



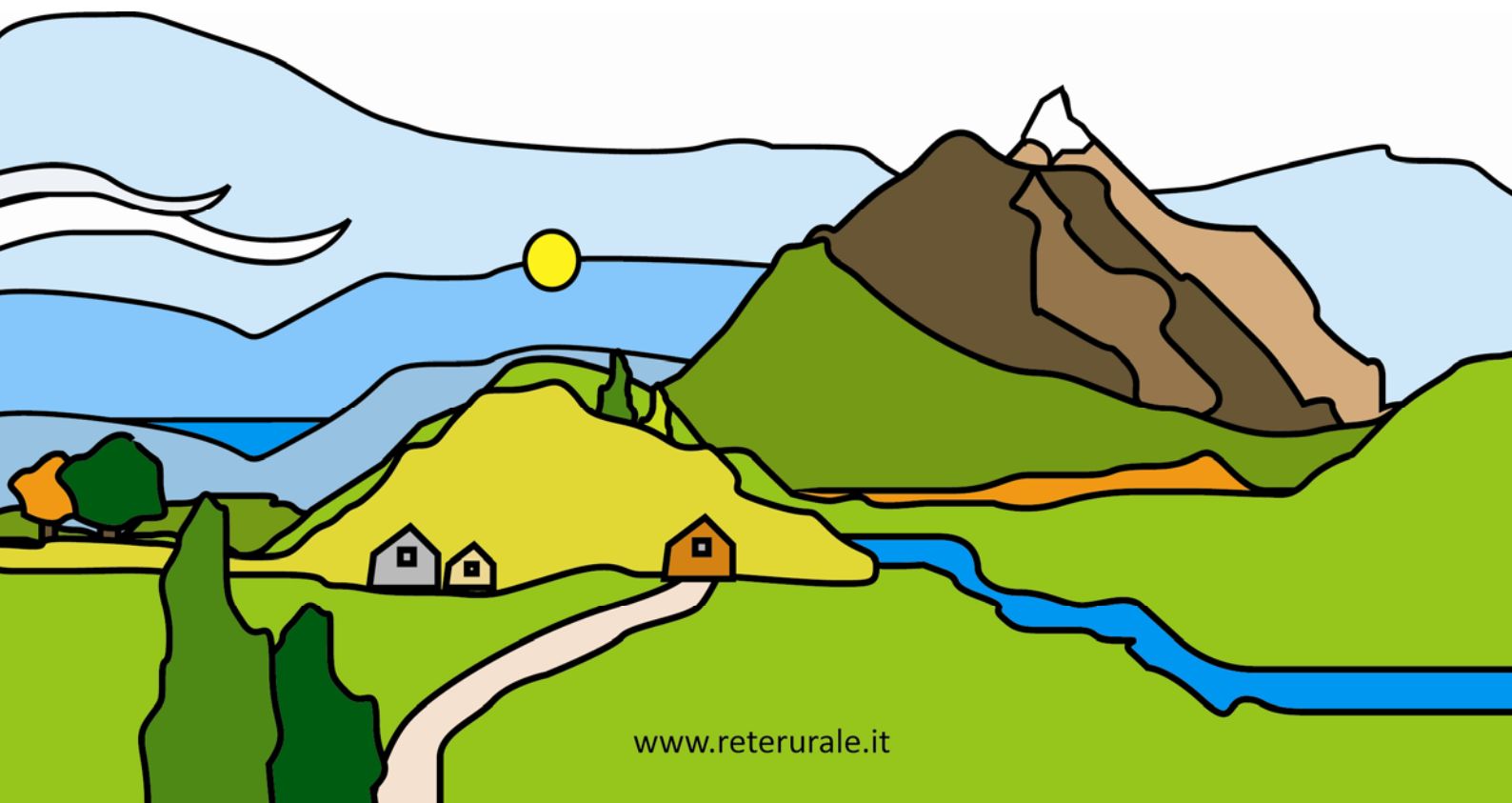
Rete Rurale
Nazionale
2007.2013



I BOSCHI ITALIANI.

STRATEGIE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI.

Approfondimento per il settore forestale a supporto del Libro Bianco
*“Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione
e l’adattamento ai cambiamenti climatici”*
realizzato nell’ambito della Rete Rurale Nazionale



15 settembre 2011

Documento prodotto nell'ambito della Rete Rurale Nazionale

Mipaaf - COSVIR III- Coordinatore Gruppo di lavoro Foreste: Paolo Ammassari

Vivecoordinatore Gruppo di lavoro Foreste: Raoul Romano

Gruppo di lavoro e autori: Alisciani Federica (UNITUS, Dipartimento Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile), Barbati Anna (UNITUS, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle Sue Risorse), Carbone Francesco (UNITUS, Dipartimento Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile), Cesaro Luca (Osservatorio Foreste INEA), Chiriaco Maria Vincenza (UNITUS, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle Sue Risorse), Colletti Lorenza (Corpo forestale dello Stato, Ispettorato Generale – Divisione 6^a ROMA), Corona Piermaria (UNITUS, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle Sue Risorse), D'Aprile Fabrizio (Monash University, School of Geography and Environmental Science, Melbourne, Australia), Di Pietro Fabio (Osservatorio Foreste INEA), Marchetti Marco (UniMol: Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio), Perugini Lucia (UNITUS, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle Sue Risorse), Pettenella Davide (UniPadova: Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali), Pompei Enrico (Corpo forestale dello Stato, Ispettorato Generale – Divisione 6^a ROMA), Romano Raoul (Osservatorio Foreste INEA)

Documento a cura di Raoul Romano e Fabio Di Pietro

Segreteria Tecnica: Isabella Brandi, INEA

Impaginazione e grafica: Roberta Ruberto

Ringraziamenti: Lorenzo Ciccarese (ISPRA) e Davide Marino (Università degli studi del Molise), Fabrizio D'Aprile (Monash University, Australia) e Cinzia Chiriaco (Università degli studi della Toscana)

Il presente lavoro, realizzato dal Gruppo di lavoro Foreste, nell'ambito delle attività previste dalla Rete Rurale Nazionale, rappresenta il contributo tecnico (integrale) del capitolo 6 "Settore Forestale", realizzato a supporto del Libro Bianco "Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici", (www.reterurale.it) e redatto dalla Task Force Ambiente, frutto della collaborazione attiva di Università, Enti ed Istituti di ricerca che, partendo dall'analisi delle interrelazioni tra cambiamenti climatici ed agricoltura, focalizzano l'attenzione sulla realtà nazionale per delineare le strategie di mitigazione ed adattamento, alla luce delle previsioni dei futuri scenari climatici.

Indice

1. Le foreste e il settore forestale in Italia	10
1.1. Caratteristiche principali delle risorse forestali nazionali	14
1.2. Parametri socio-economici delle foreste	19
2. Il ruolo delle foreste nel ciclo del carbonio	22
3. Le risorse forestali nelle politiche di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico	26
3.1. I crediti di carbonio	31
3.2. Negoziato per il post-2012	35
4. Variazioni climatiche e patrimonio forestale	37
4.1. Vulnerabilità dei boschi italiani al cambiamento climatico	42
4.2. Impatti socio-economici del cambiamento climatico	45
5. Il ruolo del settore forestale	49
5.1. L'indotto produttivo	49
5.2. L'industria del legno e le filiere forestali	50
5.3. Utilizzo delle biomasse legnose nella riduzione delle emissioni di CO ₂	51
5.4. Convivenza e coordinamento tra sinks e produzione di energia da biomasse forestali	56
5.5. I gestori delle aree forestali nella riduzione delle emissioni	58
6. I boschi nelle priorità strategiche di mitigazione e adattamento	61
7. Gli obiettivi di una strategia nazionale	66
7.1. Misure e interventi operativi	67
7.2. La pianificazione forestale come strumento per la lotta al cambiamento climatico	73
7.3. Criteri gestionali	74
7.4. Le attività produttive e i sistemi socio-economici	76
8. Monitorare l'impatto del cambiamento climatico	77
8.1. Indicatori pratici per la gestione forestale	79
8.1.1. Le associazioni forestali	81
Conclusioni	82
Allegato 1	87
Bibliografia	89

Premessa

Oggi, in Italia, gli unici interventi operativi a favore delle risorse forestali o volti al loro utilizzo nella lotta al cambiamento climatico sono principalmente contenuti nelle politiche cofinanziate dall'Unione europea. Il presente *Working Paper* vuole fornire ai decisori politici e ai gestori del territorio una maggiore conoscenza sul ruolo e contributo, riconosciuto a livello internazionale, delle risorse forestali. E in particolare dell'importanza che assumono come principale strumento nelle strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici globali.

Attraverso una breve analisi delle risorse forestali e dei settori produttivi a esse collegate, vengono successivamente proposti utili indirizzi strategici alle scelte politiche e operative da intraprendere al fine di poter avviare un serio processo di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico in cui le risorse forestali possano esprimere tutte le loro potenzialità, concretizzando così gli improcrastinabili impegni che le nostre istituzioni e la nostra società devono realizzare per le generazioni future.

Introduzione

La questione del cambiamento climatico è prepotentemente entrata nelle strategie e politiche internazionali e nazionali a partire dalla fine degli anni '80, con due risoluzioni chiave dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, che portarono alla costituzione dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC¹) e all'avvio del processo negoziale finalizzato all'introduzione di misure internazionali² di lotta al cambiamento climatico. In merito a questa ultima risoluzione, con la Conferenza di Rio de Janeiro su ambiente e sviluppo (*United Nations Conference on Environment and Development - UNCED*) del 1992, culmina la prima fase negoziale tra i Paesi aderenti. con l'approvazione della *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC³), ponendo particolare attenzione agli ecosistemi forestali e riconoscendo il loro fondamentale contributo nel bilancio dei gas serra a livello mondiale.

Nelle strategie di mitigazione le foreste e i boschi⁴, agiscono principalmente, ma non solo, come *stock* e *sink* di carbonio⁵, concorrendo attivamente nel ridurre e stabilizzare le concentrazioni in eccesso dei gas serra presenti nell'atmosfera. Inoltre il contributo delle attività forestali, nelle diverse forme di utilizzo e gestione che consentono di aumentare temporaneamente le quantità fissate di CO₂, è ormai ampiamente riconosciuto già nel Protocollo di Kyoto (PK).

La vulnerabilità⁶ dei sistemi naturali come di quelli sociali ed economici ai cambiamenti climatici in atto, causati dagli eventi estremi sempre più frequenti è ormai cronaca di tutti i giorni. Per comprendere l'entità del problema è, infatti, necessario non limitarsi alle sole modifiche ambientali⁷ previste come impatti del processo in atto, ma anche ai mutamenti che queste causeranno (e stanno già causando) negli assetti economico produttivi (in particolare per il settore primario), sia a livello locale che globale, e alle conseguenti ripercussioni sociali.

Le formazioni boschive, come tutti i sistemi naturali, sono soggetti agli effetti dei mutamenti climatici e dei conseguenti danni (misurabili in termini ambientali, economici e

1 Risoluzione UN 43/53, 1988.

2 Risoluzione UN 44/207, 1989.

3 Entrata in vigore il 21 marzo del 1994, e sottoscritta dall'Italia con la legge n. 65 del 15 gennaio 1994.

4 Un ettaro di foresta può contenere da poche decine fino a diverse centinaia di tonnellate di C (tC/ha). La massa di C immagazzinata dipende principalmente dalle caratteristiche fisiografiche del sito, dall'età e dalla produttività della foresta.

5 Carbon sink quando il bilancio netto tra CO₂ assorbita ed emessa in atmosfera è positivo e divengono invece Carbon source, cioè fonte di CO₂ e altri gas serra non-CO₂, quando la respirazione e l'ossidazione totale delle piante e del materiale organico presente nella lettiera e nel suolo eccedono la produttività primaria netta.

6 L'IPCC nel 2001 con il report "*Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*", definisce come vulnerabilità "il grado di suscettibilità o dell'incapacità di un sistema di fare fronte agli effetti avversi del cambiamento climatico, inclusi la variabilità e gli eventi climatici estremi. La vulnerabilità è una funzione della natura, dell'entità e della rapidità del cambiamento climatico e della variazione alla quale un sistema è esposto, della sua sensibilità e capacità di adattamento"

7 Aumento medio delle temperature, la riduzione delle calotte di ghiaccio, dei ghiacci ai montani e la copertura nevosa, l'aumento delle temperature della superficie dello strato di permafrost (aumento di 3° C a partire dagli anni 80), diminuzione delle precipitazioni nelle aree del Sahel, del Mediterraneo, dell'Africa meridionale e in parte dell'Asia meridionale, aumento delle precipitazioni nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del Nord e in Asia settentrionale e centrale, ondate di siccità più lunghe e di maggiore intensità, particolarmente nelle zone tropicali e sub tropicali, intensificazione dell'attività dei cicloni tropicali nel Nord Atlantico, etc.

sociali), ma queste possono però fornire, un importante contributo nel contenimento degli impatti e diminuire così la vulnerabilità di sistemi ecologici, produttivi e sociali. Infatti, attraverso una loro attenta gestione e mirata utilizzazione non solo possono essere utili nella salvaguardia di ecosistemi naturali a rischio di mutamento ma soprattutto nei confronti di economie, società e popolazioni potenzialmente a rischio, in particolare in ambito locale. Ciò avviene, per esempio, attraverso la regimazione e captazione delle acque, nella protezione dal degradamento e impoverimento del suolo, nel contenimento del rischio di alluvioni e nell'assetto idrogeologico del territorio, nel contenimento dei processi di desertificazione e nell'innalzamento del cuneo salino.

Le **strategie di mitigazione** non possono quindi prescindere dall'attuazione di adeguate **misure di adattamento** per ridurre, non solo, la vulnerabilità degli ecosistemi forestali agli impatti dei cambiamenti climatici, ma anche per valorizzare il ruolo che le foreste e la selvicoltura possono svolgere per società ed economie locali.



Fonte – Emanuele Masetti, FEEM e CMCC, Roma 29 ottobre 2009.

Per poter esprimere al meglio la loro capacità di fornitori di beni e servizi ecosistemici, la foresta deve però trovarsi in una condizione di buona salute ovvero, in termini ecologici, in una condizione di elevata efficienza funzionale o capacità bioecologica⁸.

Con riferimento ai boschi italiani, storicamente oggetto di una forte azione antropica, i fattori che determinano la loro condizione ed evoluzione e quindi la loro capacità di svolgere determinate funzioni in maniera ottimale, non sono solamente originati dai cambiamenti climatici in atto. Le dinamiche naturali dei boschi italiani di oggi sono strettamente legate alle modificazioni subite nel passato e sono (o possono essere) ancora influenzate dalla gestione che può indirizzare, contenere e assecondare le dinamiche in atto. Individuare, per i nostri boschi, delle possibili azioni di intervento per la mitigazione e l'adattamento nei confronti del

⁸ In questo senso sono state avviate recentemente esperienze sperimentali, del programma LIFE+, come il progetto MANFOR C.BD. Il progetto *Managing forests for multiple purposes: carbon, biodiversity and socio-economic wellbeing*, mira a testare e a verificare "sul campo" l'efficacia di diverse opzioni di gestione delle foreste ai fini del conseguimento di obiettivi multipli (tra cui la produzione, la protezione e la biodiversità). Il progetto ha carattere dimostrativo ma con importanti ricadute sul territorio rese possibili attraverso la messa in atto di varie strategie di intervento da sperimentare in determinate aree dimostrative, e affronterà tali questioni in diversi settori sperimentali, dalla produzione alle foreste protette, compresi i siti Natura 2000 nonché le specie e gli habitat prioritari. Il partenariato è così composto: Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) beneficiario coordinatore; Università degli Studi del Molise; Consiglio per la Ricerca in Agricoltura (CRA); Regione del Veneto; Regione del Molise; Istituto Forestale Sloveno, Regione del Veneto come partner associate.

cambiamento climatico in atto e prevedere quali saranno gli eventuali scenari futuri è un problema complesso. Il Governo italiano si è impegnato nell'attuazione del PK riconoscendo nei *sink* forestali uno dei principali strumenti per il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici. Il ruolo delle foreste è stato chiaramente riconosciuto nel "Piano Nazionale per la riduzione dei gas serra 2003-2010" (Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, MATTM; Dicembre 2002), laddove è stato attribuito, per le attività *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF), un potenziale di assorbimento pari a 16,2 Mt di CO₂ per il periodo di impegno 2008-2012 (MATTM, 2002).

Sotto il profilo operativo gli interventi realizzabili per migliorare le capacità dei sistemi forestali di fissare il carbonio atmosferico e di contribuire nell'azione di adattamento dei sistemi naturali e antropici al cambiamento climatico possono essere molteplici. Purtroppo nel nostro Paese non si è ancora concretizzata la consapevolezza politica di quello che la risorsa forestale nazionale e i settori produttivi a essa collegati, possono realmente fornire. a sostegno di una concreta strategie di adattamento agli impatti ambientali e socioeconomici che il cambiamento climatico sta già generando. L'Italia è però al momento priva di una chiara strategia nazionale per l'adattamento e deve dunque affrettarsi ad affrontare anche in termini operativi questo tema, in quanto la vulnerabilità del nostro Paese al cambiamento climatico è più alta di quanto si possa immaginare. Nell'individuare idonee misure di adattamento e identificare strumenti socio-economici opportuni non bisogna dimenticare, almeno in termini operativi, del potenziale contributo che le risorse forestali e la gestione attiva del patrimonio boschivo nazionale possono fornire.

