanismo di redistribuzione dei flussi è governato dai differenziali di temperatura, questa volta provinciale rispetto alla media italiana. Le variazioni negli arrivi vengono tradotte in variazioni delle presenze e successivamente di spesa. I risultati sono riassunti in tabella 12

Table 12. Variazione nella spesa turistica dovuta al cambiamento climatico (differenza % rispetto al caso di non cambiamento climatico)

	2030			2060			2090		
A1									
	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total
Torino	6.3	-20.0	-7.7	13.4	-21.3	-9.7	19.6	-24.1	-6.9
Biella	6.4	-19.9	-7.3	13.6	-21.1	-9.2	20.0	-23.8	-6.1
Verbano-Cusio-Ossola	6.7	-19.6	-17.5	14.5	-20.5	-18.9	21.5	-22.9	-20.2
Cuneo	6.3	-20.0	-7.6	13.4	-21.3	-9.6	19.6	-24.1	-6.7
Valle d'Aosta	10.0	-17.1	-4.0	22.5	-14.9	-1.8	35.0	-14.3	5.9
Trentino-Alto Adige (*)	7.6	-18.8	-13.5	16.5	-18.7	-14.2	24.8	-20.1	-13.0
Trento	7.2	-19.3	-9.1	15.5	-19.8	-10.4	23.2	-21.8	-7.5
Bolzano	8.0	-18.6	-15.3	17.7	-18.3	-15.6	26.8	-19.5	-15.0
Belluno	7.8	-18.8	-0.5	17.2	-18.7	1.3	26.0	-20.0	8.5
Udine	4.2	-21.5	-15.4	8.3	-24.8	-19.8	11.0	-29.5	-21.9
Pordenone	3.8	-21.8	-15.4	7.4	-25.5	-20.2	9.6	-30.5	-22.5
Sondrio	7.0	-19.4	-7.2	15.1	-20.1	-8.5	22.6	-22.2	-4.8
A2									
	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total
Torino	5.8	-25.1	-7.5	11.8	-23.8	-7.3	17.7	-22.0	-6.3
Biella	5.9	-25.1	-7.1	12.0	-23.7	-6.7	18.1	-21.8	-5.6
Verbano-Cusio-Ossola	6.2	-24.8	-21.2	12.7	-23.1	-20.3	19.4	-20.9	-18.5
Cuneo	5.8	-25.1	-7.4	11.8	-23.8	-7.1	17.7	-22.0	-6.1
Valle d'Aosta	9.2	-22.7	-4.0	19.6	-18.5	-0.1	31.1	-13.2	5.0
Trentino-Alto Adige (*)	6.9	-24.1	-15.5	14.4	-21.6	-14.3	22.3	-18.4	-11.9
Trento	6.6	-24.6	-9.4	13.6	-22.5	-8.6	20.9	-19.9	-6.9
Bolzano	7.4	-24.0	-18.4	15.4	-21.3	-16.7	24.0	-17.9	-13.8
Belluno	7.2	-24.1	0.0	15.0	-21.6	3.6	23.3	-18.3	7.5
Udine	3.9	-26.5	-16.8	7.4	-26.8	-18.7	10.3	-26.9	-19.9
Pordenone	3.5	-26.7	-16.5	6.7	-27.3	-18.8	9.0	-27.8	-20.4
Sondrio	6.4	-24.7	-7.1	13.3	-22.8	-6.2	20.3	-20.3	-4.5

(\*) Trento + Bolzano

Continua

Tabella 12 (segue). Variazione nella spesa turistica dovuta al cambiamento climatico (differenza % rispetto al caso di non cambiamento climatico)

	2030			2060			2090		
B1									
	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total
Torino	6.0	-20.0	-7.0	11.9	-18.4	-7.5	16.3	-21.2	-8.1
Biella	6.1	-19.9	-6.6	12.1	-18.2	-7.0	16.6	-20.9	-7.4
Verbano-Cusio-Ossola	6.4	-19.6	-17.3	12.9	-17.7	-16.1	17.7	-20.2	-18.3
Cuneo	6.0	-20.0	-6.8	11.9	-18.4	-7.3	16.3	-21.2	-7.9
Valle d'Aosta	9.5	-17.3	-3.4	19.9	-12.6	-0.4	28.1	-13.1	2.0
Trentino-Alto Adige (*)	7.2	-18.9	-13.0	14.6	-16.0	-11.7	20.3	-17.9	-12.7
Trento	6.8	-19.3	-8.4	13.8	-17.0	-8.2	19.1	-19.3	-8.6
Bolzano	7.6	-18.7	-15.0	15.7	-15.7	-13.0	21.9	-17.4	-14.2
Belluno	7.4	-18.8	0.0	15.2	-16.0	2.3	21.2	-17.8	4.6
Udine	4.0	-21.4	-14.8	7.5	-21.6	-16.8	9.7	-25.6	-20.0
Pordenone	3.7	-21.7	-14.7	6.7	-22.2	-17.0	8.6	-26.4	-20.4
Sondrio	6.6	-19.4	-6.5	13.5	-17.3	-6.4	18.6	-19.6	-6.5
B2									
	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total	Domestic Tourism	Internat. Tourism	Total
Torino	5.9	-21.2	-8.1	11.9	-24.8	-11.6	17.4	-27.9	-13.7
Biella	6.0	-21.1	-7.7	12.1	-24.6	-11.0	17.8	-27.7	-12.9
Verbano-Cusio-Ossola	6.3	-20.8	-18.5	12.9	-24.1	-22.2	19.1	-26.9	-24.9
Cuneo	5.9	-21.2	-7.9	11.9	-24.8	-11.4	17.4	-27.9	-13.5
Valle d'Aosta	9.4	-18.6	-4.6	19.8	-19.4	-4.7	30.5	-19.9	-3.3
Trentino-Alto Adige (*)	7.1	-20.1	-14.3	14.6	-22.6	-17.4	21.9	-24.6	-19.2
Trento	6.7	-20.5	-9.6	13.8	-23.5	-12.8	20.6	-26.0	-14.5
Bolzano	7.5	-19.9	-16.3	15.6	-22.3	-19.1	23.6	-24.2	-20.8
Belluno	7.3	-20.1	-0.8	15.2	-22.6	-0.4	22.9	-24.6	0.9
Udine	3.9	-22.6	-16.0	7.5	-27.7	-21.9	10.2	-32.4	-26.4
Pordenone	3.6	-22.9	-15.9	6.7	-28.2	-22.1	9.0	-33.1	-26.9
Sondrio	6.5	-20.7	-7.7	13.4	-23.7	-10.6	20.0	-26.4	-12.0

(\*) Trento + Bolzano

La ricerca evidenzia come il cambiamento climatico possa avere un impatto considerevolmente negativo per l'industria turistica alpina. Complessivamente la contrazione dei volumi di spesa si aggira in media tra il (-)10.2% nel 2030 e il (-)10.8% nel 2090. La situazione è però altamente differenziata per provincia, e per tipologia di turismo. Le differenze interprovinciali in particolare sono determinate solo parzialmente dai differenziali di temperatura che sono comprensibilmente contenuti, ma soprattutto dalla diversa composizione della domanda turistica.

Le province maggiormente colpite nel medio termine sono quelle di Verbano-Cusio-Ossola in Piemonte e Bolzano in Trentino Alto Adige dove la spesa turistica totale si riduce rispettivamente, a seconda dello scenario, dal (-)17.3% al (-)21.2 % e dal (-)15% al (-)18.4%. La diminuzione è imputabile interamente ai minori arrivi e quindi spesa dei turisti stranieri (che si contrae in un range dal (-)19% al (-)25% in entrambe le aree) mentre gli arrivi e la spesa dei turisti italiani aumentano (di circa il (+)6% nella provincia di Verbano-Cusio-Ossola e del (+)7.5% nella provincia di Bolzano), seppure non in modo sufficiente da invertire il trend negativo. Altre zone vengono colpite molto meno severamente. E' questo ad esempio il caso della Valle d'Aosta o della provincia di Belluno in Veneto che fanno registrare rispettivamente un (-)3.4%, (-)4% e un (-)0.8% 0%.

Nel lungo periodo le province alpine maggiormente penalizzate sono invece quelle Friulane di Udine e Pordenone: la loro spesa turistica si riduce complessivamente in un range dal (-)20% al (-)26% determinato dalla forte contrazione della spesa dei turisti stranieri ( (-)26%, (-)33%), mentre dei vantaggi potrebbero materializzarsi per la provincia di Belluno (da un contenuto (+)0.9% nello scenario B2 ad un più consistente (+)8.5% in quello A1) e la Valle d'Aosta ((+)2% e (+)5.9% negli scenari B1 e A1 rispettivamente).

Volendo infine dare un ordine di grandezza delle quantità economiche coinvolte, supponendo ad esempio che la perdita media stimata dai diversi scenari al 2030 si fosse manifestata nell'anno 2006, questo avrebbe comportato una riduzione del fatturato diretto del turismo alpino stimabile in (-) 2.4 milioni di Euro nel Veneto e in ben (-) 587 milioni di Euro in Trentino Alto Adige.

Tabella 13: Contrazione del fatturato diretto turistico

	Contrazione % rispetto al 2030 (*)	Milioni di Euro (**)
Piemonte	-10.2	-33.12
Valle d'Aosta	-4.0	-14.30
Lombardia	-7.1	-29.11
Trentino Alto Adige	-14.1	-587.05
Veneto	-0.3	-2.46
Friuli - Venezia Giulia	-15.7	-28.91

(\*) Valore medio dei quattro scenari A1, A2, B1, B2 espresso come variazione percentuale rispetto al caso di "non cambiamento climatico"

(\*\*)Perdita calcolata trasponendo i valori di colonna 2 al fatturato alpino regionale per il 2006 da stima Unioncamere (2006)

Come si diceva lo studio applica a livello di zona alpina la stessa metodologia utilizzata dalle ricerche condotte a livello di aggregato nazionale. Se da un lato è in grado di evidenziare trend e ordini di grandezza è anche soggetto a importanti limitazioni. Anzitutto non contempla possibili strategie di adattamento dell'offerta turistica, riassume tutte le determinanti climatiche della domanda in un'unica variabile: la temperatura, e non considera alcun elemento di stagionalità nelle previsioni di spesa turistica. Quest'ultimo aspetto è particolarmente rilevante per il settore alpino in cui la domanda di turismo invernale, oltre ad essere particolarmente vulnerabile alle condizioni climatiche è anche caratterizzata da dinamiche del tutto peculiari.

#### *4.1.2. Il turismo invernale*

Due recenti contributi focalizzano sugli impatti del cambiamento climatico per il turismo invernale sull'area alpina Italiana (OECD, 2007; EURAC, 2007).

Entrambi gli studi adottano la cosiddetta regola dei 100 giorni (Witmer, 1986) secondo cui una copertura nevosa è considerata sufficiente per consentire il normale svolgimento di una stagione sciistica se dura per almeno 100 giorni. Naturalmente questa regola è solo indicativa e non va interpretata rigidamente. Infatti piuttosto spesso accade che specifiche caratteristiche locali rendano economicamente redditizia la gestione di un impianto di risalita anche se la regola non è perfettamente rispettata.

Per governare le piste, proteggere il terreno, garantire un funzionamento sicuro degli impianti e dei mezzi e offrire agli sciatori un'esperienza divertente è necessaria una certa quantità di neve. In generale, uno spessore di 30 cm è considerato sufficiente; uno spessore di 50 cm è considerato buono e uno di 75 cm eccellente (Witmer 1986) anche se i pendii rocciosi a quote più elevate possono richiedere fino a 1 m di spessore di neve per essere sciabili.

Come detto (vedi par 3.1.) si stima che sia la linea di innevamento, così come la linea di affidabilità della neve (LAN), possano elevarsi di 150 m per ogni °C di aumento della temperatura. Ipotizzando un trend costante questo implicherebbe un aumento dell'altitudine della LAN di 300 m e 600 m per 2 °C e 4 °C di aumento della temperatura rispettivamente.

Si può poi considerare una particolare stazione sciistica come "affidabile" se per almeno metà della sua estensione si situa al di sopra della LAN. Questa ipotesi si basa sul fatto che la maggior parte dell'attività sciistica solitamente avviene nelle parti più in quota delle piste. Quindi, in termini generali è verosimile supporre che le stazioni sciistiche che partono dalle e raggiungono le altitudini più elevate, e che mostrano la maggiore differenza tra la loro altitudine massima e minima vengano penalizzate in modo minore da un innalzamento della temperatura media e saranno meno vulnerabili al cambiamento climatico.

Le aree sciistiche italiane si situano ad elevate altitudini (vedi Tab. 14) sia per la presenza nel territorio, specialmente nel Nord-Ovest, dei più alti massicci delle Alpi, (il Monte Bianco e il Monte Rosa) sia per la quota media elevata di molte stazioni sciistiche.

Tabella 14: – Altezza max., min., media e differenza max. min. delle stazioni sciistiche nelle regioni alpine italiane

	MAX	MIN	MEDIA	Differenza (MAX – MIN)
<b>Alpi Italiane</b>	<b>2072</b>	<b>1314</b>	<b>1689</b>	<b>758</b>
Valle d'Aosta	2308	1512	1910	796
Piemonte	1918	1250	1554	668
Lombardia	1987	1354	1671	633
Veneto	1934	1353	1644	581
Trentino	1966	1428	1697	538
Alto Adige	2497	1316	1906	1181
Friuli Venezia Giulia	1894	985	1439	909

Fonte: Elaborazione EURAC (2007) su dati ANEF (2005), Regione Piemonte (2003), Provincia Autonoma di Bolzano (2005)

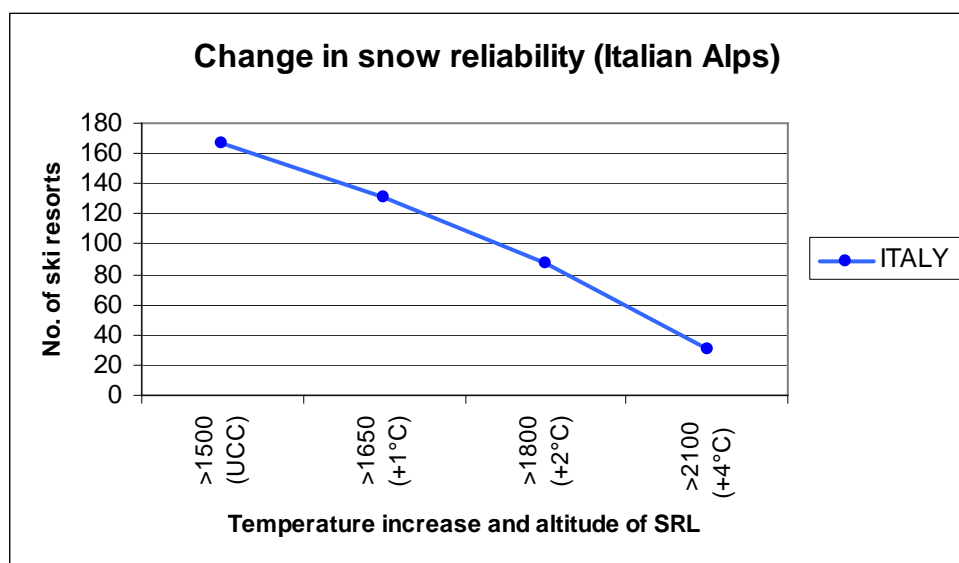
Tuttavia anche queste caratteristiche favorevoli non le mettono al riparo da sostanziali impatti dovuti al cambiamento climatico (Tab. 15 e Fig. 8).