1. Le foreste e il settore forestale in Italia

Nella storia delle civiltà le risorse forestali hanno sempre rappresentato una fondamentale fonte di ricchezza e sviluppo. Il patrimonio forestale nazionale è stato oggetto nei secoli di un intenso sfruttamento rappresentando, fino a un recente passato, un'importante fonte di reddito e occupazione, soprattutto in ambito rurale e montano. Il paesaggio forestale del nostro Paese è stato, quindi, caratterizzato da profonde trasformazioni territoriali e socio-economiche avvenute nei secoli, al fine di ottenere non solo superfici utilizzabili come aree agricole, pascolive e/o urbane, ma anche per produrre assortimenti legnosi e prodotti forestali necessari a soddisfare le esigenze economiche locali nei diversi momenti storici.

Dalla metà del XX secolo le foreste hanno gradualmente assunto un ruolo sempre meno rilevante nell'economia nazionale, a seguito del minore interesse e utilizzo dei prodotti e degli assortimenti legnosi e del progressivo abbandono delle aree rurali e montane, che hanno comportato una progressiva diminuzione delle attività imprenditoriali legate alla selvicoltura e alla pastorizia. Va comunque ricordato che al progressivo aumento della superficie forestale – quasi raddoppiata in meno di un secolo (Tab. 1) – si è associata una riduzione nelle utilizzazioni e negli investimenti privati.

Tabella 1 - Superficie forestale dal 1950 al 2005

	Nord	Centro	Mezzogiorno	Italia	Variazione assoluta
1950	2.566.143	1.501.307	1.504.463	5.616.913	-
1960	2.688.290	1.529.299	1.628.692	5.846.281	3,9%
1970	2.809.141	1.630.393	1.719.237	6.162.124	5,1%
1980	2.842.423	1.649.422	1.856.457	6.354.302	3,0%
1990	3.004.137	1.696.057	2.059.900	6.760.094	6,0%
2000	3.025.624	1.698.408	2.129.764	6.853.796	1,4%
2005	3.027.831	1.697.219	2.133.929	6.858.979	18,1%

Fonte - ISTAT, Annuario Statistico Italiano, anni vari.

Oggi i servizi richiesti alle foreste dalla società moderna risultano profondamente diversificati e il numero di "utenti" è sempre più crescente. Tali servizi risultano spesso non facilmente conciliabili tra loro e, soprattutto nei contesti fortemente antropizzati come quello italiano, non sempre possono integrarsi e trovare soluzioni favorevoli senza l'intervento pianificatorio e gestionale dell'uomo (Cesaro, 2009). A ciò si aggiunge una particolare sensibilità della società alle tematiche ambientaliste, che spesso portano a confondere le utilizzazioni in foresta, eseguite nel rispetto dei principi di legge e dei criteri di Gestione Forestale Sostenibile (GFS, *Forest Europe*), come un pericolo ambientale, quando invece proprio grazie a una corretta gestione si può coniugare l'utilizzo storico delle foreste con la salvaguardia ambientale e l'assetto del territorio, contribuendo a compensare inoltre ciò che inevitabilmente l'uomo immette in atmosfera con le sue quotidiane attività.

Oggi, a livello internazionale, il mondo scientifico e i decisori politici riconoscono ampiamente il ruolo "polifunzionale" svolto dalle foreste, che sempre di più vengono gestite per le funzioni diverse da quelle di produzione legnosa. Si possono quindi riconoscere una serie ampia e diversificata di Servizi Ecosistemici, o Funzioni Principali (Tab.2), svolti dagli ecosistemi forestali e intimamente collegate tra loro.

La multifunzionalità del bosco (economica, protettiva, ecologica e ricreativa) può essere garantita per le generazioni future solo attraverso una corretta pianificazione e gestione attiva del territorio, in cui anche le improcrastinabili azioni per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici devono trovare oggi il giusto equilibrio fra sviluppo socio-economico e salvaguardia dell'ambiente, tra utilizzo economico delle risorse naturali e tutela del territorio e del paesaggio, ponendo particolare attenzione alla maggiore criticità nazionale legata al consumo di suolo di pianure e aree costiere in contrasto con l'abbandono degli spazi rurali di collina e di montagna (Romano, 2010).

Tabella 2 - Servizi Ecosistemici, o Funzioni Principali svolte dal Bosco

SE - Funzione	Principali externalità generate
Produttiva (storica)	Produzione di materie prime rinnovabili (legname, cellulosa, bioenergia) Fornitura di prodotti non legnosi.
Protettiva-ambientale	Depurazione dell'aria e filtro degli inquinanti e delle polveri. Emissione di ossigeno e Assorbimento di anidride carbonica.; Miglioramento del microclima e stabilizzazione climatica.
Ecologica- conservativa e paesaggistica	Depurazione e regimazione delle risorse idriche. Limitazione dell'erosione dei suoli e dei versanti. Contenimento dei fenomeni di desertificazione. Conservazione della biodiversità animale e vegetale. Mantenimento del valore del paesaggio.
Socio-culturale	Servizi storico-culturali, turistico-ricreativi e igienico-sanitari.

Fonte - Programma Quadro per il Settore Forestale, PQSF, Mipaaf 2008.

È bene sottolineare che alla diversificazione delle funzioni riconosciute ai sistemi forestali non è seguito l'adeguamento dei metodi di determinazione del Valore Economico Totale (VET) del Bosco, che non trova ancora valide e concrete proposte metodologiche prima che politiche (Figura 1). I metodi utilizzati per la sua stima sono ancora oggi largamente basati sul valore di uso diretto, che fanno riferimento ai prodotti ritraibili e meno frequentemente al valore di uso indiretto rappresentato dai servizi protettivo-ambientali che il bosco svolge. Ancora più raro è il riferimento al valore intrinseco del bosco, cioè al valore che esso ha in quanto tale, indipendentemente dai beni prodotti e dai servizi erogati.

Le più recenti strategie di gestione selvicolturale sono fondate sui generali principi di sostenibilità e mirano sempre più ad assecondare, attraverso interventi colturali mirati, il dinamismo naturale dei sistemi forestali, conciliando le esigenze produttive con il bisogno di conservazione e tutela del patrimonio naturale. La Gestione Forestale Sostenibile (GFS), così

intesa, non è assolutamente in contrasto con un uso produttivo, senza il quale (soprattutto dove il bosco fortemente antropizzato in passato è stato semplificato e degradato), si produrrebbero, per effetto dell'abbandono dei boschi, effetti negativi di natura idrogeologica, paesaggistica e ambientale, oltre che economico-occupazionale in ambito locale. Una gestione forestale in grado di adattarsi e di valorizzare il dinamismo naturale è in linea con l'approccio ecosistemico (*ecosystem approach*), proposto dalla Convenzione delle Nazioni Unite per la Diversità Biologica, considerato un valido strumento per promuovere le strategie di conservazione e uso sostenibile delle risorse naturali (CBD, 2000; MCPFE/PEBLDS, 2006).

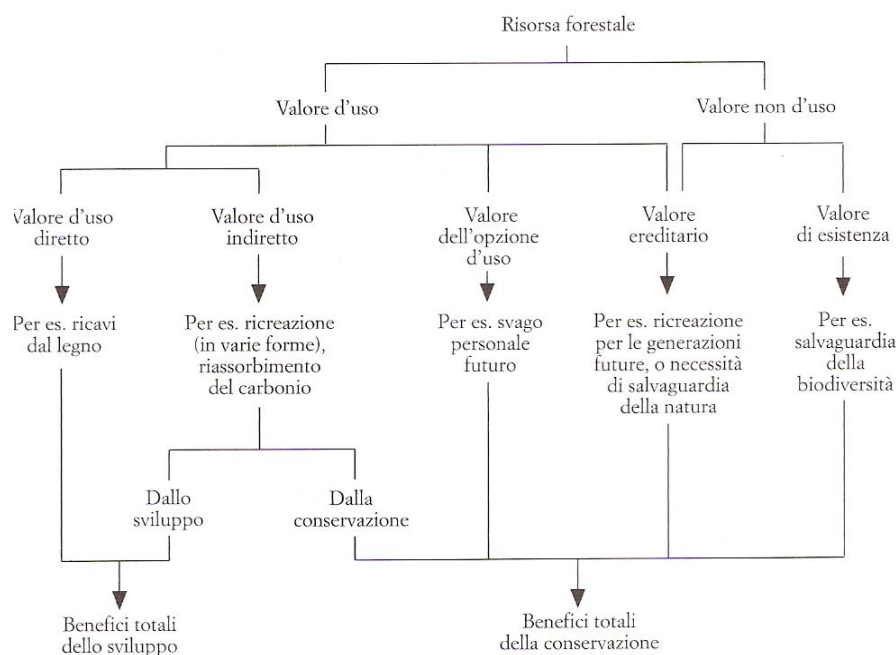
Nella legislazione nazionale la Gestione Forestale Sostenibile (Tab. 3) rappresenta il principio ispiratore per la gestione dei boschi, e come per gli indirizzi forestali strategici europei del 1998, viene inoltre evidenziato il primato della selvicoltura come attività diretta allo sviluppo socio-economico locale e, contemporaneamente, alla salvaguardia ambientale. Con l'approvazione del D.lgs n. 227/2001 e le successive Linee guida nazionali per il settore forestale del 2005, il nostro paese si è quindi, impegnato a diffondere e incentivare l'applicazione dei principi di GFS.

A ciò si aggiunge il Programma Quadro per il Settore Forestale⁹ (PQSF, Mipaaf 2008), redatto nel pieno rispetto delle competenze istituzionali centrali e periferiche, che recepisce e orienta le modalità di concreta applicazione dei principi di indirizzo internazionale e comunitario in materia forestale¹⁰. Esso tende, infatti, attuare in forma coordinata gli impegni internazionali sottoscritti dal Governo italiano in materia di foreste e, al tempo stesso, costituire un quadro di riferimento strategico, di indirizzo e di coordinamento per il settore forestale nazionale favorendo ogni possibile sinergia tra e con le Amministrazioni competenti. Il suo fine è quello di migliorare l'efficacia e l'efficienza della spesa per il settore nel medio - lungo termine ed essere uno strumento condiviso che rappresenti all'estero le linee di indirizzo generale della politica forestale nazionale.

⁹ *Proposto dal Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali e dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e delle mare ha ricevuto l'approvazione finale dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano nella seduta del 18 dicembre 2008.*

¹⁰ *UNCED 1992, Criteri MCPFE, Risoluzione UE 1999/C/56/01, Strategia Forestale Europea 1998, Piano di Azione forestale, 2006.*

Figura 1 - Valore Economico Totale del bosco (VET).



Fonte - Earse, 1991, mod.

Tabella 3 - Indicatori di Gestione Forestale Sostenibile a livello nazionale.

CRITERI	INDICATORI DESCRITTIVI
1. Mantenimento e appropriato miglioramento delle risorse forestali e loro contributo al ciclo globale del carbonio	Presenza e capacità delle istituzioni di fornire linee guida per piani o programmi nazionali. Presenza di un quadro generale di politica economica e di strumenti finanziari in grado di garantire un flusso di investimenti nel settore forestale in risposta ai segnali di mercato e alle decisioni pubbliche. Presenza di strumenti informativi in grado di supportare le politiche e capacità di riconoscere l'intera gamma dei valori e potenzialità del settore forestale attraverso periodici interventi di pianificazione e verifica dello stato delle risorse forestali
2. Mantenimento della salute e vitalità degli ecosistemi forestali	Quantità totale e cambiamenti negli ultimi 5 anni nelle deposizioni di inquinanti dell'aria (rilevanti in stazioni di monitoraggio permanenti). Variazioni verificatesi con gravi defogliazioni, da registrarsi secondo la classificazione UN-ECE e EU per gli ultimi 5 anni
3. Mantenimento e sviluppo delle funzioni produttive nella gestione forestale (prodotti legnosi e non legnosi)	Bilancio tra incremento e utilizzazioni legnose negli ultimi dieci anni.. Impieghi energetici delle biomasse legnose ivi compresi gli scarti dei sottoprodotti legnosi. Prelievi di legname negli impianti di arboricoltura da legno. Percentuale di foresta gestita secondo piani di assestamento o secondo linee guida di gestione
4. Mantenimento, conservazione e appropriato miglioramento della diversità biologica negli ecosistemi forestali	Presenza di un contesto legale e normativo e sua capacità di : chiarire il concetto di gestione, conservazione e sviluppo forestale sostenibile e di garantire l'aderenza di strumenti legislativi nazionali a quelli internazionali. Presenza e capacità delle istituzioni di mantenere, conservare e accrescere in maniera adeguata la diversità biologica a livello di ecosistema, di specie a livello genetico e in grado di identificare nella foresta valori economici la cui gestione sia regolata al fine di mantenere la diversità biologica. Presenza di un contesto economico-politico e di strumenti finanziari per creare nuove risorse e incentivi per migliorare il meccanismo di previsione dell'impatto antropico sulle foreste e per sviluppare nella foresta valori economici la cui gestione sia regolata al fine di mantenere la diversità biologica.

5. Mantenimento e appropriato miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale (con specifica attenzione alla difesa del suolo e alla regimazione delle acque)	Presenza di un contesto legale e normativo e sua capacità di mettere in atto strumenti legali per regolare o limitare l'utilizzo di foreste destinate a fini protettivi. Presenza e capacità delle istituzioni di sviluppare e mantenere strumenti istituzionali per regolare o limitare l'utilizzo di foreste destinate a fini protettivi. Presenza di un contesto economico-politico e di strumenti finanziari per la definizione di linee guida di gestione di foreste destinate a fini protettivi. Presenza di strumenti informativi in grado di supportare le politiche e loro capacità di condurre ricerche su infrastrutture e boschi di protezione in relazione all'uso del suolo e alla gestione selvicolturale.
6. Mantenimento delle altre funzioni e delle condizioni socio-economiche	Presenza di un'organizzazione legale/normativa e sua capacità di fornire strumenti legali per assicurare lo sviluppo del settore forestale. Presenza e capacità delle istituzioni di sviluppare e mantenere efficienti le infrastrutture per facilitare il commercio di prodotti forestali. Presenza di un quadro di politica economica e di strumenti finanziari e loro capacità di assicurare nuovi investimenti nel settore forestale per venire incontro agli sviluppi della domanda. Presenza di strumenti informativi in grado di implementare l'insieme di iniziative politiche e loro capacità di sviluppare ed utilizzare nuove tecnologie e di effettuare analisi di mercato per soddisfare al meglio i bisogni della società.

Fonte - Elaborazione Osservatorio Foreste INEA su dati Pettenella *et al.* 2000.

1.1. *Caratteristiche principali delle risorse forestali nazionali*

Con l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC, 2005¹¹) si sono poste le basi per un riassetto delle informazioni relative alle caratteristiche delle risorse forestali nazionali e per l'avvio dei chiarimenti necessari alle frequenti situazioni di difficoltà interpretativa delle statistiche nazionali. L'inventario soddisfa, inoltre, la domanda informativa posta dalle esigenze nell'attività di *reporting* internazionale e in particolare del *Forest Resources Assessment* della FAO. I dati dell'INFC costituiscono una fonte di primaria importanza anche per la realizzazione delle banche dati previste dal "Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio Agro-Forestali"¹² che sarà inserito nel Piano Statistico Nazionale dell'ISTAT¹³.

Analizzando i risultati dell'inventario (Tab. 4), la superficie forestale italiana per il 2005 è stimata in 10.467.533 ha, pari al 34,7% del territorio nazionale, di cui l'83,7% costituito dalla macrocategoria Bosco¹⁴ (8.759.200 ha, il 29,1% dell'intero territorio nazionale) e dalla

11 La realizzazione dell'INFC è stata affidata al Corpo Forestale dello Stato (CFS) che si è avvalso della consulenza tecnica dell'Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale del Consiglio per la Ricerca e sperimentazione in Agricoltura (CRA-MPF). http://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/risultati_introa.jsp

12 Decreto Ministero Ambiente 1/4/2008 Istituzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali. (GU n. 104 del 5-5-2008), Decreto di attuazione della Delibera del CIPE n. 123 del 19 dicembre 2002 «Revisione delle Linee Guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra».

13 Dal 2005 l'ISTAT ha sospeso la pubblicazione annuale delle statistiche sulle superfici forestali, allora disponibili per aggregazione regionale, rimandando gli utenti ai pubblicati risultati dell'INFC.

14 Bosco: Territorio con copertura arborea maggiore del 10% su un'estensione maggiore di 0,5 ha. Gli alberi devono poter raggiungere un'altezza minima di 5 m a maturità in situ. Può trattarsi di formazioni chiuse o aperte. Soprassuoli forestali giovani, anche se derivati da piantagione, o aree temporaneamente scoperte per cause naturali o per l'intervento dell'uomo, ma suscettibili di ricopertura a breve termine secondo i requisiti sopra indicati, sono inclusi nella definizione di bosco. Sono inoltre inclusi: vivai forestali e arboreti da seme (che costituiscono parte integrante del bosco); strade forestali, fratte tagliate, fasce tagliafuoco e altre piccole aperture del bosco; boschi inclusi in parchi nazionali, riserve naturali e altre aree protette; barriere frangivento e fasce boscate di larghezza superiore a 20 m, purché maggiori di 0,5 ha. Sono incluse anche le piantagioni finalizzate a scopi forestali comprese alberi da gomma e le sugherete.

macrocategoria Altre Terre Boscate¹⁵ (1.708.333 ha). Complessivamente, con specifica differenziazione tra regione e regione, più del 70% della superficie forestale totale si trova a una quota inferiore ai 1.000 m s.l.m., il 17,4% fra 1.000 e 1.500 m e l'8,5% oltre i 1.500 m. I risultati dell'INFC, evidenziano chiaramente come le caratteristiche geografiche, geomorfologiche, pedologiche e climatiche del territorio italiano determinino una elevata diversità delle formazioni forestali che si articolano in unità tipologiche molto diverse per composizione ecologica e strutturale, come dimostrato dai recenti e pressoché completi studi condotti a livello regionale. Inoltre vi è una elevata diversità specifica e fisionomica, con la presenza di ben 117 specie differenti per il solo strato arboreo delle cenosi boschive. Secondo l'ISTAT dal 1950 al 2005, si registra un incremento della superficie forestale nazionale del 18,1% (Tab. 1) attraverso un evidente processo di recupero spontaneo del bosco su aree abbandonate dalle attività antropiche (agricole e pascolive)¹⁶. Tale fenomeno è stato rafforzato ulteriormente dagli investimenti pubblici realizzati negli ultimi sessanta anni per i rimboschimenti, spesso realizzati con l'obiettivo di costituire boschi naturali o naturaliformi con fini prevalentemente protettivi ma soprattutto con scopi occupazionali con piantagioni prevalentemente di conifere a rapido accrescimento ed eucalipti¹⁷. Infatti, negli ultimi decenni, con gli incentivi comunitari nell'impianto di specie forestali e da arboricoltura da legno su terreni agricoli e non agricoli (Reg. CEE 2080/92, Reg. CE 1257/99, Reg. CE 1698/05), sono stati realizzati popolamenti arborei con finalità sia produttive che ambientali, costituiti da pioppo e altre latifoglie "nobili", come ciliegio, noce, frassino, rovere, o altre specie a rapido accrescimento.

15 Altre terre boscate: Territorio con copertura arborea del 5-10% di alberi in grado di raggiungere un'altezza minima di 5m a maturità in situ oppure territorio con una copertura maggiore del 10% costituita da alberi che non raggiungono un'altezza di 5m a maturità in situ o da arbusti e cespugli.

16 La superficie agricola utilizzata (SAU) è diminuita del 15,3% dal 1990 al 2007, passando da 15 a 12,7 Mha.

17 Legge Fanfani n. 264/1949, Progetto Speciale 24 della ex CASMEZ.

Tabella 4 -Sintesi dei dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC 2005).

Superficie Forestale Nazionale (10.467.533 ha 34,74% della superficie totale nazionale)
Paesaggio forestale diversificato. Vicinanza di aree agricole in prossimità di margini forestali (44,4%), di praterie, pascoli e incolti (28,0%), di zone aperte con vegetazione rada o assente (8,7%) di acque (4,7%), di zone umide (0,9%). Superficie forestale interessata dalla presenza di "infrastrutture": 1.854.659 ha, corrispondente al 17,7% della superficie totale. Proprietà: 63,5% privata, 32,4% pubblica (di cui 65,5% Comuni e Province, 23,7% Demanio statale e regionale, 8,3% altri enti pubblici), (il 4% della superficie non è stata classificata). Pianificazione: l'86,6% della superficie è regolamentata da forme di pianificazione - Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale (PMPF), presenza di pianificazione di orientamento oppure presenza di pianificazione di dettaglio. Vincolo idrogeologico: 80,9% della superficie. Disponibilità al prelievo legnoso: l'81% della superficie nazionale (8.510.104 ha) non è soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali dovute a norme, vincoli o a cause di tipo fisico.
Macrocategoria Bosco (8.759.200 ha, 83,7% della superficie forestale nazionale)
Densità boscosa: dal 62,6% della Liguria (Trentino 60,5%) al 7,5 % della Puglia (Sicilia 10,0%). Il 67,5% della superficie a Bosco è costituito da formazioni con copertura totale superiore all'80%; Proprietà: 66,2% privata (individuale per oltre il 79%; società e imprese per il 6,2%, altri enti privati per il 4,5%). Vincolo idrogeologico: 87,1% della superficie. Il 76,9% dei soprassuoli Bosco non risultata interessata da "fenomeni di dissesto". Possibilità di prelievo legnoso: 88,4% non soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali. Cedui: , 41,8% (3.663.143 ha) della superficie Bosco nel Centro Italia (predominanza di castagno, carpino e querce nei boschi di collina, di faggio nei boschi montani, sia alpini sia appenninici). Proprietà dei cedui: 69% privata. Fustaie: 36,1% (3.157.965 ha) della superficie Bosco, di cui quasi il 50% costituito da formazioni pure di conifere, (abete rosso, abete bianco, larice e pini montani e mediterranei). Le fustaie di conifere più produttive, sono localizzate nelle Regioni del Nord-Est (Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia). Proprietà delle fustaie: 47% privata. Tipi culturali speciali: 1,3% (118.311 ha) della superficie Bosco e con marcata localizzazione in senso geografico(castagneti da frutto, noceti e sugherete).
Boschi alti: 8.584.016 ha, 98% della superficie macrocategoria Bosco; Cedui matricinati: 28%, popolamenti prossimi al turno di utilizzazione o invecchiati (gli stadi adulto e invecchiato rappresentano infatti l'89% dell'intera superficie governata a ceduo). Cedui a sterzo: 21.471 ha, marcata localizzazione in senso geografico (otto Regioni su ventuno); Fustaie coetanee: 15,8% dei Boschi alti, di cui il 55,6% si trova in uno stadio di sviluppo giovane o adulto, il 35,1% mature o stramature, con circa 530.000 ha. Fustaie disetanee: 13,5% dei Boschi alti.
Popolamenti a prevalenza di latifoglie: 68% della superficie categoria Boschi alti; Formazioni più diffuse: Boschi di rovere, roverella e farnia, Faggete, Castagneti e Boschi di cerro, farnetto, fragno e vallonea, che superano ciascuna il milione di ha. La predominanza dei boschi di latifoglie è comune in tutte le regioni, ad eccezione di alcuni contesti alpini (Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige). Popolamenti a prevalenza di conifere: 13,3% della superficie categoria Boschi alti; Formazioni più diffuse: l'Abete rosso con un'estensione di 586.082 ha corrispondono al 6,7% della superficie totale della categoria Boschi alti.
Impianti di arboricoltura: 1,14% (122.252 ha) della superficie categoria Boschi alti, di cui 84% latifoglie in purezza con prevalenza di Pioppeti artificiali (66.269 ha), piantagioni di altre latifoglie con prevalenza di latifoglie nobili ed eucalpti (40.985 ha).
Altre terre Boscate (1.708.333 ha)
Arbusteti: Prevalentemente Macchia e Arbusteti mediterranei, in cui per il 60,3% della superficie prevalgono formazioni con copertura totale superiore al 50% e per il 38,6% copertura maggiore dell'80%. Disponibile al prelievo legnoso: 45,1% non soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali.
Aree boscate inaccessibili o non classificate (398.000 ha).

Fonte – Elaborazione Osservatorio Foreste INEA su dati INFC. Per maggiori approfondimenti si rimanda al sito www.infc.it in cui vengono presentati in dettaglio i dati (INFC) - <http://www.infc.it>.

Tale, fenomeno è stato rafforzato ulteriormente dagli investimenti pubblici realizzati negli ultimi sessanta anni per i rimboschimenti, spesso realizzati con l'obiettivo di costituire boschi naturali o naturaliformi con fini prevalentemente protettivi e aventi scopi occupazionali, con piantagioni prevalentemente di conifere a rapido accrescimento ed eucalipti (Legge Fanfani n. 264/1949, Progetto Speciale 24 della ex CASMEZ).

È bene ricordare che la forte discrepanza tra i dati ISTAT del 2005 (6.858.979 ha) e l'INFC (10.467.533 ha) sulla superficie forestale è riconducibile ad una diversa definizione di bosco utilizzata durante la metodica inventariale¹⁸. A ciò si aggiunge il fatto che le statistiche forestali ISTAT si basavano solo sulla registrazione delle variazioni relative alla superficie forestale, raccolte attraverso questionari, senza prevedere rilievi di tipo inventariale (Pompei et Scarascia Mugnozza, 2006).

Sulla base dei dati del Quinto Censimento Generale dell'Agricoltura (CGA, 2000), risulta che la dimensione media delle aziende agricole attive con boschi è pari a 7,6 ha e quella delle aziende vocate all'arboricoltura da legno è pari a 2,9 ha, mentre il 15% delle aziende con boschi ha una superficie aziendale inferiore all'ettaro. A ciò si aggiunge l'elevata frammentazione e le ridotte dimensioni medie delle proprietà forestali che caratterizzano molte aree del paese. Questa situazione rappresenta storicamente una delle più riconosciute criticità per il settore forestale italiano, incidendo fortemente sui costi delle utilizzazioni, riducendo l'interesse economico da parte dei singoli proprietari e incrementando così l'abbandono gestionale di molti boschi.

Tutte le indagini evidenziano comunque un chiaroscuro della gestione forestale, che vede crescere i popolamenti non ordinariamente gestiti, soggetti a fenomeni di abbandono ed evoluzione libera, non garantendo così risultati positivi in termini di difesa e di mantenimento del mosaico territoriale e paesaggistico.

Per quanto riguarda lo stato di salute dei boschi nazionali, (secondo una prima stima quantitativa delle superfici interessate da danni evidenti e sulle eventuali conseguenze in termini di vitalità degli ecosistemi forestali fornita dall'INFC, e dal progetto *CONECOFOR*¹⁹ oggi *FutMon*), la maggior parte dei boschi italiani (68,3%) non presenta danni o patologie evidenti, che interessano invece complessivamente il 22,7% della superficie. Tra le patologie e i danni più comuni si annoverano gli attacchi di parassiti, che interessano il 9% dei boschi, seguiti dai danni provocati da eventi meteorici o climatici intensi (5,6%) e da pascolo o selvaggina (3,2%).

La minaccia più seria per il patrimonio boschivo italiano, anche considerati i cambiamenti climatici in atto, rimane il fuoco, con circa 9.200 incendi all'anno e una media di 100.000 ha annualmente di aree percorse, danneggiate o distrutte, di cui circa la metà boscate (Tab. 5). Rispetto al 2009 nel 2010, anche grazie ad un clima particolarmente umido, caratterizzato da

¹⁸ La maggiore differenza, ferme restando le diverse metodologie di censimento e monitoraggio, è rappresentata dal fatto che l'ISTAT ascrive alla classe "bosco" solo le formazioni con grado di copertura maggiori del 50%.

¹⁹ La Rete Nazionale per il Controllo degli Ecosistemi Forestali (CONECOFOR) è stata istituita nel 1995 dal Corpo Forestale dello Stato, con l'obiettivo di studiare le interazioni ecologiche tra le componenti strutturali e funzionali degli ecosistemi forestali e i fattori di pressione e cambiamento su larga scala (inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici, variazione dei livelli di biodiversità).

frequenti piogge soprattutto durante la stagione calda, il numero complessivo di incendi boschivi è diminuito del 10 per cento e le superfici totali percorse dal fuoco del 37 per cento.

Come risulta dai dati dell'INFC il 27.5% della superficie forestale nazionale (2.876.451 ha, di cui 2.495.409 ha appartenenti alla macrocategoria Bosco) è tutelata da un vincolo naturalistico, legato a aree protette a vario titolo. Se si esamina il grado di protezione attribuito alle superfici boscate ricadenti ad esempio nei Parchi nazionali, si rileva che in tutto il territorio italiano solamente il 53,3% di queste risulta assegnato a una zona specifica di protezione secondo quanto previsto dalla legge n. 394/91 (Zona A - riserva integrale 26.4%, Zona B - riserva generale orientata 29.8%, Zona C - area di protezione 42.9%, Zona D - area di promozione 0,4%, Area contigua 0,5%), mentre per il restante 46,7% il grado di protezione non è stato stabilito: ciò si deve in larga parte all'assenza o al ritardo nell'entrata in vigore dei piani di parco. Il 60% delle superfici classificate nella categoria bosco comprese nelle Riserve naturali statali sono concentrate nel Centro Italia (Toscana, Lazio, Abruzzo) e in Calabria.

Tabella 5 - Evoluzione della superficie percorsa dal fuoco e numero di incendi in Italia

Anni	Numero di incendi	Superficie percorsa dal fuoco			Media (ha/N incendi)
		Boscata (ha)	Non boscata (ha)	Totale (ha)	
1970	6.579	68.170	23.006	91.176	13,9
1975	4.257	31.551	23.135	54.686	12,8
1980	11.963	45.838	98.081	143.919	12,0
1985	18.664	76.548	114.092	190.640	10,2
1990	14.477	98.410	96.909	195.319	13,5
1995	7.378	20.995	27.889	48.884	6,6
2000	8.595	58.234	56.414	114.648	13,3
2001	7.134	38.186	38.241	76.427	10,7
2002	4.601	20.218	20.573	40.791	8,9
2003	9.697	44.064	47.741	91.805	9,5
2004	6.428	20.866	39.310	60.176	9,4
2005	7.951	21.470	26.105	47.575	6,0
2006	5.643	16.422	23.524	39.946	7,1
2007	10.639	116.602	111.127	227.729	21,4
2008	6.479	30.273	36.055	66.329	10,2
2009	5.422	31.062	42.299	73.361	13,53
2010	4.884	19.357	27.180	46.537	9,53

Fonte - Rielaborazione Osservatorio Foreste INEA su dati CFS.

La legge n. 394/91 (legge quadro sulle aree protette) stabilisce che nelle aree naturali protette possono essere promosse la valorizzazione e la sperimentazione di attività produttive compatibili (art. 1 comma 4). Essa prevede inoltre che le misure adottate per assicurare il mantenimento o il ripristino in uno stato di conservazione soddisfacente degli habitat naturali e delle specie di fauna e di flora selvatiche di interesse comunitario tengano conto delle esigenze economiche, sociali e culturali e delle particolarità regionali e locali delle popolazioni (art. 2 comma 3).

Una gestione delle aree naturali protette e dei siti Natura 2000²⁰ che preveda l'incentivazione delle attività produttive tradizionali e compatibili può rappresentare un efficace motore di sviluppo per le aree montane, rurali e forestali. In questi siti tali attività hanno permesso nel tempo di ricostituire *habitat* seminaturali stabili, in grado di ospitare specie animali e vegetali di elevato valore biogeografico; in particolare gli *habitat* forestali hanno spesso costituito aree in cui gli interventi umani e i processi naturali si sono combinati producendo un equilibrio ecologico di particolare interesse.

Tabella 6 - Superficie forestale e macrocategoria Bosco per le diverse tipologie di aree protette e per i siti delle Rete Natura 2000, non considerando le sovrapposizioni tra loro esistenti così come rilevato dall'INFC.

	Superficie forestale (ha)	% su totale nazionale	Macrocategoria Bosco (ha)
Parchi nazionali	763.721	7,3%	662.385
Riserve naturali statali	46.622	0,4%	40.712
Parchi naturali regionali	83.533	0,8%	74.346
Riserve naturali regionali	662.713	6,3%	588.502
Altre aree naturali protette	146.371	1,4%	135.578
NATURA2000(SIC e ZPS)	2.251.257	21,5%	1.944.819

Fonte - Rielaborazione Osservatorio Foreste INEA su dati INFC.

1.2. Parametri socio-economici delle foreste

L'ISTAT rappresenta la fonte quasi esclusiva per i dati riguardanti i parametri socio-economici delle foreste e della filiera foresta-legno (utilizzazioni boschive, prezzi dei prodotti forestali, import-export, occupazione, dati sulle imprese, ecc.). A causa delle difformità presenti nei procedimenti amministrativi condotti a livello regionale (in quanto si tratta spesso di informazioni su scala regionale e/o sub regionale), i dati sui prelievi legnosi a disposizione, sebbene ufficiali, risultano poco affidabili e sensibilmente sottostimati (in particolare quelli relativi all'utilizzazione dei cedui). Una riorganizzazione dei rilievi statistici sui prelievi sarebbe sicuramente opportuna e urgente; a parziale integrazione, pur non trattandosi di fonti statistiche ufficiali, vanno ricordati i dati di produzione industriale e di *performance* economica pubblicate annualmente dalle principali associazioni di categoria nel settore legno-mobilità, carta ed editoria.

Il patrimonio boschivo nazionale costituisce la base della complessa filiera foresta-legno, in cui si possono distinguere due entità separate: *le utilizzazioni forestali* e *le industrie di lavorazione del prodotto legno*.

²⁰ Natura 2000 è la rete di zone naturali protette dell'UE istituita nel quadro della Direttiva 92/43/CEE, (nota come *Habitat*) il cui obiettivo è la tutela delle principali aree naturali e faunistiche europee. La rete Natura 2000 comprende sia le zone speciali di conservazione (ZSC), designate dagli Stati membri ai sensi della Direttiva *Habitat*, sia le zone di protezione speciale (ZPS) designate dagli Stati membri ai sensi della Direttiva 79/409/EEC (nota come *Birds*).