Table 15 – Stazioni sciistiche delle Alpi Italiane con copertura nevosa affidabile a seconda di diversi scenari di aumento della temperatura.

Altitudine LAN →	> 1500 (situazione attuale)	> 1650 (+1°C)	> 1800 (+2°C)	> 2100 (+4°C)
Valle d'Aosta	22	20	16	5
Piemonte	30	22	16	6
Lombardia	21	14	11	6
Veneto	14	12	8	2
Trentino	25	17	14	4
Alto Adige	54	46	23	7
Friuli Venezia Giulia	1	0	0	0
<b>Italia</b>	<b>167</b>	<b>131</b>	<b>88</b>	<b>30</b>

Fonte: EURAC (2007)

Fig. 8 – N° stazioni sciistiche delle Alpi Italiane con copertura nevosa affidabile a seconda di diversi scenari di aumento della temperatura.



Fonte: EURAC (2007)

In base alle ipotesi delineate in precedenza, già in caso di una variazione moderata di temperatura (+1°C e LAN a 1.650 s.l.m.) le zone alpine sarebbero fortemente colpite soprattutto in Friuli Venezia Giulia (dove tutte le stazioni sciistiche si troverebbero al di sotto della LAN) e in Lombardia, Trentino e Piemonte – dove rispettivamente il 33%, 32% e il 26 % delle stazioni sciistiche finirebbero al di sotto della LAN. Un ulteriore incremento di temperatura (+2°C, e LAN a 1.800 m) colpirebbe l’Alto Adige e il Veneto (dove rispettivamente il 50% e il 33% delle rimanenti stazioni sciistiche con neve affidabile verrebbe a trovarsi al di sotto della LAN). In caso di un aumento di temperatura di 4°C, (LAN a 2.100 m) le stazioni sciistiche al di sopra della LAN in tutto l’arco alpino italiano si ridurrebbero a 30 cioè solo il 18% di quelle attualmente operative. Le regioni più colpite risulterebbero il Veneto, il Trentino e l’Alto Adige (dove il 75 %, 71 % e 69% delle stazioni sciistiche si troverebbe al di sotto della LAN), mentre le regioni più sicure si dimostrerebbero la Lombardia e la Valle d’Aosta, dove l’impatto dei cambiamenti climatici sulla LAN sembrerebbe essere meno intenso.

La figura 8 riassume i risultati per l’arco alpino italiano nel suo complesso: in caso di un innalzamento della temperatura di 1°C, quasi il 20% delle stazioni sciistiche alpine esistenti non potrebbe più contare su una copertura nevosa affidabile; nel caso di 2°C di incremento di temperatura, quasi il 40% perderebbe l’affidabilità della neve mentre se la temperatura crescesse di 4°C la percentuale salirebbe all’82% (OECD, 2007).

Allo stato, non si dispone di informazioni sufficientemente dettagliate per tradurre in modo preciso in termini economici l’impatto negativo sul solo segmento turistico invernale. Per fare ciò sarebbe necessario disporre di un database aggiornato che riporti il fatturato delle principali stazioni sciistiche dell’arco alpino incrociato

con il dato riguardante la precisa identificazione altimetrica di ciascuna stazione. La costruzione di questo database sarà oggetto probabile di futura ricerca. Al momento si può comunque tentare di indicare un possibile ordine di grandezza partendo dalle poche informazioni sul fatturato di alcune delle principali stazioni sciistiche per regione riportato da Zanetti *et al.* (2005) e applicandovi le riduzioni percentuali riportate in tabella 15 (vedi tab. 16).

Tabella 16 – Perdita economica (milioni di euro) derivante dall’uscita dal mercato delle stazioni sciistiche prive di copertura nevosa affidabile

	> 1650 (+1°C)	> 1800 (+2°C)	> 2100 (+4°C)
Valle d’Aosta	4.706	13.977	39.861
Piemonte	10.666	18.667	32.000
Lombardia	Na	Na	Na
Veneto	Na	Na	Na
Trentino	Na	Na	Na
Alto Adige	23.762	92.081	139.607
Friuli Venezia Giulia	13.625	13.625	13.625

Fonte: Nostra elaborazione da dati EURAC (2007) e Zanetti *et al.* (2005) ottenuta applicando al fatturato regionale degli impianti sciistici le contrazioni percentuali riportate in tabella 15.

Come si può notare la regione più colpita risulta essere ancora una volta l’Alto Adige dove, dato l’alto valore aggiunto prodotto dal turismo invernale, anche ridotte contrazioni si traducono in rilevanti perdite in valore assoluto. Perdite relativamente più contenute si materializzano in Friuli Venezia Giulia, in cui però tutti gli impianti esistenti sono costretti a cessare l’attività anche in uno scenario di aumento della temperatura contenuto e in Valle d’Aosta, relativamente meno esposta vista l’elevata altitudine media dei suoi impianti.

#### 4.1.3. Turismo: strategie di adattamento al cambiamento climatico.

Diverse strategie sono a disposizione del settore turistico per far fronte a variazioni della domanda di turismo alpino in generale ed invernale in particolare.

Anzitutto vi sono le cosiddette strategie tecniche che consistono nell’apportare opportune modifiche alla morfologia delle aree sciistiche allo scopo di renderle sciisticamente più affidabili.

Il primo tipo di strategia tecnica raggruppa quegli interventi volti a ridurre lo spessore del manto nevoso necessario a permettere la pratica dello sci e di conseguenza anche l’entità dell’innevamento artificiale eventualmente richiesto. Gli interventi di questo tipo sono tra i più vari: vanno dalla progettazione di particolari tipi di tracciato, all’installazione di parapetti “cattura neve” (*snow farming*), alla posa di alberi che proteggano le piste, al drenaggio dei terreni particolarmente umidi che potrebbero ritardare l’accumularsi della neve ed anticiparne lo scioglimento. Importanti sono anche gli interventi di protezione delle piste dal vento, la creazione di aree ombreggiate e gli interventi di “pulitura” delle piste che ne innalzano l’albedo. E’

stato stimato che i tre tipi di intervento possano prolungare la permanenza del manto nevoso di 15, 30 e 7 giorni rispettivamente (OECD, 2007). Questi interventi, condotti prevalentemente con scavatrici e bull-dozzer sono altamente invasivi, e nella maggioranza dei casi comportano un impatto altamente negativo sulla vegetazione con aumento dei processi erosivi. Infatti, nonostante i terreni spianati dimostrino una maggior presenza di nutrienti ed esposizione alla luce solare, i loro strati superficiali risultano fortemente danneggiati con conseguente minore copertura, biodiversità e produttività vegetale. Il risultato finale è un fattore di erosione cinque volte maggiore rispetto ai terreni non spianati. D'altro lato le operazioni di rinfoltimento risultano particolarmente difficoltose con ridotte percentuali di attecchimento. Infine bisogna considerare l'impatto sull'amenità e gradevolezza del paesaggio che può risultare fortemente alterato con perdita di attrattiva per altre forme di turismo come quello estivo.

Il secondo tipo di intervento consiste invece nel cambiare la collocazione/estensione delle piste spostandole in zone più affidabili dal punto di vista della copertura nevosa e cioè più in alto o in zone più fredde (a Nord o su ghiacciai). Anche in questo caso importanti limitazioni ambientali ed economiche sono da considerare. Anzitutto non tutte le aree a sciistiche offrono altitudini sufficienti per l'espansione. Con l'altitudine le condizioni ambientali divengono via via più rigide e quindi possono scoraggiare gli appassionati. Gli ecosistemi sommitali sono "fragili" e quindi l'estensione ad alta quota degli impianti può risultare estremamente dannosa. Inoltre costruire a quote elevate è molto costoso per tutta una serie di problemi ingegneristico-logistici. Ad esempio la progettata estensione ad alte quote dei comprensori sciistici dovrebbe costare alla Svizzera una cifra che si aggira tra i 40 e i 49 milioni di Franchi (Mathis, 2003). Una variante relativamente "low cost" di queste strategie consiste nel potenziare/concentrare l'attività sciistica nella parte "più elevata" di un impianto esistente. Ad esempio, considerando la realtà italiana, una delle regioni con il più alto livello di utilizzazione degli impianti è il Trentino Alto Adige che però, in media stagionale, fa registrare un 26.6% (Zanetti *et al.*, 2005), dimostrando quindi alcuni margini di possibile intensificazione dell'attività sciistica sull'impianto. Questa opzione non tiene conto però dei possibili problemi di congestione che verrebbero a crearsi.

Il terzo, consiste nello sviluppo di impianti sui ghiacciai dove la neve dovrebbe permanere. Tuttavia, oltre agli ovvi problemi di impatto ambientale su ecosistemi particolarmente fragili, questa strategia rischia di non essere sostenibile nel medio periodo, dal momento che tutti i ghiacciai alpini sono a concreto rischio scomparsa entro il prossimo secolo (vedi par. 3.1.)<sup>3</sup>.

Il quarto tipo di intervento tecnico, che è anche quello maggiormente adottato, consiste nella produzione di neve artificiale. La tabella 17 riporta la percentuale di comprensori sciistici nelle Alpi italiane dotati di dispositivi per la produzione di neve artificiale.

---

<sup>3</sup> Una particolare tecnica di preservazione dei ghiacciai consiste nella posa di particolari "lenzuola" bianche, solitamente in poliestere a protezione del manto. Il costo delle "lenzuola" è relativamente ridotto (4 franchi Svizzeri per m<sup>2</sup>) e queste sembrano efficaci tanto che sono correntemente adottate in Svizzera e nel Tirolo Austriaco dove coprono il 3% della superficie totale sciabile in ghiacciaio. Tuttavia anche questo intervento può contribuire a ritardare la scomparsa dei ghiacciai, ma non a evitarla.

Tabella 17: Impianti sciistici dotati di dispositivi per la produzione di neve artificiale nelle Alpi italiane.

	No. of ski areas with artificial snowmaking facilities	No. of ski areas (TOTAL)	Ski areas with artificial snowmaking facilities (in %)
Valle d'Aosta	20	25	80,0%
Piemonte	37	54	68,5%
Lombardia	22	33	66,7%
Veneto	24	46	52,2%
Trentino	31	34	91,2%
Alto Adige	54	54	100,0%
Friuli Venezia Giulia	5	5	100,0%
<b>Totale (No. / %)</b>	<b>193</b>	<b>251</b>	<b>76,9%</b>

Fonte: EURAC (2007)

Come si può notare questo particolare tipo di pratica è largamente diffuso: in tutto l'arco alpino Italiano circa il 77% delle aree sciistiche è dotato sistemi per la produzione di neve artificiale, percentuale che raggiunge addirittura il 100% in Friuli Venezia Giulia e Alto Adige.

Essere dotati di impianti per la produzione di neve artificiale non è però sufficiente a garantire una effettiva copertura nevosa. Anzitutto è necessario disporre delle appropriate condizioni di umidità e soprattutto di temperatura dell'aria: la maggior parte dei cannoni "spara neve" infatti funziona a temperature comprese tra i -2 °C e gli 0 °C con additivi. Pertanto temperature crescenti possono rendere comunque inutilizzabili i dispositivi esistenti. In secondo luogo ingenti risorse idriche sono indispensabili. Con buona approssimazione, 1 m<sup>3</sup> di acqua equivale a circa a 2 - 2,5 m<sup>3</sup> di neve. Pertanto sono necessari dai 70 ai 120 litri d'acqua per m<sup>2</sup> per produrre un manto nevoso dello spessore di quei 20 – 35 cm che consenta la pratica sciistica (Probstl, 2006). Una copertura nevosa completa di 30 cm necessita quindi di 1000 – 1200 m<sup>3</sup> di acqua per ha. Un aumento del ricorso all'innevamento artificiale è quindi suscettibile di esercitare forti pressioni sulle risorse idriche di alta quota con possibili riduzioni nelle portate degli invasi anche in periodi diversi da quello invernale e ripercussioni negative sugli ecosistemi acquatici o su altre attività umane ad alta intensità di acqua come quelle agricole o i consumi normali delle famiglie. Se le risorse idriche necessarie fossero convogliate da altre aree ci sarebbero problemi di costo anche ingenti<sup>4</sup>. E l'elemento costi è un altro fattore determinante nel limitare le possibilità di ricorso all'innevamento artificiale. Anzitutto è necessario considerare che un sistema di innevamento richiede oltre ai cannoni, serbatoi per l'acqua, connessioni elettriche lungo le piste, sistemi di pompaggio ad aria compressa, sistemi di monitoraggio e controllo remoti e in generale un elevato dispendio energetico (che in condizioni normali costituisce il 40% dei costi totali). Investimenti, costi operativi e di manutenzione sono molto elevati. Produrre 1 m<sup>3</sup> di neve costerebbe tra i 3 e i 5 euro (CIPRA, 2004), mentre l'installazione di un sistema di innevamento artificiale si aggirerebbe tra i 25.000 - 100.000 Euro/ha (in Austria) o i 650.000 Euro/Km (in Svizzera) con un costo medio di 136.000

<sup>4</sup> In certi casi l'acqua convogliata non può essere usata direttamente, ma deve essere raffreddata e purificata, elementi che aumentano ulteriormente i costi dell'intero processo. Altrettanto costoso è la costruzione di serbatoi artificiali in quota.

Euro/ha (CIPRA, 2004). I costi operativi annuali in Svizzera si aggirano tra i 19.000 e i 32.000 Euro/ha, e si stima che circa l'8.5% dei ricavi venga in media speso dagli operatori per gli interventi di manutenzione. In caso di innalzamento della temperatura tutti questi costi sono destinati ad aumentare in modo consistente dato che non solo più neve artificiale dovrebbe essere prodotta, ma anche in condizioni di temperatura più elevata. Questo è valido soprattutto per i costi associati al consumo energetico.

Successivamente vi sono le strategie "comportamentali" incentrate sulla differenziazione dell'offerta turistica.

Anzitutto l'apertura e la durata della stagione invernale può in parte essere adattata all'effettiva disponibilità di neve.

In secondo luogo è possibile ampliare la gamma di attività ricreative praticabili durante l'inverno. Questa strategia può essere particolarmente percorribile considerando che solo il 30.1% dei turisti italiani e il 32.8% dei turisti stranieri che visita le località montane italiane dichiara di farlo per praticare uno sport specifico (Unioncamere, 2006). Indirizzarsi verso attività differenti come il turismo congressuale, o l'offerta di percorsi culturali e periodi relax con trattamenti fitness o spa (che in Italia costituiscono rispettivamente la seconda e la quinta voce di spesa turistica per volume d'affari (Unioncamere, 2006)) potrebbe essere quindi particolarmente vincente. E' comunque molto difficile che questa diversificazione consenta di compensare completamente l'eventuale forte contrazione della domanda turistica invernale, sia perché questa costituisce il volume d'affari più rilevante (ad esempio nel 2000 il turismo invernale costituiva il 64% del fatturato totale del turismo montano in Italia (TCI, 2002) ), sia perché anche l'attrattiva delle alternative tipologie di offerta è strettamente legata alle caratteristiche paesaggistiche cui la neve contribuisce in maniera determinante.

In terzo luogo gli operatori possono contrarre o ritirarsi dall'offerta invernale riconvertendosi con ampliamento e potenziamento dell'offerta turistica nelle altre stagioni. Questa strategia deve però tenere conto che il clima può influenzare anche l'attrattiva delle zone turistiche montane durante l'estate. Se da un lato le temperature estive montane più confortevoli rispetto a quelle di pianura possono attrarre un numero maggiore di turisti, dall'altro fenomeni come la maggior incidenza degli eventi naturali estremi (vedi par. 3.5) potranno scoraggiarli.

Per finire si menzionano quelle strategie volte a limitare i rischi di una stagione insoddisfacente. Possono essere strategie "industriali", come fusioni, conglomerazioni, creazione di consorzi tra imprese atte ad ampliare la dimensione dei comprensori sciistici e diversificare il rischio scarsità di neve oppure "finanziarie" come il ricorso ai "weather derivatives" o a particolari forme di assicurazione. Anche queste ultime strategie non permetteranno una totale copertura dal rischio, soprattutto le strategie assicurative che si basano su una diversità di agenti disposti a scambiare rischio su uno stesso indice climatico potrebbero non trovare un numero di attori sufficienti data l'alta variabilità locale del clima alpino.

#### *4.1.4. Turismo: Conclusioni*

In generale gli studi disponibili che offrono una certa valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico sul turismo nelle aree alpine italiane sono pochi e recenti. Soprattutto sono ancora assenti degli approcci metodologici che trattino il fenomeno nella sua completezza considerandone cioè in maniera integrata, ma al contempo differenziandoli, gli elementi di stagionalità (turismo estivo e invernale dovrebbero essere trattati assieme) e soprattutto le strategie di adattamento dal lato dell'offerta a disposizione degli operatori con particolare enfasi sui costi di adattamento.

Le tecniche econometriche di stima dei flussi turistici sono tuttora molto semplificate ed infine ancora predominano gli approcci di equilibrio parziale se non di semplice costo diretto. Entrambe le metodologie forniscono un'analisi limitata ai possibili impatti economici diretti non riuscendo ad evidenziare né gli effetti sull'indotto turistico, né, tanto meno, le implicazioni per i sistemi economici regionali e nazionale nel loro complesso. Riassumendo, la letteratura non è ancora consolidata, è suscettibile di consistenti miglioramenti e di possibili variazioni, anche consistenti, nelle conclusioni quantitative. Tuttavia, almeno in assenza di strategie di adattamento che però in alcuni casi come quello dell'innervamento artificiale sono soggette a severi ed oggettivi limiti di applicabilità fisica ed economica, le diverse ricerche esistenti concordano nell'evidenziare la possibilità di severi impatti negativi per il turismo alpino come conseguenza dei cambiamenti climatici. Il caso più lampante è costituito appunto dal turismo invernale che potrebbe diventare fisicamente impraticabile almeno nei suoi profili sportivi (solo il 18% degli impianti di risalita dell'intero arco alpino potrebbe funzionare nel caso di un aumento delle temperature di 4°C ben dentro il range di aumento di temperatura previsto dall'IPCC al 2100), ma anche quello estivo potrebbe risultare penalizzato. In questo secondo caso, anche considerando un consistente aumento delle presenze di turisti italiani nelle località alpine, che potrebbe essere giustificato sia da una loro maggior attrattiva rispetto alle località di pianura che d'estate potrebbero diventare eccessivamente calde, sia da una maggiore propensione dei turisti italiani a trascorrere le loro vacanze in Italia rispetto alle tradizionali mete tropicali, e che potrebbe favorire alcune particolari località, nella maggioranza dei casi sarebbero comunque i turisti stranieri a far registrare consistenti cali di presenze e quindi di domanda e fatturato.

## **4.2. Agricoltura**

Come nel caso della quantificazione delle variazioni di produttività, vi sono numerosi studi che tentano di quantificare gli impatti economici del cambiamento climatico in agricoltura. Sfortunatamente l'evidenza per le zone alpine e quelle alpine italiane in particolare è estremamente carente.

Volendo riassumere, il risultato principale che emerge dalla letteratura che comunque si riferisce ad aggregati geografici molto più vasti, è che gli impatti del cambiamento climatico sull'agricoltura, in particolare per i paesi situati a medie ed elevate latitudini, che coincidono in larghissima parte con i paesi sviluppati, sono di modesta entità. Ciò sia in termini di resa del suolo e quindi di capacità di produzione alimentare sia in termini economici e quindi di benessere. Questo esito appare particolarmente consolidato in

quanto è supportato da studi condotti con metodologie diverse, riferiti ad aggregati geografico-spaziali diversi e basati su diverse ipotesi circa i processi di adattamento. Con riferimento al dettaglio europeo, ad esempio, l'impatto sul benessere delle variazioni nella produttività del settore agricolo sono state quantificate in possibili impatti leggermente negativi, (-)0.02 - (-)0.4% del PIL in caso di raddoppio della concentrazione di CO<sub>2</sub> (Kane et al., 1992), o in un (-) 0.003% del PIL riferito al 2050 in caso di incremento della temperatura di 1°C (Berittella et al., 2006) o in leggeri benefici, uno (+) 0.003% del PIL (Harasawa et al., 2003).

E' importante sottolineare come l'impatto contenuto del cambiamento climatico sull'agricoltura sia dovuto a due fattori: anzitutto al limitato peso del settore agricolo sulla produzione di ricchezza nazionale. Di conseguenza anche impatti potenzialmente molto dannosi si traducono in limitate perdite se misurate in percentuale del PIL. In secondo luogo all'operare dei meccanismi di adattamento naturali e umani. In genere gli impatti negativi ridotti o nulli evidenziati dalle simulazioni che considerano l'adattamento si amplificano considerevolmente, quando questo è escluso dall'analisi.

Ad esempio studi condotti sui sistemi agricoli nei paesi sviluppati nel loro complesso quantificano il potenziale di riduzione delle perdite indotte dal cambiamento climatico dell'adattamento in un range che va dal 40% (Rosenzweig et al., 1994) al 70% (Reilly et al., 1994). In uno studio per gli USA Southworth *et al.* (2002) concludono che la semplice variazione nel "timing" di coltivazione della soia in risposta alle variazioni climatiche abbia consentito di ottenere una resa del 120% più alta che altrimenti, Stuczynski *et al.* (2000) stimano che l'adattamento in Polonia consenta di ridurre le perdite dal (-)25%, al (-)5% o addirittura trasformarle in un guadagno del 5%.

Le principali strategie di adattamento dei settori agricoli, valide anche per l'agricoltura di montagna, sono di varia natura (vedi tabella 18).

Tabella 18: Strategie di adattamento al cambiamento climatico nel settore agricolo

<b>Strategie di adattamento di breve periodo</b>	
	<b><i>Variazione nel tipo e nel periodo delle coltivazioni</i></b>
	<b><i>Variazioni negli input utilizzati</i></b>
	Modifica nell'uso dei fertilizzanti e dei pesticidi
	<b><i>Tecniche per la preservazione del suolo</i></b>
	Tecniche per la conservazione dell'acqua: conservation tillage e più efficiente gestione dei processi di irrigazione
<b>Strategie di adattamento di lungo periodo</b>	
	<b><i>Modifica dell'uso del suolo</i></b>
	<b><i>Selezione delle specie coltivate</i></b>
	Utilizzo di tecniche tradizionali o genetiche per sviluppare/introdurre varietà resistenti al caldo e alla scarsità idrica
	<b><i>Sostituzione delle specie coltivate</i></b>
	<b><i>Utilizzo di tecnologie più efficienti</i></b>
	Migliorare l'efficienza delle tecniche di irrigazione e l'utilizzo delle risorse idriche.
	<b><i>Gestione delle risorse nutritive</i></b>
	Adattata alle modificate condizioni di crescita e produttività delle coltivazioni, ma anche alla presenza di nutrienti nel suolo.
	<b><i>Modifica nei sistemi di coltivazione</i></b>
<b>Livelli di implementazione delle strategie di adattamento</b>	
	<b><i>Impresa agricola</i></b>
	Sviluppo di sistemi di diversificazione/gestione del rischio
	"Coltivazione opportunistica" – più consona alle condizioni ambientali.
	Costituzione banche dati su condizioni meteorologiche, produttive, danni, malattie e invasione di agenti infestanti
	Sviluppo di strumenti e training per l'accesso e l'interpretazione di dati climatici e l'analisi delle diverse possibilità gestionali
	Apprendimento imitazione delle tecniche adottate nelle aree meno produttive
	Selezione delle varietà dalle caratteristiche biofisiche appropriate che garantiscano la maggiore adattabilità alle nuove condizioni.
	Miglioramento dei sistemi di previsione meteo e sviluppo di sistemi di allerta in riferimento a episodi eccezionali di caldo o rischio erosione.
	<b><i>Regione</i></b>
	Integrazione degli elementi di cambiamento climatico nelle politiche di sviluppo regionali riguardanti l'uso del suolo.
	<b><i>Nazione</i></b>
	Coordinare le diverse strategie esistenti per migliorare la resilienza dell'intero sistema.
	Promuovere interventi di sostegno per gestire le fasi di transizione ai nuovi sistemi.
	Sviluppare lo scambio di informazioni tra imprese e tra regioni.
	Investire in R&D e formazione in adattamento.
	Sviluppare strumenti modellistici integrati per interpretare e anticipare i cambiamenti.
	Costruire e mantenere data base da supporto per le strategie di adattamento.
	Migliorare e diffondere i dati sulle previsioni meteo.
	Sostenere programmi per la conservazione della diversità genetica.
	Migliorare le attività e i sistemi di prevenzione della diffusione delle malattie ed agenti infestanti.
	Migliorare i sistemi di gestione delle risorse idriche, aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua, sviluppare nuove tecnologie.
	Sostenere programmi di cambiamento nell'uso del suolo.

Fonte: Bosello et al., (2007)

Possono avere una rilevanza di breve o di lungo periodo. Al primo tipo appartengono quelle attività volte a ottimizzare la produzione in presenza delle mutate condizioni climatiche senza però dover necessariamente stravolgere i sistemi produttivi. Queste possono essere definite anche come autonome nel senso che non necessitano del supporto di altre realtà come quella tecnologica o politica. Al secondo tipo appartengono invece quelle strategie che comportano cambiamenti strutturali e sono solitamente accompagnate/governate da interventi pianificati ad alti livelli decisionali.

L'adattamento può altresì essere intrapreso a livelli diversi: di impresa, regionale o nazionale.

L'impresa agricola ha a disposizione diverse opzioni per adattarsi tuttavia prerequisiti essenziali per la loro adozione sono: un minimo livello di affidabilità nella previsione dei pattern di cambiamento climatico per gli anni futuri; la percezione che il non adattarsi possa comportare rischi concreti e che l'adattamento sia efficace; un sistema di "protezione" che offra un certo grado di tutela nel caso le strategie di adattamento adottate dovessero rivelarsi inefficaci; un adattamento anche nelle strutture di trasporto e mercato ai nuovi standard produttivi (McKeon *et al.*, 1993)

Il ruolo principale di una strategia di adattamento a livello regionale è quello di impedire che diverse strategie di adattamento a livello atomistico entrino in conflitto tra loro o addirittura diventino controproducenti esacerbando il degrado del suolo e la depauperazione delle risorse. Questo però presuppone che il set informativo del planner regionale sia migliore di quello del singolo operatore e che altre forme di inefficienza della PA siano assenti o limitate.

L'adattamento a livello nazionale è soprattutto volto a promuovere un generale aumento della capacità adattiva del sistema agricolo nel suo complesso. Si compone di un insieme di iniziative che necessitano l'intervento di una autorità pubblica in quanto sia l'incertezza connessa al cambiamento climatico che il grado di coordinamento e enforcement richiesti possono essere deterrenti per l'agente privato.

Infine deve essere menzionato il funzionamento stesso delle forze di mercato che configura situazioni di adattamento autonomo. L'agricoltura è un settore economico parte di un sistema produttivo nazionale che a sua volta è inserito in un contesto internazionale. Uno "shock" climatico che colpisca input o output tipici dell'agricoltura si propaga a tutto il sistema attraverso le variazioni nei prezzi relativi che determinano variazioni nella domanda e offerta di tutti i fattori produttivi e beni di consumo. Questi processi di sostituzione intra e internazionali possono essere negativi per alcuni settori e positivi per altri, possono colpire maggiormente alcune economie e favorirne altre.

E' opportuno sottolineare come se qualche dato esiste sulla capacità dell'adattamento di ridurre i danni del cambiamento climatico in agricoltura, non altrettanto può dirsi per i costi di tali strategie.

Nell'interpretazione dei risultati citati si deve quindi tenere presente la tuttora rilevante incertezza nella modellizzazione sia delle risposte naturali che di quelle umane al cambiamento climatico. A tutt'oggi non vi è ancora consenso unanime sull'adattamento; né sulle sue dinamiche, né sui suoi costi né sulla sua capacità di contrastare efficacemente il cambiamento climatico. E' quindi questo un campo che richiede un elevato sforzo in termini di ricerca.

### **4.3. Biodiversità**

Mentre in genere la letteratura scientifica propone diversi studi che quantificano il valore della biodiversità nei suoi vari aspetti, la particolare relazione tra cambiamento climatico – variazione della biodiversità – impatti economici è largamente inesplorata. In particolare, a nostra conoscenza, non esistono studi in materia condotti per la realtà italiana e per le zone a rischio deglaciazione in Italia. Pertanto, nella presente ricerca, si è scelto di offrire alcune considerazioni metodologiche, il cui trattamento è sviluppato in appendice (par. A.3).

### **4.4. Eventi Naturali Estremi e dissesto idro-geologico**

Al momento non esistono studi dettagliati condotti per le zone alpine italiane che tentino di quantificare il possibile svilupparsi del rischio idrogeologico e di darne una quantificazione economica, soprattutto tentando di isolare quella parte di variazione del rischio imputabile al cambiamento climatico. Questa carenza però è riscontrabile anche in contesti geografici e nazionali diversi.

Esistono database piuttosto dettagliati sugli eventi catastrofici verificatisi nel passato, aree alpine incluse prodotti dalle maggiori compagnie assicurative (vedi ad es., Munich Re (2005), o Swiss Re, (2005)) o da agenzie governative (vedi ad esempio APAT, (2007)) che permettono di ricostruire il quadro della situazione passata e presente, e studi che tentano di quantificare l'evoluzione e l'entità economica del rischio associato ad eventi naturali estremi, (di solito condotti su aree geografiche più vaste). A livello mondiale, ad esempio è stato stimato che le perdite dovute a catastrofi naturali, che negli ultimi 15 anni hanno raggiunto un ammontare di 1000 miliardi di \$, sembrerebbero raddoppiare ogni 10 anni (Innovest, 2002). Di conseguenza già oggi stiamo sperimentando il quadruplo di disastri naturali collegati alle condizioni climatiche rispetto a 40 anni fa con un aggravio delle spese assicurative pari a 11 volte. Calzadilla et al. (2006) propongono uno studio con alcune valutazioni anche per l'Europa. Ponendo in relazione l'aumento della temperatura con gli eventi oscillatori ENSO e NAO e successivamente questi ultimi con la frequenza e intensità di una serie di eventi estremi connessi anche a forzanti climatiche, identificano una relazione tra la prima e gli ultimi che si tradurrebbe in una perdita aggiuntiva pari a 222 milioni di Euro l'anno in caso di un incremento della temperatura di 1° C. Un altro studio condotto dall'ABI (2005), con tema specifico le tempeste europee, quantifica invece in 1,65 milioni di Euro addizionali la cifra necessaria per assicurare il capitale che si troverebbe maggiormente esposto a rischio in uno scenario di raddoppio della concentrazione di CO2 nel prossimo secolo.