Inoltre tra le componenti industriali si individuano alcune importanti sottofilieri:

- utilizzo del legno nella produzione industriale di mobili, negli impieghi strutturali e nelle costruzioni;
- produzione di carta e cartone da materia prima legnosa;
- uso del legno per scopi energetici a fini residenziali.

Per queste filiere, oltre alla materia prima legnosa proveniente dalle utilizzazioni forestali o da impianti colturali specifici (in Italia o all'estero), assume una certa rilevanza anche la materia prima proveniente dal riciclo di prodotti di origine legnosa. Esistono, infatti, frequenti collegamenti tra le diverse filiere, costituendo un sistema integrato, complesso e interdipendente, con una forte rilevanza sotto il profilo socio-economico sia locale sia nazionale.

Il mercato del legno negli ultimi 50 anni è cambiato radicalmente e ha visto crescere fortemente sia la richiesta di assortimenti pregiati per l'industria del mobile sia di legna da ardere (Cesaro, 2010). In particolare il consumo di quest'ultimo prodotto è in realtà notevolmente maggiore di quanto risulti dall'analisi dei dati ufficiali. Infatti a fronte di un consumo stimato - su base campionaria e con riferimento ai soli consumi residenziali - pari a circa 20 milioni di tonnellate l'anno, il consumo apparente basato sulle statistiche ufficiali di produzione, importazione ed esportazione è pari a circa un quarto rispetto al precedente dato (circa 5 milioni di tonnellate). Con riferimento alle utilizzazioni forestali pubblicati dall'ISTAT nell'ambito degli Annuari dell'Agricoltura (circa 6-10 Mm³ anno⁻¹, secondo le statistiche ufficiali) i dati disponibili evidenziano negli ultimi decenni una progressiva e continua diminuzione nell'approvvigionamento nazionale. Nel solo quinquennio 2000-2004 vi è stato un calo di oltre il 10% rispetto al decennio precedente della quantità di materiali legnosi prelevati dai boschi. Nel 2007 si è registrato un prelievo di 5,5 milioni di metri cubi (di cui 3,6 legna da ardere), con una riduzione del 24,2% rispetto all'anno precedente. Per il 2009, l'ultimo anno disponibile, il prelievo si attesta sui 7,5 milioni di metri cubi (di cui 5,0 di legna da ardere).

L'unica categoria in costante aumento è quella delle utilizzazioni fuori foresta, che passa dal 2% nel 1985, a quasi il 20% delle utilizzazioni forestali nazionali degli ultimi anni, a testimonianza del crescente scarso tasso di prelievo dalle foreste naturali e seminaturali, e dell'utilizzo delle piantagioni (soprattutto la pioppicoltura) come fonte privilegiata di legname.

La produzione interna di legname è in grado di alimentare solamente il 20% del fabbisogno, sebbene l'incremento annuale della massa legnosa dei boschi italiani sia molto maggiore della quantità di massa annualmente utilizzata. Peraltro, ciò non va semplicisticamente interpretato deducendo che nel nostro Paese esista attualmente la possibilità di un aumento generalizzato dei prelievi legnosi. Sotto il profilo bioecologico le provvigioni legnose sono infatti ancora relativamente deficitarie per una significativa parte del patrimonio forestale nazionale.

Oggi la produzione forestale nazionale risulta, sia dal punto di vista quantitativo sia qualitativo, disomogenea, episodica e in alcuni casi dislocata in aree remote rispetto ai principali centri di produzione industriali e distretti del legno. In varie situazioni esistono comunque condizioni idonee e potenziali per una valorizzazione dei prodotti legnosi nel lungo periodo e per un calibrato aumento delle utilizzazioni, sia in foresta sia fuori foresta. Ciò deve ovviamente essere valutato caso per caso, in una logica di sostenibilità e attraverso gli strumenti della pianificazione forestale (Corona e Berti, 2010). Esiste quindi un evidente squilibrio tra i dati annuali di utilizzazioni e l'elevato consumo interno di materia prima. Ciò ha

comportato un incremento nell'approvvigionamento all'estero del materiale legnoso grezzo e semilavorato, che negli ultimi 10 anni ha riguardato principalmente tronchi e segati di conifere (tra 6 e 8 M di mc³/anno), seguito da latifoglie provenienti da aree temperate e tropicali (rispettivamente da 3 a 5 milioni di mc³/anno e da 500 a 700 mila mc³/anno).

Negli ultimi anni si è però registrato un progressivo e significativo calo nell'import di legname grezzo e semilavorato (circa il 20% in meno nel 2008 rispetto al 2007), e un aumento nelle importazioni di prodotti finiti. Questo *trend* assume i maggiori valori nella filiera dei mobili, comparto di eccellenza del settore manifatturiero italiano, per la quale si osserva anche un processo di delocalizzazione verso paesi esteri. Questa "migrazione" genera un processo sempre più critico sull'occupazione di settore e sulle utilizzazioni, con conseguente degrado e abbandono dei boschi nazionali storicamente e potenzialmente produttivi.

2. Il ruolo delle foreste nel ciclo del carbonio

L'interesse scientifico per una quantificazione più dettagliata del contributo degli ecosistemi vegetali al bilancio del carbonio globale ha avuto un particolare impulso negli anni '70, quando, nell'ambito del Programma Biologico Internazionale (IBP), furono iniziati gli studi per la stima della produttività primaria della biosfera (Lieth *et Whittaker*, 1975). Da allora, tramite perfezionamenti successivi si è determinato che le foreste, pur ricoprendo poco più del 30% della superficie delle terre emerse, contengono oltre l'80% del carbonio epigeo e circa il 40% di quello presente nel suolo e sono sede di circa il 50% della produttività delle terre emerse (De Angelis *et Scarascia Mugnozza*, 1995). Il ciclo del carbonio è il ciclo biogeochimico attraverso il quale il carbonio viene scambiato tra la geosfera, l'idrosfera, la biosfera e l'atmosfera della Terra e dove le dinamiche di interscambio sono legate a processi chimici, fisici, biologici e geologici. Il bilancio degli scambi di massa, tiene conto degli ingressi (*input*), delle uscite (*output*) e dell'immagazzinamento (*storage*) del carbonio nelle diverse componenti del ciclo. I confini del sistema possono riferirsi a organismi semplici (singoli alberi), a popolamenti ed ecosistemi forestali arrivando fino a intere regioni e all'intero pianeta (Apps *et Price*, 1996). Fra tutti questi livelli esistono connessioni ed interrelazioni sia a livello ecobiologico che di scambi (Ehleringer *et Field*, 1993).

Un attento esame del bilancio di carbonio di uno specifico ecosistema e/o di una determinata area può fornire informazioni utili sul suo funzionamento come "fonte e consumatore" di biossido di carbonio. In questo contesto, gli ecosistemi forestali svolgono un ruolo fondamentale grazie alla fotosintesi e alla respirazione, essendo in grado di immagazzinare nella biomassa viva e morta e nel suolo una maggiore quantità per unità di superficie di carbonio atmosferico. Le foreste costituiscono infatti delle popolazioni di organismi vegetali il cui accrescimento, in termini di biomassa e numero di individui, è strettamente connesso ai fattori ambientali limitanti. Per tali motivi la determinazione del contributo degli ecosistemi forestali al ciclo globale del carbonio deve confrontarsi con le difficoltà legate ad una stima di tutte le sue componenti, sia epigee (fusto, rami, foglie) che a livello del suolo (lettiera, humus, radici).

In questo contesto, le foreste agiscono come *carbon sink* quando il bilancio netto tra la CO₂ assorbita e quella emessa in atmosfera è positivo; per esempio ciò avviene quando il soprassuolo forestale ristabilisce una condizione di equilibrio dopo una perturbazione (taglio, incendio, ecc.). Al contrario le foreste divengono *carbon source*, cioè fonte di CO₂ e altri gas-serra (metano, ossido carbonio e ossidi di azoto) quando la respirazione e l'ossidazione totale delle piante, del suolo e del materiale organico eccedono la produttività primaria netta²¹ (per esempio nel caso dei processi di deforestazione e degradazione forestale, prelievi di legna da opera e da ardere e mortalità delle piante). Anche il legno prelevato dal bosco e trasformato in prodotti legnosi costituisce uno stock di carbonio (extraboschivo). Questo aumenterà (agendo pertanto da *sink*) fino a quando il deperimento e la distruzione dei vecchi prodotti resterà inferiore alla fabbricazione di nuovi (Ciccarese, 2010).

I risultati provenienti dai vari siti sperimentali installati in Italia nell'ambito del progetto MIUR-FISR *Carboltaly*²², che formano una rete estesa per lo studio della funzionalità degli

21 La PPN è la velocità di immagazzinamento della materia organica prodotta, al netto di quella usata per la respirazione delle piante

22 Progetto FISR "Carboltaly": rete nazionale di misura dei sink forestali ed agricoli italiane e sviluppo di un sistema

ecosistemi forestali, hanno consentito alla ricerca forestale italiana di assumere un ruolo di rilievo a livello europeo e mondiale (Valentini *et al.*, 2000; Ciais *et al.*, 2005; Magnani *et al.*, 2007). Sulla base di serie pluriennali di dati, la capacità di sequestrare carbonio da parte delle nostre foreste (NEP)²³ è stata mediamente stimata intorno a 4 tC per ha ad anno (Matteucci *et Scarascia Mugnozza*, 2007). Le oscillazioni interannuali sono molto ampie in funzione dell'andamento climatico ed in risposta agli stress. Ci sono, ovviamente, anche notevoli differenze in funzione della specie forestale, della fertilità e dell'impatto degli interventi gestionali. Per tali motivi, è necessario implementare efficienti sistemi di monitoraggio continuo e di lungo termine delle foreste, che potrà fornire informazioni interessanti sui processi di adattamento e/o acclimatazione, consentendo di determinare quanto e se l'assorbimento di carbonio sia duraturo e non transiente. Inoltre, tali controlli permetteranno di verificare in termini qualitativi e quantitativi l'impatto degli eventi estremi e della gestione forestale sul ciclo del carbonio.

Il bilancio della fissazione di CO₂ in ambiente forestale è di complessa determinazione. Il ciclo del carbonio è soggetto a repentine variazioni che dipendono soprattutto dagli interventi antropici cui la foresta è sottoposta. In particolare esistono delle differenze in termini di *storage capacity* tra i diversi soprassuoli forestali, in relazione alla forma di gestione di questi (Ciccarese, 2011). Come si può osservare nel Grafico 1 si possono riconoscere, per un nuovo soprassuolo forestale gestito al fine di ottenere *sink* di carbonio, quattro fasi d'accumulo del carbonio:

- a) fase iniziale d'affermazione del soprassuolo;
- b) fase di maggiore vigore;
- c) fase matura;
- d) fase d'equilibrio nel lungo periodo.

Sempre nel Grafico 1 sono indicati due esempi di dinamica del C nel periodo d'equilibrio, con tendenza d'oscillazione ridotta (linea tratteggiata) e alta (linea continua). Non è stata considerata la dinamica del C nel suolo, nella lettiera e nei residui legnosi grossolani. Osservando l'evoluzione per lungo tempo è evidente che, dopo un aumento del C durante la fase iniziale di sviluppo del soprassuolo, il C dalla fase matura non aumenta né diminuisce, in quanto l'accumulo di C nella biomassa arborea incomincia ad essere bilanciato dalle perdite dello stesso, causate da fenomeni di disturbo naturali e dall'ossidazione che si verifica durante i processi di decomposizione del legno degli alberi che man mano muoiono e sono sostituiti da soggetti nuovi.

di previsione dell'assorbimento di gas serra"; Decreto Ministero dell'Università e della Ricerca del 31 dicembre 2004 n. 1797/Ric Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 21 gennaio 2005 n. 16.

²³ Produttività netta di ecosistema.

Grafico 1 – Accumulo di C in un nuovo soprassuolo forestale gestito per avere effetto di carbon sink.

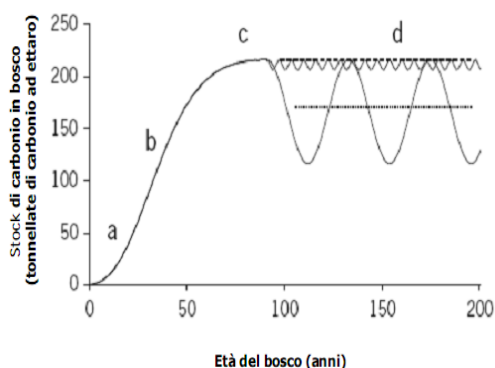
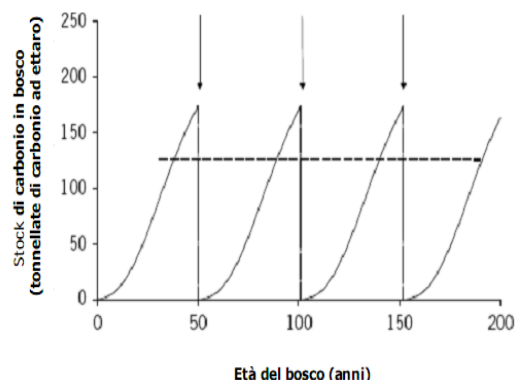


Grafico 2 – Accumulo di C in una piantagione forestale creata per la produzione di legname.



Fonte - IEA, 2003, mod..

Nel Grafico 2 si osserva invece come, in un soprassuolo periodicamente tagliato per fornire legname ed eventualmente bio-energia, in cui si prevede una successione di turni con pronti reimpianti dopo ogni taglio, l'aumento dell'accumulo di C durante la fase iniziale d'affermazione del soprassuolo è bilanciato dalla rimozione dovuta a taglio ed esbosco. Nella pratica forestale questo avviene quando un bosco è costituito da tanti soprassuoli piantati e utilizzati in tempi diversi (compresa forestale). Per il bosco nel suo complesso, quindi, l'accumulo di C si può rappresentare più debitamente con la linea tratteggiata. La dinamica del C nel suolo, nella lettiera, nei residui legnosi grossolani e nei prodotti legnosi non è qui considerata. Anche l'impatto al di fuori della foresta (prodotti legnosi e bioenergia) è stato escluso.

Ai fini di una riduzione e stabilizzazione delle concentrazioni di C in atmosfera, le foreste svolgono un ruolo strategico, in cui la gestione attiva favorisce il continuo rinnovamento del soprassuolo forestale, sfruttando così la maggiore capacità di assorbimento che si verifica nelle fasi precedenti la maturità (nel grafico punto c), oltre la quale la capacità di accumulo raggiunge l'equilibrio naturale. Nella foresta non gestita intesa nelle sembianze archetipe della foresta naturale, al di là delle libere pulsioni del suo *steady state*, la situazione è a bilancio zero: non avviene aumento o diminuzione di carbonio nel sistema (effetto di processo = 0) ma solo sequestro dinamico di carbonio (effetto di stato > 0 o costante) (Hellrigl, 2011).

Dove l'ecosistema bosco è il frutto delle secolari attività selvicolturali, una scelta di gestione che preveda la cessazione dell'attività colturale, (oggi nel nostro paese principalmente dovuta l'abbandono del bosco), causerebbe un aumento temporaneo dell'effetto di stato, ma solamente fino al raggiungimento della fase di saturazione carbonica epigea e ipogea dello *steady state*. La gestione forestale per la produzione di biomassa forestale legnosa che viene raccolta, esboscata e almeno a fine carriera, bruciata in sostituzione di un combustibile fossile, rappresenta un fattore indispensabile nel contrasto all'accumulo di CO₂ in atmosfera.

Altro aspetto, infatti, di non secondaria importanza è rappresentato dal fatto che le foreste sottoposte a utilizzazioni programmate e pianificate nel tempo, forniscono prodotti di qualità per le industrie del legno, che permettono di stoccare il C per tempi lunghi, pari alla durata del ciclo di vita del prodotto, contribuendo ulteriormente all'immagazzinamento di CO₂. Le foreste

assumono quindi sempre più decisamente non solo la funzione di accumulo della CO₂ atmosferica, ma anche di produzione di prodotti di qualità e di materiali sostenibili negli usi domestici e nelle applicazioni industriali e di biomasse da destinare alla produzione d'energia pulita e rinnovabile.

Al fine di perseguire gli obiettivi di riduzione della concentrazione di CO₂ atmosferica sottoscritti nel Protocollo di Kyoto è indispensabile considerare, tra le azioni attivate nei riguardi delle foreste, anche i fondamentali passaggi successivi della filiera “foresta, legno, artigianato e industria”, che attengono ai comparti collegati (trasporto, commercio ed attività di trasformazione). Il ruolo delle foreste è necessario a tutte le altre azioni previste dal Protocollo di Kyoto volte a ridurre l'impiego dei combustibili fossili.

Tali funzioni possono essere armonizzate e mantenute nel tempo in modo equilibrato, attraverso la pianificazione di sistemi culturali razionali e la promozione sul territorio di destinazioni d'uso sostenibili. In questo senso la gestione attiva, basata su criteri ed azioni sostenibili, è fondamentale per migliorare la capacità di stoccaggio di carbonio degli ecosistemi forestali poiché più sane e in pieno sviluppo sono le foreste tanto più è il carbonio da queste fissato.