Tutti questi studi però non riescono a quantificare con precisione quanto di questi costi aggiuntivi sia effettivamente dovuto al cambiamento climatico e quanto a fattori differenti e questo per tre motivi. Anzitutto, come detto (vedi par. 3.5) i costi potrebbero aumentare semplicemente a causa dell'aumento progressivo del valore dei beni immobilizzati nelle aree a rischio, in secondo luogo a causa di una maggiore

vulnerabilità sistemica indotta da attività puramente antropiche senza nessuna relazione con fattori climatici (basterebbe ad esempio un aumento della densità abitativa per aumentare il fattore di rischio di un'area e i possibili costi associati ad un evento estremo), infine a causa di una semplice maggior precisione nei sistemi di rilevazione dei danni rispetto al passato.

Considerazioni analoghe possono essere svolte in sede di quantificazione dell'evoluzione dei costi di prevenzione che potrebbero aumentare per motivi precauzionali non necessariamente connessi a maggiori stressor climatici.

Ciò detto, alla luce degli elementi di particolare vulnerabilità idrogeologica delle aree alpine è lecito attendersi un aumento del grado di rischio in quelle zone coerente con il panorama delineato a livello mondiale e europeo. Proprio per questo risulta necessario predisporre una serie di interventi di adattamento preventivo e reattivo pianificati per ridurre al minimo i danni potenziali. Tali interventi devono però essere basati su di una approfondita analisi costi benefici che ne massimizzi efficacia ed efficienza.

Metodologicamente tale analisi dovrebbe dal lato dei benefici (danni evitati/bili):

- costruire delle mappe di rischio. Queste dovrebbero non solo considerare elementi geologici ambientali, ma anche sociali ed economici. Risulta infatti fondamentale capire quali aree incorporino il maggior valore economico / sociale per avere una visione globale del rischio e dare priorità agli interventi. A tal fine è necessario una stretta collaborazione tra geologi, tecnici della protezione civile, ingegneri ed economisti,
- includere esplicitamente e separatamente la componente climatica del rischio, accanto alle sue altre determinanti. Si diceva che gli elementi di rischiosità e le perdite attese sono comunque destinate ad aumentare semplicemente a causa dell'incremento del valore delle attività "immobilizzate" nelle aree di rischio. A questa componente è necessario affiancare l'incremento addizionale dovuto alle variazioni climatiche, che non deve andare confuso con il primo. Per fare questo è necessario ricorrere a specifiche tecniche statistiche capaci di "isolare" la componente climatica dal resto dei "rumori di fondo" in modo che ad essi non si confonda. Successivamente è opportuno costruire determinati scenari probabilistici di cambiamento climatico in modo da considerare in modo esplicito la presenza dell'incertezza, elemento pervasivo in questo tipo di analisi. Tali scenari di cambiamento climatico dovranno essere confrontati con scenari futuri senza cambiamento climatico alla cui costruzione dovrà essere posta particolare cura in quanto è solo dal confronto con questi ultimi che potrà essere ragionevolmente isolata la componente di costo prettamente climatica.

Dal lato dei costi

- separare i costi degli interventi di contrasto al dissesto idro geologico che comunque si sarebbero effettuati, da quelli aggiuntivi potenzialmente imposti dal cambiamento climatico. Per fare questo è necessaria la costruzione di alcuni scenari controfattuali che possono incorporare diverse ipotesi

come delineato in Bigano (2007) che poi andranno confrontati con uno (o più) scenari di cambiamento climatico.

## 5. Research gap

Anche in rapporto ad una realtà come quella italiana caratterizzata da una generalizzata scarsità di ricerche che presentino quantificazioni fisiche ancor prima che economiche degli impatti del cambiamento climatico, la regione alpina risulta particolarmente carente di informazioni.

Qualche elemento di quantificazione e di valutazione economica è disponibile per il settore turistico – tuttavia condotta con metodologie suscettibili di ampio miglioramento - mentre altre aree, pur di assoluta preminenza economica e sociale nel contesto alpino, come quelle dell'agricoltura, del settore forestale, della biodiversità e del rischio idrogeologico sono totalmente scoperte.

Previsioni riguardanti l'evoluzione di produttività, rischiosità, qualità e quantità degli ecosistemi e sistemi produttivi alpini italiani praticamente non esistono, di conseguenza, mancando la base necessaria a condurre anche pur semplici esercizi di valutazione economica, questi ultimi non sono al momento disponibili. Alcune generiche indicazioni possono essere ricavate solo “per analogia” considerando ciò che è stato prodotto in/per altri paesi dell'arco alpino europeo, con tutte le approssimazioni del caso.

Se la ricerca sugli impatti è carente, altrettanto può dirsi di quella riguardante costi e benefici delle possibili strategie di adattamento. Anche in questo caso qualche informazione è disponibile per il settore turistico, soprattutto riguardo il turismo invernale, ma si può riscontrare un'assoluta carenza di materiale in tutti gli altri campi. Una precisa definizione del ruolo dell'adattamento, pianificato e autonomo, risulta fondamentale in quanto da un lato questo costituisce una componente del costo totale del cambiamento climatico (ovviamente una quantificazione del costo del cambiamento climatico che non consideri l'adattamento può proporre stime altamente distorte, (vedi anche appendice metodologica)), dall'altro è un'importante informazione in sede di decisione politica per la destinazione di risorse e definizione della tempistica di interventi alternativi.

Alla luce di quanto detto sembra pertanto opportuno procedere secondo le seguenti linee (che richiamano per analogia la proposta metodologica in appendice):

- raccolta di dati e costituzione di database che consentano di ricostruire gli impatti ambientali e economici dei fattori climatici, se non del cambiamento climatico nel passato.
- elaborazione di studi che quantifichino in termini fisici quelli che sono i possibili impatti del cambiamento climatico in base a diverse ipotesi di scenario futuro. Nel contesto alpino di particolare rilevanza sembrano essere i campi del dissesto idrogeologico, dell'agricoltura e della biodiversità.
- partendo da questi ultimi, elaborazione di studi di valutazione economica degli impatti condotti in primis con tecniche di *direct costing* e successivamente/possibilmente con tecniche di equilibrio generale. Si sottolinea l'assoluta necessità di colmare il gap informativo riguardo gli impatti economici sulla biodiversità alpina, elemento che presenta oggettive difficoltà di quantificazione per l'esistenza di valori non di mercato (vedi appendice metodologica)
- In parallelo, sviluppo di studi sui costi delle possibili strategie di adattamento.

Si ribadisce l'importanza di condurre tutti questi studi che toccano aspetti disciplinari diversi, con un approccio interdipendente o integrato in modo che tra evoluzione degli scenari climatici, degli impatti fisici e quella degli impatti economici sia garantita la massima coerenza e si minimizzi il rischio di trascurare aspetti fondamentali di un quadro altamente complesso.

## **6. Conclusioni**

Le Alpi Italiane per caratteristiche ambientali e per la presenza di forti pressioni antropiche presentano connotati di peculiare fragilità ambientale ed ecologica che le rendono particolarmente vulnerabili alle ulteriori pressioni che potranno essere esercitate dal cambiamento climatico e che già adesso stanno manifestando alcuni loro effetti. Di conseguenza anche le attività umane insediate sul loro territorio si troveranno prima esposte, poi sensibili ed in ultima istanza vulnerabili al cambiamento climatico.

Tutte le aree tematiche analizzate: turismo, agricoltura, biodiversità e foreste, rischio idrogeologico presentano elementi di criticità specifici nei confronti di un clima in mutamento.

Il turismo, soprattutto quello invernale che si sviluppa alle quote più basse (sotto i 1500 metri), sembra destinato a forti contrazioni visto il trend di riduzione delle precipitazioni a carattere nevoso e gli alti costi delle strategie di adattamento (produzione di neve artificiale anzitutto) o la loro efficacia limitata nel tempo (sviluppo attività sciistica sui ghiacciai) o nello spazio (possibilità di spostare i comprensori in zone diverse/più elevate/ più affidabili dal punto di vista della copertura nevosa). In questo contesto sembrano maggiormente percorribili strategie di diversificazione dell'offerta che però potrebbero non essere sufficienti a compensare una forte riduzione del turismo invernale che costituisce la voce di spesa più consistente (64% del totale) del turista montano

La biodiversità vegetale (foreste) ed animale risulta particolarmente a rischio: le specie costitutive autoctone, soprattutto di alta quota, presentano un elevato rischio estinzione anzitutto per la progressiva scomparsa delle condizioni ambientali cui sono adattate (basti pensare alla scomparsa degli ecosistemi ghiacciai) e l'impossibilità di trovare habitat consoni alle loro caratteristiche e in secondo luogo per la maggior competizione con specie più aggressive che provengono dalle quote più basse. Oltre a quelle biologiche, sugli ecosistemi sono previste in aumento anche le pressioni "meccaniche" come venti più forti, alluvioni e incendi che aumentano lo stress su ecosistemi particolarmente "fragili".

Il dissesto idrogeologico appare destinato ad aggravarsi come conseguenza congiunta del ritirarsi dei ghiacciai, della variazione nel regime delle precipitazioni e nella frequenza e intensità dei fenomeni climatici estremi e delle interazioni di questi elementi con il sistema foreste causa ed effetto dell'incremento del dissesto. Il dissesto idrogeologico ha diretta rilevanza per tutta una serie di attività umane che va da quelle abitative, ai trasporti, a quelle agricole e forestali, a quelle ricreative e turistiche.

Economicamente, agricoltura e foreste sembrano in generale meno sensibili e quindi vulnerabili almeno agli effetti diretti del cambiamento climatico. Un moderato innalzamento della temperatura e più alti tassi di

concentrazione di CO<sub>2</sub> appaiono benefici, senza contare che, nel caso delle foreste, si osserva comunque un trend ventennale di aumento della superficie occupata indipendente dal cambiamento climatico. Elementi dannosi connessi al cambiamento climatico sarebbero però comunque collegati al possibile aumento della frequenza ed intensità dei fenomeni climatici estremi ai quali si associa un crescente dissesto idrogeologico e una maggiore vulnerabilità alle malattie. Inoltre se le variazioni di temperatura fossero al di sopra di una determinata soglia di tollerabilità, anche le colture alpine sperimenterebbero i problemi comuni alle coltivazioni di bassa quota.

Tutti gli elementi menzionati sono strettamente interrelati. Solo per fare un esempio, molte delle strategie di adattamento alla scarsità di neve nei periodi invernali sono invasive e possono avere un impatto negativo sulla biodiversità, sul patrimonio forestale alpino e sulla qualità del suolo. Il degrado delle foreste e del suolo aumenta il rischio idrogeologico, questo comporta un maggior deterioramento delle infrastrutture, aumenta i costi associati all'attività turistica, invernale ed estiva, aumenta la vulnerabilità delle colture e delle foreste stesse e così via. E' pertanto opportuno che ogni strategia di intervento adattivo sia disegnata seguendo un approccio "sistemico" che tratti in modo integrato i diversi aspetti caratterizzanti la vulnerabilità del settore alpino. Tuttavia si deve sottolineare la generale scarsità di dati sia fisici che socio economici attualmente disponibili su cui fondare questo approccio sistemico. Una raccolta di osservazioni quantitativamente e qualitativamente rilevanti è la base imprescindibile per qualsiasi tipo di pianificazione efficace ed efficiente. Diviene quindi strategico investire in ricerca, in special modo ricerca multidisciplinare, per colmare nel più breve tempo possibile queste carenze informative.

Ciò detto, sebbene alla luce di una evidenza limitata, sembra che le aree di vulnerabilità maggiori al cambiamento climatico possano essere identificate nel settore turistico, soprattutto per l'ammontare delle perdite potenziali, e nel dissesto idrogeologico che appare un elemento di aggravio di costi economici e sociali pervasivo a tutte le diverse dimensioni della realtà alpina. Potenzialmente, anche la perdita di biodiversità può originare costi elevati, tuttavia la loro quantificazione è estremamente difficile.

## Bibliografia

- Association of British Insurers (2005), "Financial risk of Climate Change", Summary Report
- APAT (2007), "Annuario APAT 2005-2006"
- Badeck, F.-W., A. Bondeau, K. Bottcher, D. Doktor, W.Lucht, J. Schaber, and S. Sitch (2004), "Responses of spring phenology to climate change", *New Phytol.*, 162, 295-309
- Banca d'Italia (2006a), "Note sull'andamento dell'economia della Valle D'Aosta 2005"
- Banca d'Italia (2006b), "Note sull'andamento dell'economia del Trentino Alto Adige 2005"
- Beniston, M. (2003), "Climatic change in mountain regions: A review of possible impacts", *Climatic Change*, 59, 5–31.
- Beniston, M., (2006), "Climatic Change in the Alps: perspectives and impacts", OECD – Wengen 2006 workshop: Adaptation to the impacts of climate change in the European Alps, Wengen, Switzerland, October 4-6.
- Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R., and R.S.J. Tol (2006), "A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism" (with M.Berrittella, A.Bigano,R.S.J. Tol), *Tourism Management*, vol.25(5), pp. 913-924,
- Bigano, A. and F. Bosello (2007), "Impacts of Climate Change on Tourism in the Italian Alps: An Economic Assessment", report for the ClimChalp Project.
- Bigano, A., Hamilton, J.M., Tol, R.S.J. (2005a). The Impact of Climate Change on Domestic and International Tourism: A Simulation Study, FNU-58, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, Hamburg, Germany.
- Bigano, A., Hamilton, J. M., Lau, M., Tol, R.S.J., Zhou, Y. (2005b). A Global Database of Domestic and International Tourist Numbers at National and Subnational Level. Fondazione Eni E. Mattei Working Papers n. 3.05, Milan, Italy.
- Bindi, M. and M. Moriondo, 2005: Impact of a 2 °C global temperature rise on the Mediterranean region: Agriculture analysis assessment. *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global temperature rise*, C. Giannakopoulos, M. Bindi, M. Moriondo, and T. Tin, Eds., WWF, 54–66
- Bosello, F., Kuik, O., Tol, R.S.J. and P. Watkiss (2007), "Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on methodologies used", EEA report, 6th Specific Agreement No 3602/B2005.EEA under the Framework Contract No. EEA/AIR/04/004
- Calanca PL, Roesch A, Jasper K, Wild M (2006) Global warming and the summertime evapotranspiration regime of the Alpine region. *Clim Change*, 79
- Calzadilla, A., Pauli, F., and R. Roson (forthcoming), "Climate Change and Extreme Events: an Assessment of Economic Implications", *International Journal of Ecological Economics and Statistics*.
- CEC (2007), "Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius. The way ahead for 2020 and beyond", STAFF WORKING DOCUMENT, SEC(2007) 8.
- Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Oge, and et al., (2005), "Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003", *Nature*, 437(7058), 529-534.
- Cody, M.L. (1986) "Diversity , Rarity and Conservation in Mediterranean-Climate Regions", in M.E. Soule (ed) *Conservation Biology: the Science of Scarcity and Diversity*, pp. 123-152, Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Cody, M.L. (1993) "Bird Diversity Components within and between Habitats in Australia, in R.E. Ricklefs and D. Schluter (eds), *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographic Perspectives*, pp. 147-158, University of Chicago Press, Chicago, US.
- Corpo Forestale dello Stato (2005), "Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio"

- Diaz, H. F., M. Grosjean, and L. Graumlich, 2003: Climate variability and change in high elevation regions: past, present and future. *Climatic Change*, 59, 1–4.
- Dobbertin, M., N. Hilker, M. Rebetez, N. E. Zimmermann, T. Wohlgemuth, and A. Rigling (2005), “The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *Austriacum*) in Switzerland – the result of climate warming?” *Int. J. Biometeorol.*, 50, 40-47.
- EEA (2005), “Vulnerability and adaptation to climate change in Europe”, Technical Report, 7/2005.
- EEA dataservice (2007) “Biogeographical regions, Europe 2001”, On line documentation available at: <http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=155>
- Egli, M., C. Hitz, P. Fitze, and A. Mirabella, (2004), “Experimental determination of climate change effects on above ground and below-ground organic matter in alpine grasslands by translocation of soil cores”, *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, 457-470.
- EURAC (2007), “Impacts of Climate Change on winter tourism in the Italian Alps” ClimChalp Report.
- Euromonitor (2002): *Global Market Information Database*, available at <http://www.euromonitor.com/gmid/default.asp>
- Föhn, P. (1990), “Schnee und Lawinen. In: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre“, Internationale Fachtagung, Mitteilungen VAW ETH Zurich No. 108, pp. 33-48.
- Grabherr, (2002) “Il clima sta modificando la flora d’alta quota”, CIPRA Italia (ed.), Centro di Documentazione Alpina (pub.), Torino.
- Gajic-Capka, M., (2004), “*Changes in snow parameters in Croatian Highland*”. NATO Publication.
- Guisan, A. and J.-P. Theurillat (2001), “Assessing alpine plant vulnerability to climate change, a modeling perspective”, *Int. Ass.*, 1, 307-320.
- Guthler, A. (2002), “Uso e Copertura del Territorio”, in “Secondo Rapporto sullo stato delle Alpi”, CIPRA Italia (ed.), Centro di Documentazione Alpina (pub.), Torino.
- Haberl, H., Adensam, H. and V. Kloud (2002), “Dati statistici sull’energia“, in “Secondo Rapporto sullo stato delle Alpi”, CIPRA Italia (ed.), Centro di Documentazione Alpina (pub.), Torino
- Haeberli, W. and Beniston, M. (1998), “Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps”, *Ambio*, Vol. 27, pp. 258-265.
- Haeberli, W. and C. R. Burn (2002), “Natural Hazards in Forests: Glacier and Permafrost Effects as Related to Climate Change”, *Environmental change and geomorphic Hazards in Forest, IUFRO Research Series*, R. C. Slide, Ed., CABI Publishing, Wallingford/New York, 167–202.
- Haeberli, W. and M. Hoelzle (1995), “Application of inventory data for estimating characteristics of and regional climate-change effects on mountain glaciers: a pilot study with the European Alps”, *Annals of Glaciology*, Vol. 21, pp.206-212.
- Hamilton, J.M, (2003) Climate and the destination of the German tourists, Research Unit Sustainability and Global Change Working Paper FNU-15 (revised). Hamburg: Hamburg University and Centre for Marine and Climate Research.
- Hamilton, J.M, Maddison, D.J, and Tol, RSJ (2005a) “Climate change and international tourism: a simulation study”, *Global Environmental Change* 15 (3): 253-266.
- Hamilton, J.M, Maddison, D.J, and Tol, RSJ (2005b) “The effects of climate change on international tourism”, *Climate Research* 29: 255-268.
- Hantel, M., Ehrendorfer, M. and Haslinger, A. (2000), “Climate sensitivity of snow cover duration in Austria”, *International Journal of Climatology*, Vol. 20, pp. 615-640.
- Harasawa (2003), “ “ in Kainuma, M., Matsuoka, Y. and T. Morita (eds.), *Climate Policy Assessment Asia-Pacific Integrated Modeling*, Springer-Verlag, 2003.
- Heimann D. and V. Sept (2000), “Climate Change Estimates of Summer Temperature and Precipitation in the Alpine Region”, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 66 (1-2), pp 1-12.

- Hock, R., P. Jansson, and L. Braun (2005), "Modelling the response of mountain glacier discharge to climate warming" In: *Global Change Series* Springer, Dordrecht, pp. 243-252
- Kane, S., Reilly, J. M., and J. Tobey (1992), "An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture", *Climatic Change*, **21**, 17-35.
- Körner, C. (2003), *Alpine Plant Life*. 2nd Ed., Springer Verlag, Heidelberg,
- Kullman, L. (2002), "Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes" *J. Ecol.*, **90**, 68-77.
- Innovest (2002), "Climate Change and the Financial Services Industry: Module 1 threats and opportunities", Report prepared for UNEP FI
- ISTAT (2000), "Dati sulle superfici e le utilizzazioni forestali" on line documentation available at: <http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/foreste/forweb1.htm>
- ISTAT (2005), "Dati sulle superfici e le utilizzazioni forestali" on line documentation available at: <http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/foreste/>
- ISTAT (2007), "Capacità e movimento degli esercizi ricettivi. Anno 2005", on line documentation available at: [http://www.istat.it/dati/dataset/20060929\\_01/](http://www.istat.it/dati/dataset/20060929_01/)
- Latenser, M. and Schneebeli, M. (2003), "Long-term snow climate trends of the Swiss Alps 1931-1999", *International Journal of Climatology*, Vol. 23, pp.733-750.
- Lise, W. and Tol, R.S.J. (2002), "Impact of climate on tourism demand" *Climatic Change*, **55**(4), 429-449
- Maddison, D.J. (2001), "In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists" *Climatic Change* **49**: 193-208.
- Maish, M. (2000), "The long-term signal of climate change in the Swiss Alps: Glacier retreat since the end of the Little ice Age and future ice decay scenarios" *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **23**, 139–151.
- Martin, E., Brun, E. and Durand, Y. (1994), "Sensitivity of the French Alps snow cover to the variation of climatic variables", *Annales Geophysicae*, Vol. 12, pp. 469-477.
- Martin, E., G. Giraud, Y. Lejeune, and G. Boudart (2001), "Impact of climate change on avalanche hazard", *Ann. glaciol.*, **32**, 163–167.
- Martin, E. and P. Etchevers (2005), "Impact of climatic change on snow cover and snow hydrology in the French Alps", In: *Global Change and Mountain Regions (A State of Knowledge Overview)*
- Matulla, C., *et al.* (2005), "Outstanding past decadal-scale climate events in the Greater Alpine Region analysed by 250 years data and model run", GKSS-Forschungszentrum, Geesthacht.
- Maish, M., (2000), "The long-term signal of climate change in the Swiss Alps: Glacier retreat since the end of the Little Ice Age and future ice decay scenarios", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **23**, 139–151.
- McKeon GM, Howden SM, Abel NOJ and King JM (1993), "Climate change: adapting tropical and subtropical grasslands" Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston NZ, 13-16 February 1993, Volume 2, pp. 1181-1190.
- Ministero dell'Ambiente, Ministero delle Finanze (2002), "Piano Nazionale per la Riduzione delle Emissioni di Gas Responsabili dell'Effetto Serra 2003-2010"
- Munich Re (2006), "Georisk Research", NatCat Service.
- Nicholls, R. J. & Leatherman, S. P. (1995), "Global Sea-level Rise," in *When Climate Changes: Potential Impact and Implications*, K. M. Strzepek & J. B. Smith, eds. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- Nunes, P.A.L.D. and J.C.J.M. van den Bergh (2001), "Economic Valuation of Biodiversity: Sense or Nonsense", *Ecological Economics*, vol. 39, pags. 203-222.
- Nunes, P.A.L.D., J.C.J.M. van den Bergh and P. Nijkamp (2003), "The Ecological Economics of Biodiversity: Methods and Policy Applications", Edward Elgar Publishing (UK).

- OcCC, (Organe consultatif sur les changements climatiques) (2003), "Extreme Events and Climate Change", Bern, Switzerland.
- OECD (2007), "Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management", Agrawala, S. (ed.), Paris, France.
- Reilly, J. M., Hohmann, N., and Kane, S. (1994), 'Climate Change and Agricultural Trade: Who Benefits, Who Loses?', *Global Environmental Change*, 4 (1), 24-36.
- Ronneberger, K., Berrittella, M., Bosello, F. and R.S.J. Tol (2006), "KLUM@GTAP: introducing biophysical aspects of land use decisions into a general equilibrium model. A coupling experiment", FEEM Note di Lavoro 102.06.
- Rosenzweig, C. and M.L. Parry (1994), "Potential Impact of Climate Change on World Food Supply", *Nature*, 367, pp. 133-138
- Sandvik, S.M., E. Heegaard, R. Elven, and V. Vandvik, (2004), "Responses of alpine snowbed vegetation to long-term experimental warming" *Ecoscience*, 11, 150-159
- Sijtsma, F.J., Strijker, D. and M.L. Hoefsloot (1998) "Duurzame Ontwikkeling in het Waddengebied", University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- Southworth, J., R. A. Pfeifer, M. Habeck, J. C. Randolph, O. C. Doering, J. J. Johnston, and D. G. Rao. (2002) "Changes in soybean yields in the Midwestern United States as a result of future changes in climate, climate variability, and CO<sub>2</sub> fertilization." *Climatic Change* 53(4): 447-75.
- Stuczynski, T., G. Demidowicz, T. Deputat, T. Górski, S. Krazowicz, and J. Kus. (2000),"Adaptation Scenarios of Agriculture in Poland to Future Climate Changes." *Environmental Monitoring and Assessment* 61:133-144.
- Swiss Re (2006), "Natural Catastrophes and Man Made Disasters", Sigma Studies No 2/2006
- Tsigas, M.E., Frisvold, G.B. and B. Kuhn (1997), "Global Climate Change in Agriculture", in *Global Trade Analysis: Modeling and Applications* Thomas W. Hertel, editor, Cambridge University Press.
- Thuiller, W., S. Lavorel, M.B. Araujo, M.T. Sykes, and I.C. Prentice, (2005), "Climate change threats to plant diversity in Europe" *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 102, 8245-8250
- TCI (2002), "Turismo e montagna: un'analisi regionale", *La Rivista del Turismo*, 2/2002,
- Tibaldi (2007), "La situazione climatica del Nord Italia e dell'Emilia Romagna", paper presented at the conference "Dal Globale al Locale, Piani d'Azione per il Clima", 10-11 May, 2007, Ferrara
- Tol, R. S. J. (2005), "The Marginal Damage Costs of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties", *Energy Policy*, 33 (16), 2064–2074.
- Turner, R.K., K. Button and P. Nijkamp (eds) (1999) "Ecosystems and Nature: Economics, Science and Policy", Elgar.
- Unioncamere (2005), "Impresa Turismo", a cura di Istituto Nazionale Ricerche Turistiche, Roma
- Unioncamere (2006), "L'impatto Economico del Turismo in Italia", a cura di Istituto Nazionale Ricerche Turistiche, Roma.
- Vincent, C. (2002), "Influence of climate change over the 20th Century on four French glacier mass balance" *J. Geophys. Res.*, 107.
- Viscusi, W.K. and Aldy, J.E. (2003), 'The value of a statistical life: A critical review of market estimates throughout the world', *Journal of Risk and Uncertainty*, 27 (1), 5-76.
- Vojtek, M., P. Faško, and P. Šťastný, 2003: Some selected snow climate trends in Slovakia with respect to altitude. *Acta Meteorologica Universitatis Comenianae*, 32, 17–28.
- Walther, G.-R. (2004), "Plants in a warmer world" *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6, 169-185.
- Williams, W.D. (2001), "Anthropogenic salinisation of inland waters" *Hydrobiologia*, 466, 329-337

- Wielke, L.-M., Haimberger, L. and Hantel, M. (2004), „Snow cover duration in Switzerland compared to Austria., *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 13, pp. 13-17.
- Witmer, U. (1986), „Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz., *Geographica Bernensia* G25.
- Zanetti, G., Piacenza, M. and D. Vannoni (2005), “Studio per la riorganizzazione degli impianti di risalita in Valle d’Aosta”, HERMES Documento di Ricerca, Marzo
- Zemp, M. *et al.* (2006), “Alpine glaciers to disappear within decades?” *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L13504.
- Zierl, B. and Bugmann, H., 2005: Global change impacts on hydrological processes in Alpine catchments. *Water Resources Research*, 41(2).

## Appendice Metodologica

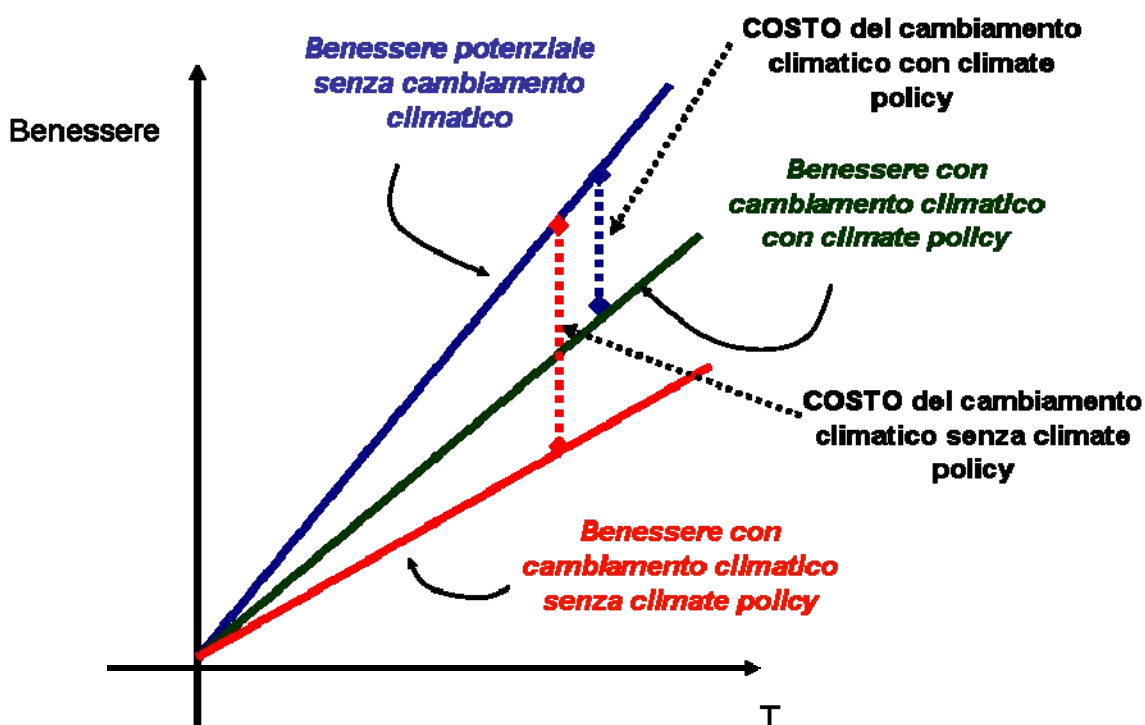
### A.1. Una strategia per una valutazione degli impatti economici del cambiamento climatico

Indipendentemente dal contesto nel quale deve venire applicato, siano zone costiere, zone a rischio dissesto idrogeologico, zone a rischio deglaciazione, e anche della scala di indagine (nazionale, regionale o locale) l'approccio metodologico che consente di pervenire ad una quantificazione economica degli impatti del cambiamento climatico segue alcune linee fondamentali comuni.