3. Le risorse forestali nelle politiche di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico

Con la legge 1 giugno 2002, n. 120 “Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l’11 dicembre 1997”, il Governo italiano si è impegnato nell’attuazione del PK, riconoscendo nei *sink* (serbatoi) forestali (e anche in quelli agricoli di applicazione post 2012), uno dei principali strumenti per il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione e contenimento dei cambiamenti climatici.

Le iniziative eleggibili all’interno del PK debbono conformarsi a regole e *standard* che le parti si sono date e continuamente aggiornano ed integrano nell’ambito delle periodiche conferenze (COP). Le norme di riferimento di maggior rilevanza per il settore forestale sono comunque due commi dell’art. 3 del PK:

- comma 3, secondo cui tutte le nuove formazioni arboree derivanti da piantagioni (*Afforestation, Reforestation*) realizzate successivamente al 1990 sono eleggibili e generano crediti utilizzabili al 100%, al netto delle emissioni legate a fenomeni di riduzione della copertura forestale (*Deforestation*);
- comma 4, che individua delle attività aggiuntive che ciascuna parte può facoltativamente eleggere ai fini della contabilizzazione dei crediti di anidride carbonica, tra cui la gestione forestale.

Le definizioni di *Afforestation, Reforestation* e *Deforestation* (ARD) sono state oggetto di differenti interpretazioni. In particolare, mentre gli imboschimenti sottintendono implicitamente il vincolo forestale permanente, e quindi rientrano a pieno titolo nella contabilizzazione del PK, altrettanto non può affermarsi per l’arboricoltura da legno. La scelta in sede internazionale è stata motivata dal fatto che l’attuale aumento dello stock forestale è in gran parte derivato da ricolonizzazioni naturali spontanee di terreni abbandonati. Inoltre la variazione delle riserve è in parte collegata agli interventi diretti dell’uomo effettuati prima del 1990 e come tali da escludere.

Il ruolo della gestione forestale e delle nuove piantagioni arboree è quindi importante ai fini della fissazione della CO₂, che viene immagazzinata in composti organici legnosi. Indipendentemente dagli accordi stipulati è tuttavia condizione necessaria che la gestione forestale e le attività di afforestazione e riforestazione siano *human induced*, cioè determinate da “volontà e azioni specifiche dell’uomo”.

Significativa è la superficie arborata complessivamente realizzata che può essere riclassificata secondo le seguenti tipologie:

- formazioni permanenti e multifunzionali;
- formazioni a ciclo lungo;
- formazioni a ciclo medio;
- *short rotation forestry*.

È evidente che non è possibile realizzare una trattazione univoca di queste formazioni, ma vi è la necessità di trattarle con criteri diversi, considerando che alcune possono essere incluse *tout-court* nell'ambito delle attività di AR, mentre altre hanno un carattere temporaneo, di cui alcune con un orizzonte temporale lungo (30-40 anni), ed altre piuttosto breve o brevissimo. In letteratura e nel Piano nazionale di riduzione dei gas serra, gli impianti di arboricoltura da legno sono inclusi tra le attività eleggibili di AR, mentre nell'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI)²⁴ queste sono annoverate tra le "*cropland management*", disciplinate dall'art. 3.4, e in quanto tali non sono state elette come attività addizionali ai fini della rendicontazione del PK dal Governo nazionale.

Su questa classificazione pesa fortemente il carattere temporaneo delle formazioni arborate, che contempla la reversibilità della destinazione d'uso dei terreni alla fine del ciclo culturale. Malgrado ciò quelle con orizzonti temporali di 30-40 anni, finalizzate alle produzioni di legname da opera, potrebbero comunque trovare adeguata valorizzazione: ciò anche alla luce della considerazione secondo cui l'Italia, al pari degli altri Paesi europei, si caratterizza ancora per un processo continuo di ampliamento della superficie forestale per cui, più che contrastare la deforestazione, occorre sostenere la formazione di nuovi popolamenti forestali ed una gestione attiva ed oculata di quelli già esistenti.

Le superfici arborate potrebbero dunque possedere tutti i requisiti per essere incluse nelle rendicontazioni ai fini del rispetto degli obiettivi internazionali: tuttavia, essendo i crediti di proprietà pubblica/nazionale, viene meno la partecipazione dei proprietari ad un eventuale mercato dei crediti di carbonio. Inoltre con i rimboschimenti realizzati dai privati dopo il 1990 (a partire dal Reg. 2080/92) è stato formalmente assicurato agli agricoltori che facevano piantagioni a fini produttivi anche di medio-lungo periodo che l'uso del suolo era reversibile, rappresentando, per il principio di "permanenza", un forte ostacolo al conteggio come *Afforestation o Reforestation* per il PK. Oltre alle attività previste nel comma 3.3, nel comma 3.4 vengono designate altre quattro attività addizionali eleggibili a discrezione del singolo paese: l'Italia ha deciso di eleggere come attività addizionale per il primo periodo d'impegno del Protocollo (2008-2012), la gestione forestale²⁵ (*forest management*).

Nel processo di definizione delle regole applicative per il conteggio delle attività di gestione forestale, si è tenuto conto del fatto che gli incrementi degli *stock* di carbonio forestali possono essere in parte dovuti a:

- fattori indipendenti dalle attività umane (fattori naturali);
- fattori legati ad attività antropiche ma non *human induced*, quali, ad esempio, la cosiddetta "*CO₂ fertilization*" ovvero gli incrementi di crescita da parte delle foreste causati dall'aumento della CO₂ in atmosfera, o le deposizioni di azoto sul suolo,
- fattori legati alla struttura per classi di età delle foreste (foreste giovani assorbono carbonio a tassi maggiori rispetto a foreste vetuste).

Pertanto sulla base degli Accordi di Marrakesh²⁶ è stato introdotto un limite massimo ai

24 Strumento proprio del Registro Nazionale dei serbatoi di carbonio agro-forestali.

25 Forest Management: è un sistema di pratiche di gestione ed uso di aree boscate orientato all'adempimento delle funzioni ecologiche (tra cui la biodiversità), economiche e sociali, e comprende le emissioni dalle sorgenti e gli assorbimenti dai sink (UNFCCC 2005).

26 COP 7, Novembre 2001, in cui 40 Paesi hanno sottoscritto il Protocollo di Kyoto e ha stabilito le modalità ed i

crediti potenzialmente utilizzabili, differenziato per ogni singolo paese²⁷. All'Italia, a seguito di una revisione chiesta dal governo italiano, è stato concesso un limite di rendicontabilità in termini relativi molto elevato: 10,2 MtCO₂ equivalenti per anno, pari a 2,78 Mt di carbonio (Pilli *et al.*, 2006; Federici *et al.*, 2008). Mentre, come già accennato, non vi è nessun limite al conteggio dei crediti derivanti dagli assorbimenti netti delle attività previste dal comma 3.3 del PK.

Secondo quanto stabilito dal Protocollo di Kyoto, all'Unione Europea spetta un impegno di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera pari all'8% rispetto ai quantitativi emessi nel 1990. Attraverso il meccanismo di ripartizione degli sforzi, il cosiddetto *burden sharing*, che l'UE ha adottato, all'Italia spetta un impegno di riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra in atmosfera pari al 6,5 % rispetto ai livelli del 1990.

Tenendo conto che la riduzione della concentrazione dei gas ad effetto serra in atmosfera si può raggiungere tramite la diminuzione diretta delle emissioni ma anche attraverso l'aumento dei *sink* di carbonio, è chiaro il ruolo fondamentale che le foreste svolgono contribuendo in maniera diretta all'assorbimento della CO₂. Il contributo delle foreste italiane è stato chiaramente evidenziato nel "Piano Nazionale per la riduzione dei gas serra 2003-2010" in cui ad esse è stato attribuito un potenziale di assorbimento pari a 16,2 Mt di CO₂ per il periodo di impegno 2008-2012 (MATT, 2002)

Si tratta del potenziale di crediti di carbonio stimato per le attività *Land Use, Land-Use Change and Forestry* (LULUCF), che il Governo nazionale (Tab. 6) ha fatto proprio portandolo all'interno del pacchetto degli impegni proposti per far fronte agli obblighi assunti a livello internazionale. Il potenziale dei crediti derivante dalle attività LULUCF è ottenuto sommando gli assorbimenti provenienti dalle attività obbligatorie previste dall'articolo 3.3 del Protocollo di Kyoto (riforestazione naturale, afforestazione e riforestazione) e dal sistema dei "cap" stabilito per la Gestione Forestale (dec. 16 CMP1) che l'Italia ha scelto per il primo periodo di impegno (2008-2012) tra le attività eleggibili dell'art. 3.4.

La delibera CIPE è stata aggiornata nel corso del 2007 (delibera CIPE 166/2007) solo per la parte riguardante i valori di emissione del 1990 (517,0 Mt CO₂ eq) e dello scenario tendenziale al 2010, mentre non sono stati ancora pubblicati gli aggiornamenti delle azioni e delle misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di riduzione, pur essendo ormai vicini alla conclusione del primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto.

dettagli con cui le emissioni e le riduzioni di CO2 dovrebbero essere monitorate.

27 Nella definizione dei limiti stabiliti sono stati presi in considerazione i seguenti fattori: (a) un criterio oggettivo che fa corrispondere il limite al 15% dell'incremento netto degli stock di carbonio delle foreste gestite, utilizzando una combinazione di dati forniti dalle Parti e dalla FAO; (b) Le circostanze nazionali, come il livello di sforzo che le Parti dovranno sostenere per adempiere gli impegni sottoscritti nel Protocollo di Kyoto, ed il tipo di gestione forestale applicata nel Paese.

Tabella 6 - Potenziale nazionale massimo di assorbimento di carbonio

Articoli del protocollo di Kyoto	Assorbimento (MtCO ₂ /anno eq.)
Art. 3.4: Gestione forestale	10,2
Art. 3.3: Riforestazione naturale	3,0
Art. 3.3: Afforestazione e riforestazione (vecchi impianti)	1,0
Art. 3.3: Afforestazione e riforestazione (nuovi impianti)	1,0
Art. 3.3: Afforestazione e riforestazione (nuovi impianti) su aree soggette a dissesto idrogeologico	1,0
Totale	16,2

Fonte - Delibera CIPE 123/2002 e s.m.i.; Lumericisi, 2006. (I termini Afforestazione e Riforestazione usati nell'articolo 3 comma 3 di ratifica del PK sono riconducibili ai termini di Imboschimento e Rimboschimento).

L'ultimo Inventario Nazionale dei Gas Serra (*Italian Greenhouse Gas inventory 1990-2009*, Ispra-MATTM) fornisce il dato più aggiornato sul contributo del settore agli obiettivi nazionali di riduzione di emissione. L'inventario indica un valore delle emissioni totali italiane pari a 541,75 MtCO₂ per il 2008, primo anno del periodo di impegno, corrispondente ad un incremento rispetto al 1990 del 4,7%. Per il 2009 invece l'inventario riporta un valore delle emissioni totali italiane pari a 491,12 MtCO₂ che corrisponde ad una riduzione di ben il 5,4% rispetto al valore del 1990.

Ciò significa che, da qui al 2012, l'impegno di ridurre le emissioni è passato dall'11,2% (4,7%+6,5%), per una quantità pari a 58,0 MtCO₂ eq l'anno sulla base dei dati di emissione del 2008, all'obiettivo attuale del 7,05% ([4,7%-5,4%]/2+6,5%), sulla base della media delle emissioni rilevate nei primi due anni del primo periodo di impegno, per una quantità pari a 36 MtCO₂ eq l'anno nel corso del quinquennio 2008-2012.

Seppure si tratti di valori più contenuti rispetto a quelli indicati nella delibera CIPE 123/2002, il contributo del settore rimane significativo, corrispondendo al 21,2% dell'impegno di riduzione delle emissioni, che grazie al settore forestale, verranno detratti al conteggio delle emissioni totali. Il tutto viene confermato dai dati riportati nell'ultimo documento prodotto dall'Italia, nell'ambito delle attività di *reporting* prevista dall'UNFCCC, dove si evidenzia il forte contributo che il settore LULUCF fornisce al raggiungimento degli impegni nazionali di riduzione di CO₂.

Nel 2009 l'effetto congiunto della crisi economica, dell'aumento della quota delle rinnovabili nei consumi energetici nazionali e del miglioramento dell'efficienza energetica ha portato il nostro paese molto vicino alla possibilità concreta di raggiungere entro il 2012 il target di Kyoto, un obiettivo che negli anni immediatamente precedenti la crisi, quando il target di riduzione era superiore al 15%, sembrava irraggiungibile.

Il ruolo che il settore forestale gioca in questa strategia è rilevante sia in termini relativi che assoluti: le variazioni degli stock di carbonio previste dall'uso delle attività LULUCF (nella sostanza le sole attività forestali, dal momento che quelle agricole non sono state selezionate dal Governo italiano per il primo periodo di impegno) sono pari per la sola gestione forestale a 10,2 Mt CO₂. Le 10,2 Mt CO₂ dell'Italia rappresentano ben il 24,0% di tutte le attività LULUCF

dell'UE-15 e il 33,7% dell'impegno italiano di riduzione delle emissioni per il primo periodo d'impegno. In comunicazioni ufficiali precedenti presentate dall'Italia all'UE (EEA, 2008) il contributo delle attività LULUCF era stato addirittura previsto pari a 25,3 Mt CO₂.

Tabella 7 - Contributo del settore LULUCF all'assorbimento di CO₂

Anni	Emissioni t CO ₂ compreso LULUCF	Emissioni t CO ₂ escluso LULUCF	Contributo di assorbimento del settore LULUCF
1990	457 362	519 157	61 795
1995	450 027	529 951	79 924
2000	472 749	551 640	78 891
2005	484 351	574 893	90 542
2006	466 947	563 911	96 964
2007	481 259	554 569	73 310
2008	448 921	541 749	92 828
2009	396 449	491 120	94 671

Fonte – Italia NIR 2011, Dati 1990-2009, rielaborati.

Sulla base dei dati più aggiornati disponibili al momento relativi al 2009 e recentemente pubblicati nel NIR 2011 (15 aprile 2011) si evidenzia dunque una significativa riduzione delle emissioni italiane con un minor impegno di riduzione (pari attualmente al 7,05%, per una quantità pari a 36 MtCO₂ eq l'anno nel corso del quinquennio 2008-2012) a cui potrebbe conseguire una minor esigenza di utilizzare il settore forestale "a copertura" della mancata riduzione delle emissioni. Ciò potrebbe significare che le attività forestali giocherebbero un ruolo di buffer nel reporting della strategia italiana di riduzione delle emissioni venendo in parte a coprire le difficoltà a migliorare il nostro modello energetico quando l'economia è in fase espansiva, riducendosi di importanza quando le emissioni, per cause diverse, diminuiscono. Se questa ipotesi fosse corretta, si tratterebbe di un uso strumentale delle attività LULUCF che poco ha a che fare con una corretta valorizzazione delle potenzialità del settore agricolo e forestale nazionale in una strategia di riduzione delle emissioni di gas di serra (Pettenella, Ciccarese, 2010)

Negli ultimi anni l'evoluzione degli interessi sociali e delle politiche ambientali hanno portato all'integrazione e all'utilizzo crescente di meccanismi economici che fanno leva sulle dinamiche e sulle modalità di funzionamento del mercato per garantire finalità sociali che il mercato da solo non è in grado di assicurare (Lattazzi, 2009). A tal proposito, in aggiunta alle iniziative intraprese dalle singole nazioni, il PK definisce tre strumenti di mercato, noti come meccanismi flessibili, a cui i Paesi dell'Allegato I²⁸ possono ricorrere per raggiungere i loro obiettivi nazionali di riduzione dei gas serra in maniera economicamente efficiente; essi sono:

Clean Development Mechanism (CDM): consente ai Paesi dell'Allegato I di investire in progetti in grado di ridurre le emissioni di gas serra da realizzare nei Paesi in via di sviluppo ma anche di favorire lo sviluppo tecnologico, economico e sociale dei Paesi ospiti. Per esempio un

28 Allegato I del PK.

Paese dell'Allegato I può finanziare in un altro in via di sviluppo, il cambio da una centrale elettrica a carbone a una a gas. Tra le tipologie di progetti accettati rientrano l'afforestazione e la reforestazione ma sono escluse attività tese alla riduzione della deforestazione e degradazione delle foreste (REDD);

Joint Implementation (JI): ammette la possibilità per i Paesi dell'Allegato I di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas serra in un altro Paese dello stesso gruppo e di utilizzare congiuntamente a esso i crediti derivanti. Mentre i CDM limitano le attività per il settore agroforestale alla sola afforestazione e riforestazione, questo meccanismo ammette anche tutte le attività addizionali definite nell'articolo 3.4 del PK;

Emissions Trading (ET): riconosce la condizione di esercitare un commercio di crediti di emissione tra i Paesi dell'Allegato I, per esempio tra uno che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo e un Paese che viceversa non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas serra. Questo meccanismo flessibile è stato implementato nell'Unione europea con la creazione dell'*Emission Trading System* (EU-ETS)²⁹.

L'UE-ETS, approvato con la Direttiva 87 del 2003 e reso operativo nel gennaio 2005, è attualmente il più grande mercato mondiale di scambio di quote di carbonio (Hamilton *et al.*, 2009). Nel definire lo schema di funzionamento dell'EU-ETS la Commissione europea, contrastando diverse aspettative sorte nel mondo agricolo e forestale, ha escluso la possibilità che gli investimenti nel settore primario possano essere utilizzati per generare crediti spendibili nel Mercato europeo delle quote³⁰.