L'obiettivo finale è quello di sostanziare gli elementi della seguente equazione:

$$(1) \text{ Costo del cambiamento climatico} = \text{Benessere con cambiamento climatico} - \text{Benessere senza cambiamento climatico} = \text{Danno}$$

Fig. A1: Determinare il costo del cambiamento climatico



In uno scenario che non preveda politiche di intervento ciò si limita a quantificare economicamente l'area compresa tra la linea blu e quella rossa in fig. A1.

In caso di presenza di politiche per il clima si richiede invece la misurazione dell'area compresa tra la linea blu e quella verde in fig. A1<sup>5</sup>. In quest'ultima circostanza, il benessere "con cambiamento climatico e

<sup>5</sup> La figura A1 ipotizza che le politiche di intervento siano efficaci e sostenibili economicamente e che quindi riescano a ridurre la perdita di benessere rispetto ad una situazione di no policy

politiche di intervento” è determinato da tre fattori: il costo delle politiche di mitigazione, quello delle politiche di adattamento e la loro efficacia che si concretizza nel danno da cambiamento climatico lasciato a residuo. Nello scenario di climate policy l’equazione (1) diventa dunque:

(1a) Costo del cambiamento climatico = Benessere con cambiamento climatico e policy – Benessere senza cambiamento climatico = Costo di mitigazione + Costo di adattamento + Danno residuo

I passi necessari per pervenire ad una valutazione economica sono quindi quelli di:

- delineare un/dei *benchmark* senza cambiamento climatico e le loro implicazioni economiche per determinate variabili di riferimento,
- delineare uno/degli scenario/i di cambiamento climatico con e senza climate policy e le loro implicazioni economiche per le variabili di riferimento
- confrontare i risultati tra benchmark e scenario/i per quantificare gli impatti economici del cambiamento climatico sulle variabili di riferimento

#### *A.1.1 Il benchmark “senza cambiamento climatico”*

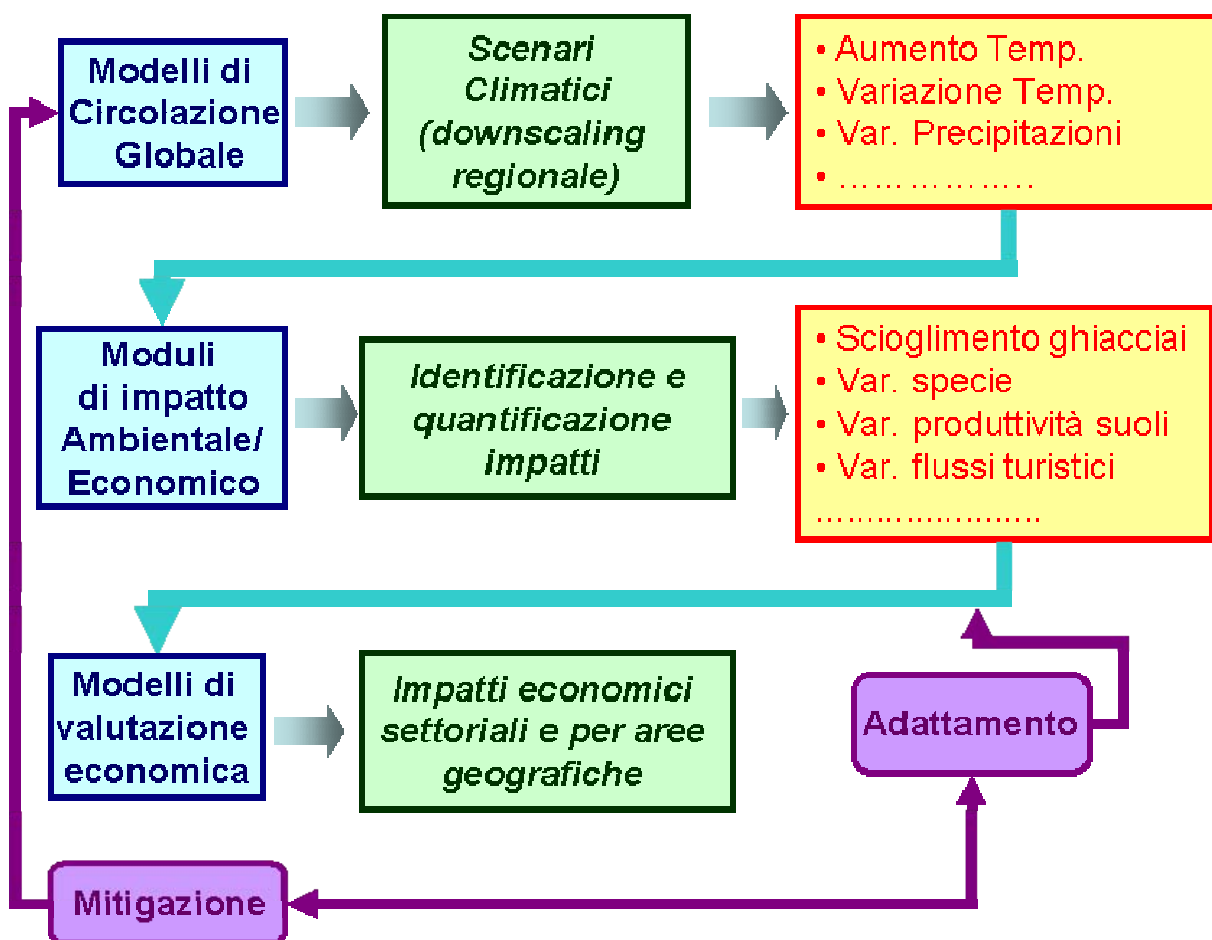
Punto di partenza è quello di riconoscere che il cambiamento climatico non costituisce l’unico elemento di impatto sui sistemi socio economici che può determinare il manifestarsi di costi o perdite nelle aree in questione, ma che è un elemento *aggiuntivo* di pressione che può contribuire ad aumentarne criticità o vulnerabilità specifiche assieme ad altri fattori da esso indipendenti. Tra questi si devono annoverare anzitutto le pressioni umane determinate da dinamiche economiche e sociali, ma anche pressioni ambientali che possono essere comunque indipendenti dal cambiamento climatico stesso. Questi due elementi sono di particolare rilevanza per il contesto alpino sul cui territorio diversi usi (residenziale, turistico, produttivo) si trovano in competizione con la possibilità di generare stress reciproci anche indipendentemente da fattori climatici. Ad esempio il rischio idrogeologico può aumentare semplicemente perché in una situazione di cronica carenza di spazi, insediamenti o attività produttive si collocano in aree non sicure; la scomparsa di biodiversità può essere causata da un turismo gestito in modo non sostenibile; la perdita di produttività delle colture alpine può essere indotta da insufficienti investimenti in nuove e più efficaci tecniche di coltivazione indotti a loro volta da una eccessiva parcellizzazione dei fondi e dalla ridotta dimensione delle imprese agricole. Il primo passo per la quantificazione della vulnerabilità delle zone alpine al cambiamento climatico è quindi la costruzione di un *benchmark* riferito alle possibili evoluzioni socio economiche e ambientali future “in assenza di cambiamento climatico”. Questa operazione risulta fondamentale per isolare poi quelle che sono le determinanti della vulnerabilità dei sistemi dovute al cambiamento climatico propriamente detto. Dovendo condurre analisi su orizzonti temporali medio lunghi e vista l’alta componente di incertezza riguardante qualsiasi proiezione che coinvolga evoluzioni future, è appropriato costruire un set di scenari di sviluppo in assenza di cambiamento climatico che riflettano diverse ipotesi di futuro possibile. Oltre ad elementi socio economici e ambientali sarebbe auspicabile prendere in considerazione anche elementi

istituzionali e di policy non legate al cambiamento climatico, come politiche di supporto all'agricoltura, di protezione dell'ambiente, di intervento contro il dissesto idrogeologico, di monitoraggio del rischio incendi etc. .

### A.1.2 Gli scenari di cambiamento climatico e valutazione economica

Una volta costruito il set di *benchmark* è necessario costruire gli scenari di cambiamento climatico che a questo vadano “sovra-imposti”. Anche in questo caso il plurale è d’obbligo in quanto, dato l’ampio spettro di incertezza, risulta quanto mai opportuno costruire diverse ipotesi riguardanti l’evoluzione del clima, dalle più pessimistiche alle più ottimistiche. Il passaggio dalle variabili/variazioni climatiche a quelle economiche e alla loro valutazione finale è esemplificato dalla fig. A2.

Fig. A2: Una possibile struttura per una valutazione di approccio integrato degli impatti economici del cambiamento climatico



Il primo passo è costituito dalla descrizione/quantificazione dell’evoluzione del sistema climatico. Gli scenari climatici possono essere esogeni o essere endogenamente prodotti in modo coerente con le ipotesi di

*benchmark*, in ogni caso, data l'alta variabilità regionale delle variabili climatiche, elemento fondamentale è la rispondenza dello scenario con la scala di indagine.

Successivamente la variazione nelle variabili climatiche deve essere opportunamente tradotta in un set di variazioni in grandezze "fisiche". Queste possono essere più propriamente ambientali, come tasso di arretramento dei ghiacciai, variazione nella composizione delle specie animali e vegetali, incremento dell'incidenza di fenomeni climatici estremi oppure avere una rilevanza più strettamente economica come variazione nella produttività delle colture, variazione nei flussi turistici, variazione nel consumo di energia etc. .

Il passo finale consiste nell'associare una valutazione economica alle variazioni nelle variabili fisiche in oggetto e nel confrontare il risultato ottenuto con il *benchmark* di riferimento.

Componente importante degli scenari sono le politiche per il clima. Queste possono essere di mitigazione o adattamento. Mentre le prime agiscono nel ridurre le cause del cambiamento climatico, le seconde intervengono nel ridurre i danni da questo provocati qualora si manifestino<sup>6</sup>. Per valutare l'opzione migliore tra strategie diverse è necessario allora confrontare un'ipotesi di non intervento con diverse opzioni di intervento alternative. Di ciascuna si dovrà valutare efficacia (capacità di raggiungere l'obiettivo prefissato), efficienza (capacità di minimizzazione dei costi) e praticabilità (capacità di minimizzare il conflitto tra portatori di interessi diversi). Come si può notare la materia è particolarmente complessa in quanto richiede oltre a valutazioni tecniche ed economiche anche valutazioni di impatto sociale, culturale e in ultima istanza politico. Si aggiunga poi che tra risposte economiche, sociali e ambientali alle politiche implementate e tra le politiche stesse esistono numerose interazioni per comprendere la necessità di un approccio sistemico o integrato all'intervento caratterizzato dalla più alta multidisciplinarietà.

## **A.2. Metodologie di valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico e delle strategie di intervento**

Una valutazione economica del danno causato dal cambiamento climatico e delle strategie di intervento è possibile solo se benefici e costi sono in qualche modo economicamente quantificabili.

La tabella A1 rappresenta i principali approcci che è possibile seguire per raggiungere tale quantificazione.

---

<sup>6</sup> Ci si riferisce esplicitamente in questo caso all'adattamento pianificato, a quello cioè posto in essere da agenzie pubbliche o PA, non all'adattamento autonomo che configura reazioni spontanee al cambiamento climatico, siano ambientali o socioeconomiche, che vengono poste in essere indipendentemente dalla presenza di interventi pianificati.

Tabella A1: Approcci metodologici per la valutazione economica del cambiamento climatico e delle strategie di intervento.

	Valutazione di Mercato	Valutazione non di Mercato
Equilibrio Parziale	“Direct Costing” e “Equilibrio Parziale”	“Direct Costing” + Non Market Evaluation
Equilibrio Generale	“CGE Modelling”	“CGE Approach” + Non Market Evaluation

### A.2.1 Equilibrio parziale e equilibrio generale

Si può anzitutto distinguere tra un approccio di equilibrio parziale e uno di equilibrio generale.

Il primo propone una valutazione dei costi che per sua natura non tiene conto degli effetti di *feedback* che uno *shock* economico, (nel nostro particolare caso indotto da variazioni o politiche climatiche) può indurre sul sistema nel suo complesso. La valutazione di equilibrio parziale più “circoscritta” è rappresentata dalle cosiddette metodologie di “*direct costing*”. Queste tecniche, che sono tuttora largamente utilizzate - vedi ad esempio gli studi riportati nel par. 4 o Nicholls et al. (1995) per l’innalzamento del livello del mare o Viscusi e Aldy (2003) sulla salute umana - quantificano il danno totale come:

$$(\text{DANNO CAMBIAMENTO CLIMATICO}) = (\text{QUANTITA' CON CC} - \text{QUANTITA' SENZA CC}) \times (\text{“PREZZO”}).$$

Ad esempio, un modo per quantificare gli impatti sul settore turistico nelle zone alpine è quello di moltiplicare la variazione delle presenze turistiche imputabile ad effetti climatici per la spesa giornaliera media del turista tipo; nel caso degli impatti sull’agricoltura si può moltiplicare la variazione nella produttività di determinate colture per il valore unitario della produzione etc.

Indipendentemente dal modo in cui il “prezzo” viene determinato (vedi sotto) elemento caratterizzante di questo approccio è quello di trascurare (a) gli effetti su tutto l’indotto settoriale che in molti casi ha valore comparabile a quello del valore diretto dell’attività in questione, (b) gli effetti sul sistema economico nel suo complesso.

Altri approcci di equilibrio parziale arrivano a modellare almeno gli impatti sul settore economico colpito nel suo complesso andando a quantificare gli effetti sull’indotto. Anche questi trascurano però gli effetti più generali sul sistema economico.

In linea di principio qualsiasi settore produttivo non può essere considerato isolatamente, ma si trova inserito in un contesto più vasto caratterizzato da interdipendenze tra mercati nazionali e internazionali. Pertanto una “perturbazione” di un particolare settore attiva una serie di reazioni che coinvolgono mercati differenti e che possono alla fine (a) determinare un effetto finale sul sistema grandemente diverso da quello iniziale e (b)

amplificare o ridurre l'impatto iniziale sullo stesso settore originariamente colpito. Ad esempio un paese la cui produzione agricola risulti particolarmente penalizzata potrebbe rivolgersi alla produzione di beni meno land intensive e più capital intensive, questo potrebbe aumentare i rendimenti del capitale e attrarre flussi di capitali esteri. Questi possono beneficiare il sistema economico nel suo complesso incluso il settore agricolo. I movimenti internazionali di capitale in questo esempio fungono da ammortizzatori dell'impatto negativo iniziale.