3.1. I crediti di carbonio

Il *credito di carbonio* è stato definito come il corrispondente di una tonnellata di CO₂ equivalente assorbita (nel caso dei *sinks*) o non emessa (nel caso delle fonti). La nomenclatura assegnata ai crediti di carbonio differisce in base alle attività che li generano, come riportato in tabella 8. Il calcolo dei crediti avviene attraverso la quantificazione del bilancio netto delle emissioni/assorbimenti avvenuti nei 5 comparti di carbonio riconosciuti dagli Accordi di Marrakesh (biomassa epigea ed ipogea, lettiera, necromassa e carbonio nel suolo), e dovrà seguire le linee guida per le attività LULUCF approvate dall'IPCC (IPCC 2003). Un Paese può decidere di non conteggiare uno di questi comparti solo se dimostra che questo non sia una sorgente di emissioni. La quota di credito di CO₂ rappresenta l'oggetto di scambio del mercato.

29 Lo Schema, basato sulla modalità organizzativa cap and trade, impone a una serie di comparti economici più energy intensive di non superare annualmente un tetto di emissione (cap), specificato per ogni impianto. Le imprese possono, tuttavia, ridurre le proprie emissioni rispetto al cap allocato tramite interventi di risparmio energetico o la riduzione dei livelli di produzione, mettendo sul mercato (trade) le quote di emissione non utilizzare a favore di imprese con esigenze opposte.

30 Le prese di posizione della Commissione sono state a questo riguardo molto esplicite: l'EU-ETS è finalizzato a ridurre permanentemente le emissioni, gli interventi nel settore primario sono giudicati temporanei, di incerta misura e non comportano significativi trasferimenti tecnologici. Tra le lobby del settore agricolo e forestale si è manifestata una reazione negativa a tali decisioni e l'invito a riconsiderarle dopo il primo periodo di funzionamento dello Schema, invito che ha trovato la Commissione in una posizione di sostanziale chiusura. Rimane aperta la possibilità che le imprese coinvolte nell'EU-ETS utilizzino a fini energetici le biomasse, come altre fonti rinnovabili, nei propri impianti con conseguente riduzione delle proprie emissioni di CO₂ e una valorizzazione economica delle attività agro-forestali. Questa valorizzazione non avviene, tuttavia, tramite un esplicito e diretto coinvolgimento del settore primario nello scambio di quote.

Giuridicamente essa può essere definita, in analogia con il concetto di *Assigned Amount Units* (AAU) e *Removal Units* (RMU).

Tabella 8 - Definizione dei crediti di carbonio.

Acronimo	Definizione	Tipologia del credito di carbonio
AAU	<i>Assigned Amount Unit</i>	Rilasciato da un Paese Allegato I, sulla base del proprio limite della quantità di emissioni secondo gli articoli 3.7 e 3.8 del PK.
ERU	<i>Emission Reduction Unit</i>	Generato da un progetto JI (<i>Joint Implementation</i>) in base all'articolo 6 del PK.
RMU	<i>ReMoval Unit</i>	Rilasciato da un Paese Allegato I sulla base di attività LULUCF secondo gli articoli 3.3 e 3.4 del PK.
CER	<i>Certified Emission Reduction</i>	Crediti generati da progetti energetici CDM (<i>Clean Development Mechanism</i>) in base all'articolo 12 del PK.
ICER/tCER	<i>Long term/temporary Certified Emission Reduction</i>	Crediti generati da progetti CDM forestali (<i>Afforestation and Reforestation activities under Clean Development Mechanism</i>) in base all'articolo 12 del PK e alla decisione 19/CP9.

Fonte - Elaborazione Osservatorio Foreste INEA.

La quota di interesse forestale è costituita da quel diritto riconosciuto al proprietario e/o al gestore delle foreste, in relazione alla capacità di assorbimento di una tonnellata di biossido di carbonio in una definita unità di tempo. Si tratta di un bene intangibile, immateriale, non esplicitamente identificabile, temporaneamente bloccato nello *stock* forestale, la cui esistenza è legata alla certificazione rilasciata da apposito organismo terzo che ne individua l'ubicazione, la natura del bosco a cui è legato, nonché il possessore dello stesso. Essa è commercializzabile nella misura in cui acquisisce il carattere di bene privato puro, ovvero che assicuri l'escludibilità piena e la rivalità assoluta di ogni quota.

Oltre alle iniziative ufficiali portate avanti dalle istituzioni nazionali e internazionali, si sono diffuse in tutto il mondo anche azioni nate dall'interesse e dalla sensibilità della società civile, che hanno dato origine a un vero e proprio Mercato volontario parallelo al Mercato regolamentato. Le iniziative volontarie di riduzione e compensazione delle emissioni clima-alteranti si basano su diverse tipologie di intervento e su meccanismi di mercato analoghi a quelli adottati nelle politiche ambientali per l'attuazione del PK (JI, CDM, ET), pur non adempiendone le procedure formali.

Il Mercato volontario pur presentando grandi potenzialità di crescita, si sta sviluppando in modo poco omogeneo, con una variegata regolamentazione, nonché *standard* e sistemi di certificazione non sempre confrontabili. A livello mondiale esistono vari *standard* che danno vita ad altrettanti Mercati volontari, segmentati e non mutualmente riconosciuti. Ciascuno *standard* nel corso degli anni ha maturato un diverso livello di attendibilità che determina un diverso valore delle quote di carbonio, denominate *Verified Emission Reduction* (VERs).

Anche a livello nazionale vi sono vari *standard*, con una valenza molto circoscritta e una scarsa proiezione internazionale. In questo contesto sarebbe opportuno una standardizzazione dei metodi per la determinazione dei VER a livello internazionale e nazionale, condizione

essenziale per cui anche i mercati volontari possano essere riconosciuti e valutati nel contributo alla riduzione dei GHG. Per quel che attiene il mercato regolamentato questo discende rigidamente dalle disposizioni del PK e dell'ETS dell'UE (Direttiva. 2003/87/CE).

Altro nodo critico del Mercato volontario sta nella proprietà dei crediti. Infatti, ogni Stato rivendica i diritti per i crediti derivanti dalle proprie foreste. A rigor di logica invece, i VERs derivanti dal settore forestale dovrebbero appartenere ai proprietari che possono aumentare e/o amministrare con buone pratiche di gestione la superficie forestale (artt.3.3 e 3.4 del PK). Inoltre, si può registrare un problema di *double accounting* dei crediti sia tra i due mercati che internamente a quello volontario, considerando che i crediti derivati dal settore forestale sono già conteggiati dai Governi per il rispetto dei limiti concordati in sede di PK,

L'offerta potenziale nel Mercato volontario per il settore forestale è sostenuta da tutti i possessori di boschi, in forma diretta o mediata, che intendono collocare le quote maturate dalle proprie formazioni attraverso dei progetti di *carbon offset*, ovvero di compensazione del carbonio (Ciccarese, 2010b, 2011). La domanda è rappresentata da tutti coloro (individui, imprese, società, istituzioni, etc.) che intendono volontariamente compensare le loro emissioni di GHG, per motivi etici, ambientali, commerciali o di altra natura, comunque non riconducibili agli obblighi derivanti dal PK. La quota di carbonio, (VER), è commercializzabile nell'ambito del mercato che si riconosce su uno degli Standard. Ciascuno standard ha un proprio Registro dei possessori delle quote conferite, con organizzazione e procedure autonomamente definite³¹.

Attualmente il PK, seppur con dei limiti, ammette i contributi derivanti dalle foreste nazionali ai sensi dell'art. 3.3 e 3.4, nonché dei CDM e JI relativi a progetti di imboschimento/rimboschimento, mentre l'ETS europeo esclude in toto la parte forestale. Nella prospettiva che vengano superate queste eccezioni, dando la possibilità al settore forestale di fornire appieno il suo contributo, la situazione nazionale si caratterizza per l'attivazione del Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio Agroforestali³² (Lumicisi, 2008).

Il Registro è stato deputato alla quantificazione e certificazione dei crediti derivanti dal settore forestale generato dalle attività definite nei commi 3 e 4 dell'art. 3 del Protocollo e ha il compito di:

- quantificare, in conformità con le decisioni adottate dall'UNFCCC e in accordo con le linee guida e buone pratiche fornite dall'IPCC, l'assorbimento di carbonio generato dalla superficie nazionale, in conseguenza di attività di LULUCF;
- certificare l'assorbimento di carbonio ai fini della riduzione del bilancio netto

31 Si cita la recente attivazione del CarboMark su iniziativa delle Regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia (sito: <http://www.carbomark.org/>).

32 Istituito presso la direzione generale competente del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con il decreto ministeriale del primo aprile 2008 (GU n. 104 del 5-5-2008); Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) è responsabile della realizzazione, della tenuta e della gestione del Registro, nonché delle attività di archiviazione e implementazione delle sue banche dati, avvalendosi, per l'espletamento di attività aventi carattere coordinato e strumentale, dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, ex-APAT) e del Corpo Forestale dello Stato (CFS), sotto la vigilanza della competente Direzione generale del MATTM, mentre il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MIPAAF) contribuisce alla realizzazione e gestione del Registro attraverso le attività istituzionali del CFS. Le modalità di costruzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio, basate su rilievo statistico campionario, non consente al momento di attribuire ad unità territoriali (esempio particelle catastali o forestali) titolo di possesso ed entità delle quote di assorbimento di CO₂ di spettanza;

nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra, quale parte integrante del “Sistema nazionale per la realizzazione dell’Inventario nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas-serra”;

È opportuno sottolineare che la sua attivazione impone regole estremamente rigide, in particolare per quel che concerne la dimostrazione della addizionalità, permanenza e *noleakage*. La misurazione ed il monitoraggio delle quote devono rispondere a requisiti di trasparenza, accuratezza, comparabilità, assicurando la tracciabilità degli scambi. Su queste tematiche, ad oggi, vi è vasta letteratura a cui dovrebbero seguire delle iniziative operative.

I due Mercati (volontario e regolato) fino al 2012 rimarranno separati. Dopo questa data si vedrà se le regole del Protocollo di Kyoto cambieranno al fine di permettere un’estensione della contabilità ufficiale anche a soggetti al momento non ammissibili (Lumicisi, 2009).

L’esistenza di questi due Mercati implica quindi, la necessità di dover regolamentare la proprietà delle quote. A tal proposito il Registro istituzionale potrà dare risposta sulla problematica del *double counting* (doppio conteggio), definendo un sistema di regolamentazione tra i due mercati dove le quote conteggiate per il Registro non potranno essere conteggiate nel Mercato volontario, lasciando ai gestori il riconoscimento del servizio offerto tramite la gestione delle proprie quote come già accade in altri Paesi europei.

Il Registro nazionale dei crediti è composto da 4 strumenti tecnici “tra loro coordinati”, in grado di fornire tutte le informazioni necessarie per la compilazione delle tabelle di *reporting e accounting* previste dal Protocollo di Kyoto:

- **Inventario dell’Uso delle Terre d’Italia (IUTI)**, necessario per la realizzazione di una serie temporale delle aree soggette, in modo predominante, ad uso forestale, in cui siano distinte le aree in cui l’uso forestale è divenuto predominante dopo il 31 dicembre 1989, e di una serie temporale delle aree in cui l’uso forestale non è più predominante dalla stessa data.
- **Inventario degli Stock di Carbonio d’Italia (ISCI)**, necessario per la quantificazione degli stock di carbonio e della loro dinamica nelle aree identificate nell’Inventario dell’ IUTI.
- **Censimento degli Incendi Forestali d’Italia (CIFI)**, necessario per l’identificazione e la quantificazione delle superfici percorse da incendio, nel periodo compreso tra il 1 gennaio 2008 e il 31 dicembre del 2012.
- **Inventario delle Emissioni da Incendi Forestali (IEIF)**, necessario per la quantificazione delle emissioni degli altri gas ad effetto serra (CH_4 e N_2O) dalle sorgenti riportate nel CIFI, nel periodo compreso tra il 1 gennaio 2008 e 31 dicembre 2012.

Il Registro così concepito, di fatto, mette in conto tutto il carbonio sequestrato dai boschi italiani, indipendentemente dalla proprietà di tali foreste e dall’origine delle attività di gestione. Infatti lo IUTI si basa su di un sistema di campionamento statistico inventariale che fornisce una stima dell’ammontare totale delle aree sottoposte a gestione forestale e a ARD dal 1990 su scala regionale, non permettendo l’identificazione geografica univoca delle aree sottoposte a tali attività, l’identificazione delle cause delle attività e la proprietà dei terreni su cui vengono svolte. Di conseguenza, al momento è escluso un meccanismo di remunerazione diretta per chi avesse avuto intenzione di fare del rimboschimento e gestione forestale nell’ambito del Protocollo di Kyoto un’attività di impresa.

Come precedentemente accennato, ciò non esclude che il Registro si possa dotare, in un secondo momento, di un sistema d’integrazione su base censuaria che permetta l’attribuzione dei crediti al singolo proprietario terriero, pubblico o privato. Il crescente interesse da parte

degli Enti pubblici locali e degli stessi proprietari dovrebbe portare ad esercitare una reale pressione sul MATTM affinché si possano creare condizioni di mercato per i crediti agro-forestali sia a livello nazionale che volontario.

3.2. Negoziato per il post-2012

Nel processo negoziale per il periodo successivo al primo periodo di impegno (2008-2012) del Protocollo di Kyoto il settore agro-forestale ha assunto un ruolo chiave al fine della definizione degli obiettivi di riduzione nel secondo periodo d'impegno, poiché dalle regole di conteggio di tale settore dipende il contributo che questo settore può apportare al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas-serra. La base del negoziato per il tema LULUCF sono gli Accordi di Marrakesh del 2001 (Decisione 16/CMP.1), cui vengono proposte dal lievi a sostanziali modifiche (Schlamadinger *et al.*, 2007a; Schlamadinger *et al.*, 2007; Cowie *et al.*, 2007) che di fatto hanno riaperto il negoziato su tale settore.

Seppur inizialmente fossero state avanzate ipotesi alternative, l'approccio generale rimarrà sostanzialmente basato sulle attività specifiche (*activity based approach*): solo le attività direttamente indotte dall'uomo potranno generare crediti/debiti, di fatto garantendo l'elasticità di conteggio che caratterizza questo settore e la conseguente possibilità per i paesi con obblighi di riduzione di optare per alternative di mitigazione ai cambiamenti climatici a costi più bassi rispetto alle riduzioni di emissioni nel comparto energetico/produttivo. Per quanto riguarda le attività addizionali dell'Articolo 3.4, nel testo negoziale attualmente in discussione, sono state confermate le attività attualmente presenti (Rivegetazione, Gestione forestale, Gestione dei pascoli, Gestione delle colture agrarie) alle quali si propone di aggiungere la gestione delle zone umide/torbiere. Per ognuna di queste attività viene proposto sia il sistema facoltativo di contabilizzazione sia obbligatorio di tutte le attività. L'opzione che al momento sembra essere la più probabile è il conteggio obbligatorio della sola 'gestione forestale', lasciando le altre attività su base elettiva a discrezione del Paese. Per quanto riguarda il sistema di conteggio dei crediti derivanti dalla gestione forestale, due sono le opzioni attualmente presenti sul tavolo negoziale:

- conteggio dei cambiamenti di stock di carbonio che avvengono durante il periodo d'impegno fino ad un limite massimo definito *a priori* (come è attualmente) o con applicazione di un fattore di sconto;
- definizione di un livello di riferimento, basato su proiezioni future, che possa costituire una base di confronto con i cambiamenti di *stock* di carbonio che avvengono durante il periodo d'impegno.

Il secondo metodo di conteggio è basato sul confronto del bilancio di emissione/assorbimento delle foreste all'interno del periodo d'impegno con quelli riferiti ad un livello di riferimento (*reference level*). Questo metodo è applicato a tutti gli altri settori non LULUCF, per i quali i livelli di emissione sono attualmente confrontati con i livelli del 1990. Per la sola gestione forestale si propone di effettuare il confronto con un livello di riferimento basato su proiezioni future stabilite *a priori*, secondo dei criteri prestabiliti, prima dell'inizio del periodo d'impegno. Tale livello dovrà rappresentare il bilancio netto delle emissioni/assorbimenti delle foreste sottoposte a attività di gestione, cui confrontare i bilanci netti durante il periodo d'impegno, generando debiti nell'eventualità che gli assorbimenti diminuiscano rispetto a tale livello e, viceversa, crediti nel caso in cui gli assorbimenti invece aumentino. Questo sistema dovrebbe garantire uno stimolo verso azioni virtuose nel settore

forestale (attualmente limitate dal limite massimo prestabilito per ogni paese): solo politiche e misure mirate all'aumento degli assorbimenti rispetto a quanto sequestrato con le normali pratiche forestali genererà crediti, mentre forme di gestione che per la loro insostenibilità impoveriscono la risorse forestale e le sue capacità rinnovative, genereranno dei debiti.

Anche se concettualmente il sistema proposto presenta dei vantaggi in termini di stimoli per il settore, il metodo si presenta eccessivamente macchinoso, con notevoli margini di incertezza, rendendo il settore dipendente da proiezioni stabilite a priori caratterizzate da alte incertezze di stima. Questa opzione incontra il favore della maggior parte dei paesi UE e anche extra UE, con l'eccezione del Giappone e della Russia.

Il testo negoziale introduce altri nuovi elementi che dovranno essere tenuti in considerazione, quali l'esclusione dal conteggio delle emissioni di gas-serra legate a disturbi naturali, definiti di "forza maggiore" (quali ad esempio incendi di vasta portata o uragani, anche se su aree gestite, ma fuori dal controllo delle Parti)- seppur con specifiche limitazioni - e l'inserimento nel sistema di conteggio del carbonio emesso/assorbito dai prodotti legnosi (*harvested wood products*).

Nel processo negoziale, i Paesi in via di sviluppo hanno finora dimostrato una notevole attenzione a limitare l'uso del settore LULUCF. L'inserimento delle misure relative ai disturbi naturali, ai prodotti legnosi, natura volontaria di alcune attività dell'articolo 3.4, sono viste come strumenti di flessibilità che possono portare ad un abuso del contributo del settore, con conseguente deviazione degli sforzi rispetto all'obiettivo finale della convenzione . Conseguentemente, i Paesi in via di sviluppo hanno proposto di limitare l'uso del settore LULUCF ponendo un tetto massimo (*cap*) ai crediti derivanti da tali attività. Ancora non è stato definito nel dettaglio il criterio di calcolo di tale limite, una delle opzioni più probabili vede il tetto massimo pari al 3% e il 5% delle emissioni al 1990 (corrispondente per l'Italia a 15 e 25 MtCO₂, rispettivamente).

4. Variazioni climatiche e patrimonio forestale

Un aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ potrebbe, in linea teorica, essere di beneficio per la crescita dei popolamenti vegetali del pianeta, ma il contestuale effetto nell'aumento delle temperature e di prolungati periodi di siccità comporta una maggiore vulnerabilità agli attacchi patogeni e ai danni da stress idrico e termico sia per le singole specie che per interi popolamenti forestali. Di conseguenza la capacità dei popolamenti forestali di svolgere funzioni di stoccaggio di CO₂, dipende dalla risposta della vegetazione stessa ai cambiamenti climatici (Groot N., 2011).

A livello scientifico è ormai comprovato come l'aumento dei gas serra in atmosfera contribuisca in modo importante al generale incremento della frequenza e persistenza delle alte temperature rilevato a scala mondiale³³, europea³⁴, mediterranea³⁵ e italiana³⁶. Secondo Gualdi et Navarra (2005), la temperatura della Terra è oggi circa 0,6°C più alta rispetto agli inizi del 20^{mo} secolo e le precipitazioni continentali sono maggiori del 5%-10% con particolari incrementi nel periodo 1995-2000 rispetto al periodo di riferimento.

Gli scenari simulati per differenti comportamenti antropogenici nel prossimo secolo dai Modelli Climatici Globali (GCM³⁷) riportano le possibili fluttuazioni del clima; questi comparati con i modelli dinamici di Vegetazione (Global DGVMs) evidenziano come le variazioni di temperatura e precipitazioni influenzeranno la vegetazione terrestre e in particolare la distribuzione forestale, permettendo contestualmente di comprendere la loro risposta ai cambiamenti climatici e le implicazioni degli effetti del cambiamento climatico sulle loro capacità di stoccaggio del carbonio.

Nel prossimo secolo, secondo i diversi modelli climatici si osserverà in Europa un aumento globale della temperatura media annuale tra 2,8°C e 4,8°C, mentre per le precipitazioni si registrano dati differenti da una proiezione all'altra (CSIRO prevede un aumento delle precipitazioni superiori a 25 mm/anno; CCMA e ENS prevedere un leggero aumento (~10 mm/anno); HADCM3 prevedere una diminuzione delle precipitazioni (- 20 mm / anno), e leggere variazioni per gli altri modelli (~ -1 a +5 mm/anno).

Gli scenari climatici nelle aree europee e mediterranee (Gualdi et Navarra, 2005) sembrano indicare che il riscaldamento globale è più accentuato in inverno nelle regioni europee centrali, orientali e in Asia Minore, e in estate nell'Europa meridionale e Nord Africa. Rimane comunque la tendenza a estati più calde e asciutte e all'espansione di zone semiaride in tutta Europa (Peguero-Pina et al., 2007).

Ciò è dimostrato anche dagli studi condotti da Dobbertin M. et al. nelle alpi svizzere, dove viene evidenziato come, in un contesto in cui si è registrato un aumento della temperatura media annua di 1,6°C negli ultimi 100 anni, (concentrato principalmente durante i mesi

33 EEA, 2011; Kisely et al., 2011; IPCC, 2007; Beniston et Stephenson, 2004; Brewer et al., 2007; Horton et al., 2001; Manton et al., 2001.

34 EEA, 2011; Yan et al., 2002; Klein Tank and Konnen, 2003.

35 Attorre et al., 2008; Bartolini et al., 2008; IPCC, 2007; Macias et al., 2006.

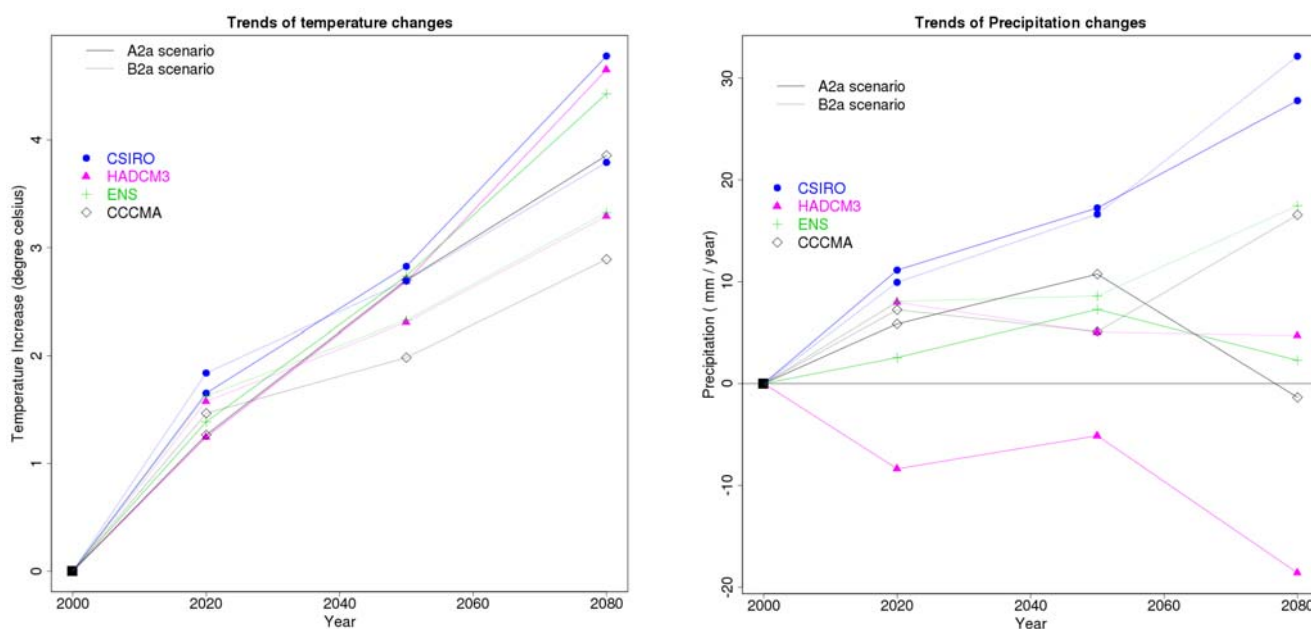
36 Toreti et Desiato, 2008; Brunetti et al., 2006; Kumar et al., 2005.

37 Previsioni a scala globale IPCC, 2001 SRES: HADCM3 (Hadley Centre Accoppiato Modello versione 3-Collins et al., 2001); • CCCMA (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis - Kim et al., 2003); • CSIRO (Commonwealth Scientific Industrial and Research Organisation - Gordon et O'Farrell, 1997).

invernali), negli ultimi 30 anni anche la temperatura estiva sia aumentata ad un ritmo crescente.

Tale andamento presenta i suoi effetti in particolare nelle valli alpine interne³⁸ dove si registrano una diminuzione delle precipitazioni annue minime fino a 600 mm e frequenti condizioni di forte siccità estiva e con ondate di calore. In queste condizioni, in particolare a causa delle ridotte disponibilità d'acqua, i popolamenti di pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) presentano forti segni di stress e alta mortalità, mentre si registra una maggiore vigoria e aumento nella rinnovazione e diffusione della roverella (*Quercus pubescens* Willd.).

Figura 2 - Variazioni medie annuali cumulate della temperatura e delle precipitazioni per il prossimo secolo in base a diversi modelli e scenari IPCC.



Fonte - The European Forest Data and Information System (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/>).

Il bacino del mediterraneo registra una riduzione delle precipitazioni di oltre il 20% tra i mesi di Aprile e Settembre (Giorgi, 2006). In particolare nelle aree meridionali del mediterraneo centro-occidentale, le precipitazioni si sono ridotte in modo significativo nel periodo 1951-1995 (Piervitali, 1998), mentre per l'Italia le riduzioni si registrano nel periodo 1833-1996 (Buffoni *et al.* 1999). Si assiste inoltre in quest'area a sempre più frequenti e intensi eventi climatici estremi (Meehl *et al.* 2004; Stott *et al.*, 2004), come ad esempio trombe d'aria e periodi prolungati di condizioni siccitose (Brunetti *et al.*, 2001). Tuttavia, ulteriori studi sembrano qui necessari soprattutto in relazione alla variabilità degli andamenti di precipitazione nel Mediterraneo laddove emergono incertezze riguardo al lungo termine (Reiser *et al.* Kutiel, 2010), e dove le conoscenze sulle relazioni tra andamenti e periodicità della

³⁸ Lo studio di Dobbertin M. *et al.* è stato condotto nella valle del Rodano svizzero.

circolazione marina ed atmosferica globali sembrano da approfondire ulteriormente a livello regionale-locale (D'Aprile, 2011, com. per.)

Studi condotti in Italia centrale e meridionale sugli andamenti di temperatura per i cento anni precedenti gli anni '90 hanno evidenziato un aumento della temperatura minima media di 0,46°C/100 anni e della temperatura media massima di 0,50°C/100 anni, (Brunetti *et al.*, 2000b, 2004, Bartolini *et al.*, 2008). Gli studi di Brunetti (*et al.*, 2006) hanno accertato, in generale in Italia, un *trend* positivo di temperatura media, più accentuato per le minime che per le massime, di circa 1°C per secolo nel periodo 1865-2003. Tuttavia, è stato altresì rilevato che negli ultimi 50 anni circa sono state le temperature massime a salire più delle temperature minime (Brunetti *et al.*, 2000, 2004, 2006). Questi risultati sembrano confermare altri studi che hanno evidenziato un aumento di temperature e relativi estremi ben più rapido a iniziare dalla fine degli anni '70, seguiti da un periodo di leggero raffreddamento (Founda *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2005).

Le precipitazioni mostrano invece una tendenza alla riduzione; questa risulta bassa e raramente significativa con un *trend* negativo di circa il -5% per secolo su base annua. Quindi, in Italia, gli andamenti delle temperature e delle precipitazioni annuali e stagionali dal 1865 al 1996 sono frequentemente opposti; ne risulta che in tale periodo il clima italiano è diventato più caldo e più asciutto. Tuttavia, appare di grande importanza la verifica a livello zonale degli andamenti climatici in quanto tendono a diversificarsi. Ad esempio, a questo andamento farebbe eccezione l'inverno del Nord- Italia fino al 1980, in cui temperature e precipitazioni avrebbero un andamento positivamente correlato (Brunetti *et al.*, 2001).

In Calabria, diversamente, si assiste a una riduzione delle precipitazioni annuali e autunno-invernali per un periodo di almeno 50 anni sino al 2000, accompagnato da un certo aumento della precipitazione estiva (Caloiero *et al.*, 2011). In Campania l'andamento delle precipitazioni annuali e stagionali appare prevalentemente negativo (periodo 1918-1999) ma positivo in estate (Longobardi *et Villani*, 2010). In Toscana, la temperatura media negli ultimi 50 anni è aumentata di circa 0.9 °C e leggermente di più riguardo alle massime; i maggiori aumenti si registrano in primavera ed estate (Bartolini *et al.*, 2011). L'area montana appenninica della Toscana mostra un decremento delle precipitazioni annuali dagli anni '30 sino alla metà degli anni 2000, e dove i dati sono disponibili tale riduzione sembra comparire già dai primi del 1900 (D'Aprile *et al.*, 2011).

In generale il tasso di crescita delle temperature medie in Italia negli ultimi 50 anni è molto superiore a quello medio globale (quasi il doppio), mentre le precipitazioni totali sono diminuite su tutto il territorio nazionale, maggiormente nelle regioni centro-meridionali rispetto a quelle settentrionali. Inoltre si registra una diminuzione dei giorni di pioggia (diminuzione pari a circa 6 giorni per secolo nelle regioni settentrionali e circa 14 giorni nel centro-sud), a cui corrisponde un aumento dell'intensità delle precipitazioni e della durata e frequenza dei fenomeni siccitosi in inverno nelle regioni settentrionali e in estate nelle regioni meridionali. A causa della riduzione delle precipitazioni e l'incremento dell'evapotraspirazione e dei prelievi idrici, le risorse idriche³⁹ complessive del nostro paese tendono a diminuire.

39 Valutate attualmente intorno ai 50 miliardi di metri cubi per anno, distribuite fra nord (41%), centro (26%), sud (20%) e isole (6%).

Figura 3 - Mappa della sensibilità alla desertificazione



Fonte: EEA, 2001, da *Il Progetto RIADE sulla desertificazione*, Iannetta M. Agiregionieuropa, giugno 2007.

Ai fenomeni di innalzamento delle temperature medie e di diminuzione delle precipitazioni si aggiunge la perdita in termini di qualità dei suoli, che tendono a degradarsi con il diffondersi dei fenomeni di desertificazione, in particolare nelle aree meridionali e non solo per problemi di carattere climatico⁴⁰. In questo contesto molto interessanti risultano gli studi iniziati dall'Agenzia Ambientale Europea (EEA) insieme all'ENEA, che hanno realizzato una carta della sensibilità dei Paesi del bacino del Mediterraneo alla desertificazione.

Dalla studio si evidenzia come il 3,7% del territorio italiano risulti molto vulnerabile, il 32,15% vulnerabile ed il 64,11% poco vulnerabile nelle presenti condizioni climatiche e con gli attuali utilizzi del territorio. Secondo gli scenari futuri previsti queste percentuali tenderanno a variare a discapito delle regioni meridionali ed insulari, dove le condizioni ambientali sono più sfavorevoli e l'agricoltura, la pastorizia e le altre attività dell'uomo risultano più vulnerabili (Iannetta M. 2007).

⁴⁰ Ne sono responsabili anche cambiamenti di utilizzo del suolo, sovrasfruttamento, incremento degli incendi boschivi, erosione, salinizzazione, perdita di sostanza organica, impermeabilizzazione, forte ruscellamento a causa di eventi alluvionali, ecc.

Le aree aride, semi aride e sub-umide secche che si trasformano in aree degradate interessano attualmente il 47% della Sicilia, il 31,2% della Sardegna, il 60% della Puglia e il 54% della Basilicata (ENEA, CNR, APAT). Nonostante ciò e malgrado molte indagini sui cambiamenti climatici siano realizzate su larga scala⁴¹ o a livello nazionale⁴², l'IPCC (1995, 2001, 2007) sottolinea il bisogno di informazioni più dettagliate sui modelli regionali e locali del cambiamento climatico, aspetto che risulta di notevole interesse per la valutazione degli impatti o delle influenze che le variazioni climatiche possono avere sulle risorse naturali e in particolar modo su quelle forestali. Per tali motivi gli studi a scala regionale o locale⁴³ sono necessari e molto importanti per il contesto nazionale.

Nello specifico, su piccola scala le variazioni di temperatura risultano più influenzate dalla conformazione locale del territorio (tra i fattori più importanti abbiamo: pendenza, esposizione e ventosità anche alla stessa altitudine) rispetto alle precipitazioni (Douguédroit *et De Saintignon*, 1970); viceversa, all'aumentare della distanza una certa similarità degli andamenti tende a ridursi più con le precipitazioni che con le temperature (Rolland, 2002; Buttafuoco *et al.*, 2011). Ciò suggerisce che a scala locale gli andamenti e/o la variabilità di precipitazioni e temperatura mostrino modificazioni che possono non essere rilevate da modelli di cambiamento climatico a scala più larga, non permettendo così di valutare completamente gli effettivi impatti sugli ecosistemi naturali, comprese le foreste.