Queste interdipendenze possono essere descritte e quantificate con un approccio di equilibrio economico generale per mezzo di modelli particolari, definiti di "Computable General Equilibrium (CGE)" caratterizzati da una "alta" disaggregazione settoriale e geografica. Questi rappresentano il sistema economico come un insieme di interazioni tra produttori e consumatori rappresentativi. Dal loro comportamento ottimizzante si originano domanda e offerta di beni e fattori produttivi che si confrontano sul "mercato". I prezzi agiscono come elemento equilibratore e variando in modo da annullare tutti gli eccessi di domanda o di offerta portano tutti i mercati in equilibrio. Comportamento ottimizzante e mercati perfettamente concorrenziali fanno sì che tutte le risorse vengano impiegate nel modo più efficiente. La caratteristica principale dei modelli CGE è che tutti i mercati sono resi interdipendenti dalla mobilità intersettoriale e/o internazionale di fattori produttivi e prodotti finiti; pertanto essi risultano particolarmente adatti ad evidenziare i meccanismi di trasmissione - nella forma di variazioni di prezzo e quantità - attivati da un particolare "shock" in una parte del sistema a tutto il resto. Un approccio di equilibrio generale in altre parole aiuta a quantificare i meccanismi di "adattamento autonomo" al cambiamento climatico, diversi da quelli "pianificati" che richiedono l'intervento esplicito della PA.

La scelta tra un approccio di equilibrio parziale e generale è strettamente determinato dai dati disponibili, dalla dimensione e dallo scopo stessi dell'analisi. Ad esempio un'analisi circoscritta ad una realtà locale ristretta o ad un fenomeno limitato (es. una frana) deve/può essere ragionevolmente trattata con strumenti di equilibrio parziale, l'analisi di un fenomeno importante come il turismo invece richiede un approccio più ampio.

Tuttavia non si deve necessariamente considerare analisi parziale e generale come contrapposte. Se da un lato a volte non è possibile o addirittura opportuno estendere un'analisi dal parziale al generale, dall'altro ogni analisi di equilibrio economico generale vede il suo primo passo necessario nella quantificazione degli effetti settoriali, per cui si può dire, parta da una visione parziale per poi ampliarla.

### *A.2.2 Valori di mercato e valori non di mercato*

Un secondo importante elemento di differenziazione nelle metodologie di valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico e delle politiche climatiche è introdotto dalla presenza di valori "non di mercato" elemento "pervasivo" e caratterizzante i fenomeni più strettamente legati alle variabili ambientali come qualità/quantità degli ecosistemi o biodiversità.

In generale finché ad un determinato bene o servizio è possibile associare un qualche (valore d' "uso" è anche possibile risalire ad una qualche indicazione di valore "reperibile" sul mercato. In alcuni casi ciò è piuttosto agevole. Alcuni prodotti o servizi sono scambiati "sul mercato" (ovvero hanno un uso diretto) pertanto il primario indicatore di valore (di scarsità) "il prezzo" esiste. Questo è ad esempio il caso già citato dei prodotti o delle attività agricole o della domanda turistica le cui variazioni indotte dal cambiamento climatico sono facilmente valutabili esistendo espliciti indicatori di prezzo o di spesa ad essi associabili.

In altri casi un "mercato" non è così chiaramente identificabile, vi sono però alcune metodologie per sopperire a questa carenza; tutte si basano sul principio di approssimare un valore che apparentemente è indefinibile con qualcosa di direttamente osservabile legato al comportamento degli agenti economici. L'esempio classico è fornito dalla valutazione di un ambiente naturale preservato e/o ricco di biodiversità. L'ambiente in quanto tale non viene "scambiato" su di un mercato, tuttavia può originare un valore che può essere misurato economicamente.

Questo può essere in primo luogo approssimato dal valore d'uso diretto (qualora esista) dei vari "beni" e "servizi" che l'ambiente fornisce: legname, cibo (vegetali e animali), visite turistiche a pagamento etc. Questo è l'approccio detto della *funzione di produzione*.

In secondo luogo si possono calcolare le spese che i consumatori devono/dovrebbero sostenere per invertire o mitigare gli effetti negativi della perdita dei benefici del bene. Ad esempio (vedi sez. 2.4) se le foreste svizzere "sparissero", tra le varie conseguenze, i cittadini di quel paese dovrebbero spendere circa 2.6 miliardi di Euro annui in più per la prevenzione del dissesto idrogeologico (metodo della "*spesa evitata*").

Si possono poi rilevare le spese totali (costi diretti più costo opportunità del tempo) di viaggio sostenute dai frequentatori di quell'area per visitarla e considerarle un'approssimazione del suo valore economico (metodo del *travel cost*).

In alternativa, si può cercare di determinare quanto quell'area con quelle particolari caratteristiche di salubrità e ricreative contribuisca ad aumentare il valore di determinate attività collocate nelle adiacenze. Ad esempio variazioni del valore immobiliare di abitazioni uguali, ma collocate in contesti con caratteristiche di qualità ambientale diverse potrebbero rispecchiare proprio il valore dell'ambiente (*hedonic pricing*).

Elementi di complessità possono sorgere in quanto la possibilità di un uso (diretto o indiretto) non è l'unico elemento generatore di valore: in certi casi quindi la quantificazione del solo valore d'uso porterebbe a sottostimare il valore del bene, o addirittura ad attribuire un valore nullo a tutti quei beni senza un valore d'uso apparente.

Valore tuttavia può essere originato dalla possibilità che un determinato bene sia usato/usabile in futuro, anche se oggi il suo uso è nullo, o dalla sua intrinseca esistenza. In questi casi si parla di valore d'opzione e valore di esistenza<sup>7</sup> rispettivamente.

In questa circostanza l'unico modo per procedere ad una valutazione economica è quello di ricorrere a metodi di Valutazione Contingente (*Contingent Valuation (CV)*) che cercano di "creare" in modo fittizio, ma realistico i mercati che non esistono. Ciò è possibile attraverso interviste a soggetti campionati, durante le quali si cerca di determinare la loro disponibilità a pagare (*Willingness-To-Pay*, WTP) o ad accettare una compensazione (*Willingness-To-Accept*, WTA) per ottenere/(sopportare un peggioramento in) un determinato bene o servizio.

Versione "estesa" della CV possono essere considerati i "choice experiments" (CE). In questo caso gli intervistati si confrontano con una molteplicità di alternative in cui il bene oggetto di valutazione è scomposto in una serie di attributi. Nella scelta tra le varie alternative è quindi possibile identificare WTP e WTA relative a trade-off multipli e quantificare l'importanza dei singoli attributi del bene.

### **A.3. Focus sulla biodiversità: valori e metodologie di valutazione**

In un ambiente come quello alpino caratterizzato al tempo stesso da ricchezza e fragilità di ecosistemi il ruolo della biodiversità è particolarmente rilevante.

Questa da un lato fornisce un'ampia gamma di beni e servizi a sostegno delle attività naturali e umane, costituendo un elemento di importante caratterizzazione del benessere a livello locale, regionale (e nazionale), dall'altro è minacciata da una pluralità di attività umane di produzione e consumo con conseguente pregiudizio per la stabilità e la sopravvivenza degli ecosistemi, così come della loro capacità di fornire beni e servizi. Pertanto è importante affrontare il problema di come e se tali elementi possano essere integrati, in contesti di pianificazione o di scelte politiche, negli schemi valutativi.

#### *A.3.1 Definire la biodiversità*

Il primo passo consiste nel definire la biodiversità. Secondo la Convenzione delle Nazioni Unite sulla Biodiversità (UNEP 1992) questa può essere definita come: "... la varietà tra organismi viventi in tutte le sue forme inclusi i sistemi terrestri, marini, ed ecologici di cui fanno parte ..." (art. 2, pag. 5). La biodiversità si sviluppa su quattro livelli (tab. A2). Il primo è quello della diversità genetica che rispecchia la varietà intraspecifica. Riguarda l'informazione contenuta nel codice genetico delle piante e degli animali (Wilson 1994). La diversità specifica riguarda invece la varietà tra specie. Le sue misurazioni sono soggette a grande incertezza, basti pensare che solo circa un milione e mezzo di specie sono state descritte ad oggi (Parker,

---

<sup>7</sup> Una concetto leggermente diverso dal valore di esistenza e dal valore d'opzione, ma ad essi strettamente legato è il "valore di lascito". In questo caso si pone l'accento sui benefici potenziali che un bene preservato può rivestire per le generazioni future.

Tabella A2.: “Tipi di biodiversità”

Type diversity	of	Physical expression
Gene		Genes, nucleotides, chromosomes, individuals.
Species		Kingdom, phyla, families, genera, subspecies, species, populations.
Ecosystem		Bioregions, landscapes, habitats.
Functional		Ecosystem functional robustness, ecosystem resilience, services, goods.

Fonte: Turner *et al.* (1999)

1982; Arnett, 1985), mentre gli scienziati stimano che la Terra ospiti circa dai 5 ai 30 milioni di specie (Wilson 1988). Di queste, meno di mezzo milione sono state analizzate per usi economici potenziali (Miller *et al.* 1985).

La diversità degli ecosistemi si riferisce ad un livello sovra-specifico, cioè alla varietà delle comunità di organismi presenti in un habitat particolare, e alle condizioni fisiche in cui si trovano a vivere. La diversità funzionale riguarda infine la capacità degli ecosistemi che offrono servizio di supporto alla vita di assorbire determinati livelli di stress o shock senza subire modifiche strutturali (Turner *et al.* 1999). Questa è una delle definizioni di resilienza, (Holling, 1973).

### A.3.2 Misurare la biodiversità

La tabella 2 fornisce anche un’indicazione diretta dei possibili modi e metodi di misurazione fisica della biodiversità che costituisce il secondo passo ideale nel processo di attribuzione di valore per poi giungere alla pianificazione.

Secondo l’approccio della **Biotic Richness** si può quantificare la biodiversità :

*misurando la diversità genetica*: L’analisi e concettualizzazione delle differenze genetiche può essere fatta in termini di 1) frequenze degli alleli, 2) tratti del fenotipo, 3) sequenze del DNA. Gli alleli sono le sequenze o varianti in cui uno stesso gene può presentarsi. In generale, la diversità genetica è tanto maggiore quanti maggiori sono gli alleli e quanto più diversa è la loro frequenza. La media attesa di “eterozigoticità”, cioè la probabilità che due alleli campionati in maniera casuale siano differenti, è usata comunemente come indicatore di biodiversità. La diversità fenotipica<sup>8</sup>, descrive il grado di condivisione delle stesse caratteristiche tra individui. Questo metodo valutativo è focalizzato sulla misura della variazione di determinati tratti genetici; in generale, include caratteristiche fisiologiche e morfologiche dell’individuo facilmente misurabili. Infine la variazione delle sequenze di DNA può fornire anch’essa una misura della varietà genetica e quindi indicare la biodiversità.

<sup>8</sup> Mentre l’eterozigoticità si riferisce alla variabilità genetica tra specie e popolazioni, il fenotipo si riferisce solo alla variabilità genetica tra gli individui.

*Misurando la diversità delle specie.* La misura della diversità delle specie, nella sua forma ideale, consiste in un catalogo completo della distribuzione e dell'abbondanza di tutte le specie esistenti in un'area analizzata. In pratica è spesso basata su campioni. La diversità può essere intesa come numero complessivo di specie esistenti in una determinata area (diversità  $\alpha$  che quando applicata ad aree vaste come quelle nazionali si traduce in "lista di specie esistenti" e viene chiamata anche diversità  $\gamma$ ) o/e come tasso di variazione nella composizione delle specie (ricambio) all'interno di un'area, (diversità  $\beta$ ) (Cody 1986 e 1993).

*Misurando la diversità dell'ecosistema.* La diversità dell'ecosistema si riferisce alle complesse relazioni intra e ultra specifiche che ne finiscono la complessiva distribuzione e quantità. Coinvolge molte "unità" differenti di diversità, che vanno dai modelli di habitat, alla composizione per età della popolazione, alla distribuzione di comunità sul territorio alle "patch dynamics".

Un approccio alternativo per la valutazione della biodiversità è la "**valutazione della salute dell'ecosistema**" che, pone l'accento sulle complesse interazioni tra gli ambienti biotici ed abiotici, includendo le pressioni antropiche. Secondo questo approccio la biodiversità viene valutata "sistemicamente", cioè come una delle caratteristiche che, in relazione con altre, permette ad un ecosistema di funzionare. Quanto più questo funzionamento è "vicino" a quello potenziale (Sijstam *et al.*, 1998) in termini di capacità di mantenere l'organizzazione (O), il "vigore" (V) e la resilienza (R) nel tempo, tanto più l'ecosistema è in salute.

In pratica ciò conduce alla costruzione di un indicatore aggregato dello stato di salute complessivo (HI) del tipo:

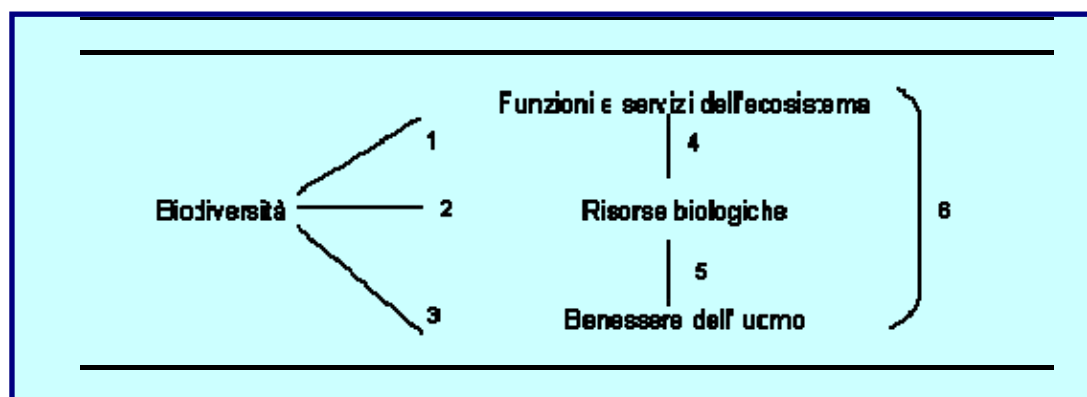
$$HI = V * O * R$$

Dove V sta per "Vigore" e rappresenta una misura cardinale dell'attività, del metabolismo o della produttività primaria del sistema ecologico; O ne indica l'"Organizzazione" e rappresenta con un indice 0-1 il grado relativo di diversità e interazione, tra le sue componenti biotiche e abiotiche (biodiversità in senso esteso) e R indica la "Resilienza" che sempre con un indice 0-1 rappresenta la capacità di un sistema di recuperare dopo uno shock negativo. In concreto ciascuna delle componenti - a seconda della scala e del tipo di analisi - verrà misurata rilevando variabili diverse e applicando diverse metodologie appartenenti a diverse discipline, ecologica ed economica.

### *A.3.3 Una valutazione economica della biodiversità*

Una volta misurata la biodiversità e le sue variazioni, il passaggio finale consiste nella loro valutazione economica. Questa non potrà avvenire in modo diretto, ma mediato, attraverso l'identificazione e poi quantificazione economica dell'impatto della biodiversità e/o delle sue variazioni sul "benessere" umano. Il legame tra variazione di biodiversità e variazione di benessere è costituito dalla variazione di una serie di servizi di supporto alle attività umane che essa offre (vedi fig. A.3).

Fig. A3: Valori economici della biodiversità



Fonte: Nunes and van den Bergh (2001)

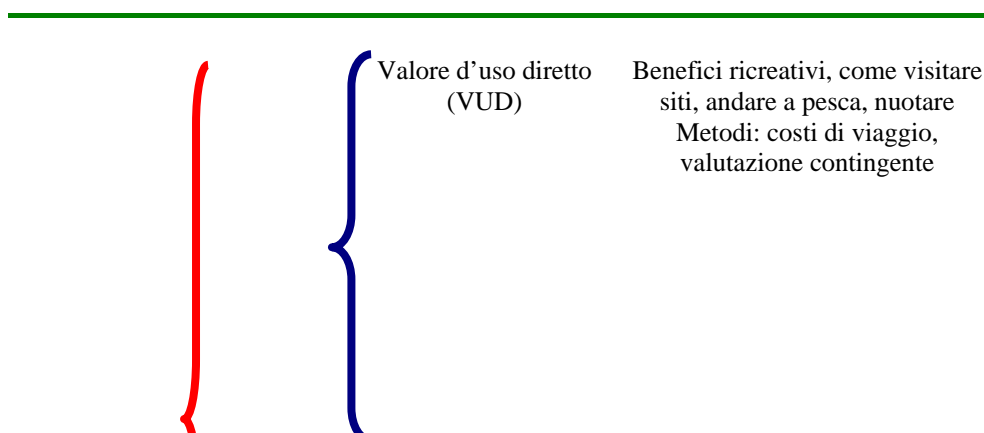
Una prima fonte di “benessere” e quindi valore associato alla biodiversità, è relativa ai benefici in termini di funzioni e erogazione di servizi dell’ecosistema (collegamento 1-6) o di fornitura di risorse naturali (specie animali e vegetali per usi agricoli e medici, collegamento 2-5). Questa categoria di valore della biodiversità può essere interpretata come una componente di valore d’uso diretto (VUD).

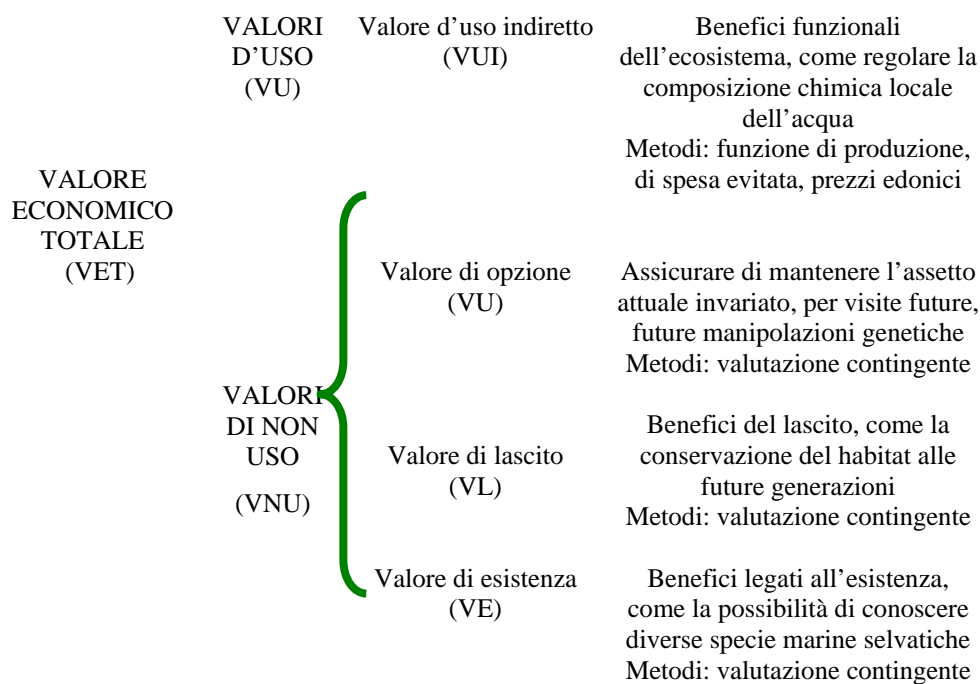
Una seconda fonte di benessere/valore è indicata dal collegamento 1-4-5. E’ associata al ruolo della biodiversità come fornitrice di spazio ecosistemico e di protezione dell’habitat naturale. Anche questa categoria di valore è relativa all’uso, ma indiretto (VUI).

Una terza fonte di valore, indicata dal collegamento 3, si riferisce all’impatto della biodiversità sul benessere umano in senso lato, indipendente da uso o consumo. I valori di non uso vengono tradizionalmente distinti in valore di lascito (VL) che riflette il beneficio che deriva a ciascun individuo dalla consapevolezza che altri potranno beneficiare della stessa risorsa in futuro e in valore di esistenza (VE) che si riferisce al beneficio che deriva dal solo fatto di sapere che una risorsa è protetta.

Queste diverse componenti di valore possono essere quantificate economicamente secondo le metodologie delineate in par A.2.1 e riassunte in figura A4. Per i valori d’uso si possono usare gli approcci di “mercato” non esclusivi di approcci non di mercato come la valutazione contingente, mentre per i valori di lascito o di esistenza è necessario ricorrere ai metodi di valutazione contingente nelle loro varie accezioni.

Fig. A4. metodi di valutazione economica della biodiversità rispetto a differenti componenti del suo valore





Fonte: Nunes *et al.* (2003)

Una volta identificate le cause di perdita della biodiversità, misurata la perdita e averla quantificata economicamente ed aver conseguentemente mappato le aree a maggior vulnerabilità, risulta possibile definire strategie alternative di gestione della biodiversità basate su analisi spaziali e temporali dei sistemi coinvolti (ambientali ed economici) e su ipotesi alternative di conservazione, identificando percorsi di utilizzo sostenibile delle risorse fondati su una solida analisi costi benefici.

Vista la complessità dell'analisi e la necessità di adottare un approccio sistemico si richiede un approccio altamente interdisciplinare al fine di trasferire modelli, teorie e metodologie da una disciplina all'altra e renderli reciprocamente coerenti.

#### A.4. Il modello HTM e il processo di “downscaling” a livello provinciale

Il modello utilizzato per la quantificazione degli impatti del cambiamento climatico sulla domanda turistica descritti nel paragrafo 4.1.1 è la versione 1.2 dell'Hamburg Tourism Model (HTM), un modello econometrico che simula i flussi turistici tra e all'interno di 207 paesi (Bigano *et al.* (2005)<sup>9</sup>).

Vengono di seguito riassunte le principali caratteristiche del modello rinviando per maggiori dettagli il lettore eventualmente interessato a Bigano *et al.* (2005) e Hamilton *et al.* (2005 ,a,b).

Il nucleo del modello consiste di due equazioni stimate econometricamente per gli arrivi internazionali (Equazione (1)) e le partenze (Equazioni (2) and (3)). Le variabili considerate sono rispettivamente:

<sup>9</sup> Precedenti versioni del modello sono descritte da Hamilton *et al.* (2005), versione 1.0, da Hamilton *et al.* (2006), versione 1.1. L'econometria del modello è derivata da Maddison (2001), Lise and Tol (2002) e Hamilton (2003), la base dati da Bigano *et al.* (2005). Ulteriori dettagli e il codice del modello possono essere reperiti presso <http://www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/htm.htm>

<i>A</i>	Arrivi annuali totali
<i>G</i>	Superficie (km <sup>2</sup> )
<i>T</i>	Temperatura media annuale (°C)
<i>C</i>	Lunghezza delle coste (km)
<i>Y</i>	Reddito pro capite
<i>D</i>	Partenze totali annuali
<i>P</i>	Popolazione
<i>B</i>	Numero di paesi con frontiere in comune
<i>H</i>	Ammontate totale dei viaggi per turismo domestico nazionali annuali
<i>D</i>	Paese di destinazione
<i>O</i>	Paese di provenienza

Gli arrivi sono dati da:

$$(1) \quad \ln A_d = \underset{0.97}{5.97} + \underset{0.96}{2.05 \cdot 10^{-7}} G_d + \underset{0.07}{0.22} T_d - \underset{2.21}{7.91 \cdot 10^{-3}} T_d^2 + \underset{3.03}{7.15 \cdot 10^{-5}} C_d + \underset{0.09}{0.80} \ln Y_d$$

$$N = 139; R_{adj}^2 = 0.54$$

Le partenze vengono invece determinate con una procedura a due stadi. Inizialmente si stima il numero totale di turisti “generato” da una particolare nazione, successivamente tale numero viene suddiviso tra coloro che viaggiano all’estero e coloro che rimangono all’interno dei confini nazionali. Ciò è possibile solo disponendo di un dettagliato database per i viaggi relativi al turismo domestico nell’anno base.<sup>10</sup>

Il numero complessivo dei turisti dipende dalla dimensione della popolazione e dal reddito medio pro capite di un paese. Il numero dei turisti domestici dipende invece dal reddito medio pro capite e dal clima nella nazione d’origine. Nei casi di assenza totale di dati le osservazioni mancanti per il numero complessivo di turisti  $D+H$  è stato stimato attraverso l’equazione:

$$(2) \quad \ln \frac{D_o + H_o}{P_o} = \underset{0.83}{-1.67} + \underset{0.10}{0.93} \ln Y_o$$

$$N = 63; R_{adj}^2 = 0.60$$

Il rapporto tra turisti domestici e totali è stato interpolato tramite la relazione:

$$(3) \quad \ln \frac{H_o}{D_o + H_o} = \underset{1.19}{-3.75} + \underset{0.42}{0.83 \cdot 10^{-1}} \ln G_o + \underset{0.30}{0.93 \cdot 10^{-1}} \ln C_o + \underset{0.32}{0.16 \cdot 10^{-1}} T_o - \underset{1.11}{0.29 \cdot 10^{-3}} T_o^2$$

$$+ \left( \underset{0.12}{0.16} - \underset{1.24}{4.43 \cdot 10^{-7}} Y_o \right) \ln Y_o$$

$$N = 63; R_{adj}^2 = 0.36$$

---

<sup>10</sup> Per la maggioranza dei paesi tale database è stato costruito partendo dai dati forniti in Euromonitor (2002), riferito all’anno 1997. Alcuni dati mancanti sono stati coperti ricorrendo agli uffici statistici nazionali, istituzioni governative o associazioni di categoria. I dati sono per la maggior parte espressi come: “numero di viaggi verso destinazioni oltre una distanza non irrilevante dalla residenza del viaggiatore che coinvolgano almeno un pernottamento”. Per alcuni paesi i dati in questo formato non sono disponibili, pertanto si è ricorso o al numero di ospiti registrato nelle strutture ricettive (hotel, ostelli, camping etc.) o al rapporto tra numero di pernottamenti e permanenza media. Questo ultimo dato sottostima il turismo domestico in quanto esclude le visite ad amici e parenti.

L'elemento climatico è approssimato dalla temperatura. Altre esplicative come la dimensione nazionale, o, nella determinazione dei flussi internazionali, clima, distanza origine-destinazione, reddito pro capite nel paese di destinazione e un generico indice di attrattiva turistica sono state incluse, ma mantenute costanti durante la simulazione. Si veda Bigano *et al.* (2005) per ulteriori dettagli.

Le equazioni (1), (2) e (3) sono state stimate sui dati del 1995 ed il modello è stato successivamente ricalibrato in modo da riprodurre perfettamente il dato storico. Sono stati effettuati dei test di back-solving che hanno dimostrato la capacità del modello di prevedere con buona approssimazione il dato osservabile negli anni 1980, 1985, 1990. Per gli arrivi l' $R^2$  è sempre superiore al 93%, e alle partenze al 79%.

A livello mondiale, il modello predice che i paesi alle latitudini e con le altitudini maggiori divengano più attraenti turisticamente sia per quanto riguarda i flussi domestici che internazionali. Il turismo internazionale è dominato attualmente dal Nord Est Europa, con le sole Germania e Inghilterra che costituiscono il 25% del mercato. La conseguenza è che il numero complessivo di turisti è previsto diminuire a causa del cambiamento climatico. Il modello evidenzia anche come, per la maggior parte dei paesi, la componente climatica sia comunque minoritaria rispetto alle dinamiche demografiche e di reddito nel determinare i flussi turistici.

L'Hamburg Tourism Model opera a livello nazionale. La qualità dei dati non permette un downscaling diretto del modello ad una risoluzione maggiore. Informazione necessaria per tale operazione sarebbe la provenienza dei turisti per ciascuna destinazione, non disponibile. E' tuttavia possibile raggiungere un grado di dettaglio più elevato partendo dalle informazioni sui flussi turistici e sulla temperatura con una risoluzione geografica più elevata.

Il procedimento è il seguente: ciascuna quota provinciale di flusso turistico - che nel 1995 riproduce il dato storico<sup>11</sup> - viene suddivisa in una componente climatica,  $C$ , e in una componente non climatica,  $O$ , che riassume "tutti gli altri fattori" con possibile influenza sui flussi. Ad esempio, supponiamo che nel 1995 l'1.1% di tutti i turisti stranieri in Italia abbia visitato la provincia italiana X. La componente climatica di tale flusso che si ritiene uguale a quella stimata a livello nazionale è:  $C=0.22T-0.00791T^2$ . La componente residuale è quindi calcolata in modo tale che  $C*O=1.1\%$ , e cioè,  $O = 0.011/(0.22T_{1995}-0.00791T_{1995}^2)$ . Successivamente  $O$  viene mantenuta costante lungo tutto il periodo di simulazione, mentre  $C$  cambia in risposta alle variazioni climatiche provinciali. Di conseguenza anche la quota di arrivi di turisti stranieri nella provincia X varia.

Non esistendo scenari di aumento di temperature a livello provinciale, anche questi sono stati oggetto di stima. Le proiezioni di aumento di temperatura per l'Italia coerenti con gli scenari A1, A2, B1, B2 dell'IPCC

---

<sup>11</sup> In realtà il dato storico reperito più prossimo al 1995 è stato il 1998. Pertanto i flussi turistici a livello provinciale al 1995, anno base del modello, sono stati ricostruiti retro stimando al 1995, i valori per il 1998 usando i tassi di crescita osservati 1998-2005.

sono state dettagliate per provincia attraverso coefficienti di conversione derivati dai rapporti tra la temperatura nazionale media osservata nel trentennio 1960-1990 ed i corrispondenti valori a livello locale.

Questi ultimi sono stati derivati da fonte APAT (2005) che riporta diversi valori di temperature osservati in diverse località e la relativa altitudine della stazione di rilevamento. Circa 45 osservazioni sono disponibili corrispondenti a 45 aree provinciali diverse. La tipologia del dato utilizzato evidenzia una prima limitazione dello studio: un'unica osservazione è considerata rappresentativa del clima di un'intera provincia. In più non tutte le province sono rappresentate. Questi due inconvenienti sono stati solo parzialmente corretti aggiustando il dato di temperatura, quando disponibile, in base all'altitudine media della provincia e completando le osservazioni provinciali mancanti con la media delle temperature disponibili per le province all'interno della stessa regione, di nuovo corretta con l'altitudine media della provincia in questione.

La seconda approssimazione introdotta è quella di ipotizzare implicitamente che la relazione tra temperatura nazionale e locale osservata nei 30 anni 1960-1990 rimanga stabile anche nel futuro.