La variabilità delle modificazioni climatiche a livello locale può essere molto significativa nell'influencare la crescita delle popolazioni vegetali più di altri fattori e/o impattare sui sistemi forestali in modo diverso in aree diverse (Pederson N., 2011). Ad esempio, analisi condotte sulla variabilità climatica (precipitazioni e temperature) nell'Appennino Toscano (D'Aprile *et al.*, 2010, 2011) hanno mostrato che a fronte di un'apparente omogeneità dell'andamento delle temperature medie stagionali della fascia montana in alcune stazioni, in realtà gli andamenti in alcuni periodi si differenziano in modo significativo, irregolare e disomogeneo. In particolare, si nota che la similarità degli andamenti delle temperature medie mensili fra siti diversi varia irregolarmente e notevolmente in alcuni periodi del 20^{mo} secolo anche a breve distanza (D'Aprile *et al.*, 2010), come pure accade nelle precipitazioni mensili (D'Aprile *et al.*, 2011), che l'aumento della temperatura media invernale in alcune zone (es.: Camaldoli, m1111 slm.) passa intorno alla metà degli anni '50 da un regime minore di 0°C a uno progressivamente maggiore di 0°C, che negli anni '60 le temperature medie stagionali e mensili erano molto più alte di quelle delle decadi successive all'Abetone, e altro. Questo comporta che anche gli impatti o gli effetti sulle foreste, anche per la medesima specie, e le relative reazioni possano variare anche a breve distanza.

Dalle ricerche e dalle analisi climatiche effettuate su grande e piccola scala i boschi italiani possono essere essenzialmente ricondotti agli scenari prospettati a livello Europeo per le foreste della regione Mediterranea, che risulta caratterizzata da incrementi delle temperature medie e della frequenza ed intensità di severe siccità pur nell'ambito di una non trascurabile variabilità di situazioni e variazioni climatiche a livello locale. In questo contesto il patrimonio forestale italiano può presentare elevati livelli di vulnerabilità dovuti a:

41 IPCC, 2007; EEA, 2010; Hadjinicolaou *et al.*, 2011; Jokinen *et Jylha*, 2011; Camuffo *et al.*, 2010; Longobardi *et Villani*, 2010.

42 Brunetti *et al.*, 2006; Domonkos *et Tar*, 2003; Michna *et Schuepbach*, 2003.

43 D'Aprile *et al.*, 2011; Bartolini *et al.*, 2008; Rapetti *et Vittorini*, 1988; Kumar *et al.*, 2005.

- **incremento del rischio di siccità** dovuto all'aumento delle temperature e alla diminuzione delle precipitazioni, soprattutto nel periodo estivo, con conseguente:

- o riduzione dell'attività fotosintetica e della produttività dei soprassuoli forestali. Le produzioni legnose dovrebbero complessivamente ridursi, in quanto l'effetto negativo dell'aumento della temperatura sarà probabilmente non compensato dagli effetti positivi della crescente concentrazione atmosferica di CO₂ ma non appare ancora ben chiaro se l'aumento della temperatura possa anche stimolare un aumento di produttività in quelle fasce latitudinali e/o altitudinali dove la lunghezza e/o intensità del ritmo di crescita sia limitato da temperature attualmente mediamente al di sotto delle ottimali. La produzione di prodotti non legnosi, in particolare funghi epigei e ipogei, dovrebbe essere influenzata negativamente dalla diminuzione delle precipitazioni e dall'aumento della siccità;

- o modificazione degli equilibri pianta-patogeno con aumento di fitopatologie e relativo incremento della instabilità e/o vulnerabilità di ecosistemi forestali;

- **ondate di calore e prolungate siccità** che accentueranno ulteriormente il rischio di incendi, nonché la diffusione di insetti patogeni termofili favoriti da condizioni ecofisiologiche di *stress* determinate dalla siccità.

Nonostante le variazioni climatiche riscontrate è molto importante considerare appieno che le "risposte" delle specie forestali possono variare con la regione bioclimatica ed il contesto ambientale e, soprattutto, non sono sempre prevedibili o quantomeno mostrano a volte comportamenti diversi da quelli attesi, stante anche la probabile influenza di altri fattori ambientali modificati dall'azione umana⁴⁴. Ad esempio, l'abete bianco negli anni '90 mostra gli accrescimenti radiali maggiori di tutto il 20^{mo} secolo nell'Appennino toscano (D'Aprile *et al.*, 2008), come l'abete greco (*Abies cephalonica*) sembra indicare una forte accelerazione dell'accrescimento nella seconda metà del 20^{mo} secolo sul monte Ainos a Cefalonia (Koutavas, 2008). D'altronde però, un incremento dell'accrescimento di specie forestali nelle recenti decadi in varie regioni europee è noto mentre le origini di ciò non sembrano ancora del tutto comprese (Filipiak *et Ufnalski*, 2004; Lingua, 2010; Dury *et al.*, 2011).

Vi è quindi la necessità, non procrastinabile, di verificare dove e come, anche nel patrimonio forestale nazionale, le variazioni nella distribuzione delle temperature e delle precipitazioni possano essere una limitazione per alcune tipologie forestali ed eventualmente di stimolo per altre, ai fini sia della conservazione naturalistico-ambientale e della gestione sostenibile delle risorse forestali che dell'uso compatibile con il mantenimento e miglioramento dei servizi e produzioni economico-ambientali nel futuro.

4.1. Vulnerabilità dei boschi italiani al cambiamento climatico

La notevole dipendenza della distribuzione e crescita delle composizioni floristiche, delle associazioni vegetazionali e dei gruppi funzionali di specie forestali dal clima è fatto comunemente noto. È altresì intuitivo comprendere che variazioni del clima oltre quei *patters* di variabilità e di soglie limite che caratterizzano un dato tipo climatico o anche una condizione climatico-ambientale "ordinaria" per una o più specie vegetali, possono costituire "pressioni o spinte" verso cambiamenti floristico-strutturali e fitosociologici nel medio o lungo periodo

⁴⁴ Johnson *et Abrams*, 2009; Leal *et al.*, 2008; Pinto *et al.*, 2007.

verso spostamenti geografici e/o altitudinali delle formazioni forestali (EEA, 2008, 2011).

Inoltre, gli effetti delle alterazioni climatiche interessano anche gli aspetti fitopatologici in maniera che sembra sempre più determinante (Shaw et Osborne, 2011; Sturrock *et al.*, 2011).

Nell'Europa occidentale, Lenoir *et al.* (2008) hanno identificato uno spostamento altitudinale medio di 29 metri per decade, mettendo a confronto 171 specie su un gradiente di elevazione di 2.600 metri con riferimento ai periodi 1986-2005 e 1905-1985. Secondo tale ricerca, la principale causa di tale spostamento è il riscaldamento del clima, considerando che tale *shift* è maggiore per specie tipiche di *habitat* montani e per le graminacee, che hanno un *turnover* di popolazione mediamente più rapido.

Accanto a questo tipo di “risposta” della vegetazione che può essere considerato “atteso”, nel senso che un clima più caldo spinge le specie vegetali – e non solo – a spostamenti verso zone climaticamente più adatte alle esigenze ecologiche delle stesse (in quanto gli effetti ambientali ed ecologici della temperatura sono molteplici), se ne trovano altre, tanto inattese quanto rilevanti. Ad esempio, la ricerca europea sulle relazioni tra clima e accrescimento degli alberi ha mostrato importanti collegamenti tra temperatura e accrescimento dell'*Abies alba* Mill. (Rolland, 1993; Zoltan and Ionel, 2007). Questa specie mostra un marcata dipendenza dagli andamenti della temperatura a livello stagionale e mensile (Becker *et al.*, 1989; Pedersen, 1998; Yeh *et al.*, 2000; Wimmer, 2002; Bigler *et al.*, 2004; Cook *et al.*, 2001; Magnani *et al.*, 2004) e la sua crescita nell'areale naturale è in buona parte legata alle variazioni climatiche⁴⁵.

Entrando nello specifico e a scala locale, uno studio dendroclimatico condotto in Basilicata sull'abete bianco in popolamenti misti con cerro, ha mostrato che le precipitazioni tardo-primaverili ed estive, più che le temperature, sono la variabile climatica più critica nell'influenzare l'accrescimento della specie in quest'area (Gentilesca *et* Todaro, 2008). Manetti e Cutini (2006) hanno analizzato gli andamenti di crescita in due abetine dell'Italia Centrale (La Verna, e Camaldoli) aventi strutture diverse e differenti regimi selvicolturali. Lo studio ha permesso di osservare che in entrambi i casi si è avuto un aumento del tasso di accrescimento nelle ultime tre decadi; secondo gli autori questo potrebbe essere causato da un significativo allungamento del periodo con temperature medie primaverili e autunnali. Inoltre, a livello preliminare, i risultati indicherebbero che i sistemi selvicolturali non approssimano, ma anzi rinforzano la capacità delle specie forestali di “registrare” gli effetti di fattori di disturbo.

Negli anni 1970-1980 l'abete bianco ha sofferto in particolar modo del cosiddetto fenomeno *Tannensterben*. La perdurante trasparenza delle chiome era uno degli aspetti più evidenti di tale preoccupante, serio e diffusissimo stato di sofferenza e, per alcuni autori, di declino dell'abete (Dobbertin, 2005).

Tuttavia, almeno nell'Appennino Toscano, abetine estese e di antica data come quelle dell'Abetone, Camaldoli, La Verna e Vallombrosa hanno segnalato negli anni '90 accrescimenti medi diametrali elevati e spesso i maggiori del 20mo secolo, a parte forse quello degli stadi più giovanili. Questo è avvenuto indipendentemente dall'età (ciclo ontogenetico), stagione e forma di governo (D'Aprile *et al.*, 2009b). A livello di singole piante, in alcuni casi il fenomeno era ancora più accentuato. Appare improbabile che, vista anche la lunghezza del periodo di accrescimento sostenuto e la diversità di ambienti, esso sia dovuto a situazioni contingenti locali occorse nei medesimi anni.

È ben noto che le associazioni vegetali e forestali tendono a organizzarsi secondo la

⁴⁵ Si vedano a riguardo gli studi di Tardif (2003) nei Pirenei Centrali, di Becker (1989) nei Vosgi (Francia), e di Wilson e Elling (2004) nelle Basse Alpi Bavaresi.

caratteristiche e proprietà climatiche e microclimatiche, pedologiche, stazionali, e alle relazioni dinamiche tra individui e popolazioni delle diverse specie, non solo vegetali. In generale, nel tempo si dovrebbe assistere – salvo situazioni di impatti, alterazioni o squilibri oltre la resilienza e capacità portante dell’ecosistema – a una organizzazione delle strutture e composizioni floristiche secondo un equilibrio relativamente ottimale rispetto alle condizioni ecologiche e fisiche della stazioni, del mesoclima e del microclima e ai rapporti funzionali fra popolazioni; si avrebbe cioè un equilibrio dinamico tra energia e materiali presenti e struttura funzionale dell’ecosistema. In natura, si assiste a cicli, variazioni e *trends* – ad esempio quelle delle condizioni climatiche locali – che possono implicare delle pressioni modificative delle composizioni floristico-strutturali delle foreste. È perciò importante distinguere tra la variabilità intrinseca di una tipologia climatica (quello mediterraneo-montano, ad esempio) alla quale le tipologie forestali sono adattate, e le modificazioni climatiche vere e proprie, le quali possono costituire condizioni climatico-ambientali sempre meno idonee – o più stressanti – per una data tipologia forestale (ma forse più idonee per altre) (Chauchard *et al.*, 2010; Pignatti, 2011). Ad esempio, l’alta variabilità di precipitazione annua, stagionale e mensile e le oscillazioni periodiche delle temperature medie stagionali sono tratti del clima mediterraneo-montano che fanno parte dell’ambiente fisico “normale” dell’*Abies-Fagus*, mentre un lento ma continuo innalzarsi delle soglie termiche altitudinali (es.: quelle delle fasce fitoclimatiche) può portare a una risalita delle formazioni più esigenti o più resistenti al calore e una restrizione – o spostamento - in alto di quelle necessitanti temperature più miti. Nell’area del Mugello, ad esempio, si osserva che in più casi ai limiti inferiori delle faggete e dove ci si attenderebbero consociazioni forestali costituite da acero montano, faggio e cerro, sono i semenzali di carpino nero, orniello, acero campestre, acero opalo ad essere i più frequenti (D’Aprile, 2007). Un simile fenomeno si osserva anche nella fascia inferiore delle abetine di Vallombrosa, dove l’orniello e il castagno sono semenzali fra i più frequenti, seppure in questi casi sia da considerare anche una precedente estensione colturale verso il basso dell’abete.

In generale, come evidenziato dai dati precedentemente presentati e in coerenza con gli scenari proposti da IPCC (*Special Report on Emissions Scenarios* (SRES)), in Italia potremmo assistere a un generale aumento dei limiti altitudinali di distribuzione di tutte le specie forestali, creandosi condizioni sfavorevoli, con minacce di estinzione a livello locale per specie più mesofile e microterme (faggio, castagno, carpino bianco, farnia) e lo sviluppo di un progressivo processo di mediterraneizzazione delle zone interne della penisola.

La rapidità del cambiamento climatico in atto contrasta con la lenta capacità di adattamento naturale degli ecosistemi forestali alle modificazioni rapide, con la conseguente possibile progressiva disgregazione degli ecosistemi forestali e delle specie vegetali e animali a essi associati. Tra le prime conseguenze da monitorare rigorosamente sono gli effetti od impatti sui già fragili equilibri tra vegetazione forestale, parassiti e patogeni, che già sembrano mostrare segni non trascurabili di alterazione (Certini *et al.*, 2000; Rotzer *et al.*, 2005; Klopik *et al.*, 2011; Pritchard, 2011). Vi è inoltre da evidenziare l’azione di altri fenomeni in atto che influenzeranno direttamente e/o indirettamente i processi di adattamento delle risorse forestali agli scenari di cambiamento climatico. In primo luogo l’innalzamento del livello del mar Mediterraneo che entro il 2090 dovrebbe essere contenuto tra i 18 ed i 30 cm, con una superficie a rischio di inondazione⁴⁶ di circa 4.500 chilometri quadrati di aree costiere e pianure, a cui si aggiunge un maggiore rischio di intrusione sotterranea del cuneo salino, più subdolo e molto più difficilmente ostacolabile o rimediabile. In secondo luogo, l’incremento

⁴⁶ Il 25,4 % delle quali presenti nel nord Italia (in particolare alto Adriatico), il 5,4% nell’Italia centrale (in particolare medio Adriatico e alcune zone del medio Tirreno), il 62,6% nell’Italia meridionale (in particolare golfo di Manfredonia e zone del golfo di Taranto), il 6,6% in Sardegna (in particolare zone della parte occidentale e meridionale).

della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi (alluvioni o periodi di siccità) aumentano i processi di degrado e desertificazione dei suoli.

Processi di questo tipo necessitano di essere analizzati e verificati sia in chiave ecologico-silvicolturale che climatico-ambientale. In virtù di queste osservazioni e tenendo conto che a oggi si discute sull'entità delle possibili modificazioni del clima nel lungo periodo, appare opportuno stabilire, fin da ora, le misure che possono essere adottate al fine di non dover affrontare drastici mutamenti nella composizione e nella struttura del patrimonio forestale del Paese (Giordano, 2009) e/o crisi ecofisiologiche con conseguenze poco prevedibili.

Un approccio "generalizzato" nella pianificazione e gestione forestale basato su modelli di cambiamenti climatici a scala non idonea può condurre a errori di valutazione o quantomeno distorsioni significative nella comprensione degli effetti o degli impatti sulla crescita e sui dinamismi floristici e strutturali delle popolazioni forestali e conseguentemente nell'individuazione degli usi più consoni alla conservazione e possibilmente al miglioramento di questa grande risorsa economico-ambientale. In altre parole, ci sono forti evidenze circa la necessità di verificare i cambiamenti climatici a livello locale con analisi climatiche e misurazioni specifiche, più che basarsi su modelli più generali per ciò che riguarda gli effetti almeno sulle risorse forestali.

In questo senso il progetto *Biorefugia*, concluso e presentato nel 2007 dall'Università di Roma - Dipartimento di Biologia e dal Corpo forestale dello Stato, ha condotto una valutazione sulla distribuzione attuale e futura delle più importanti specie forestali presenti nell'Italia centrale in relazione ai principali scenari di cambiamento climatico attesi. Lo stesso studio ha inoltre proposto la messa in atto di strategie di conservazione a scala regionale, quali la definizione di rifugi ecosistemici e di reti e corridoi ecologici (Petriccione, 2007).

4.2. Impatti socio-economici del cambiamento climatico

Per comprendere l'entità del problema è necessario non limitarsi alle sole modifiche ambientali⁴⁷ previste come impatti del processo in atto, ma anche ai mutamenti che queste causeranno (e stanno già causando) negli assetti economico produttivi (in particolare per il settore primario), sia a livello locale che globale, e alle conseguenti ripercussioni sociali. In particolare gli effetti, in termini di spostamenti di massa, perdita dei mezzi di sussistenza per intere comunità rurali e sempre più grave carenza d'acqua e di cibo, costituiscono una gravissima minaccia non solo per le *governance* dei paesi che si trovano a dover gestire il problema sul proprio territorio, ma anche per la sicurezza sociale e geopolitica a livello locale e internazionale. In questo contesto vi è da ricordare che l'Alto Commissariato delle Nazioni Unite per i Rifugiati prevede che entro il 2050, si raggiungeranno i 200/250 milioni di persone coinvolte direttamente dalle conseguenze dei mutamenti climatici (rifugiati ambientali⁴⁸), con una media di 6 milioni di uomini e donne costretti ogni anno a lasciare permanentemente o temporaneamente i propri territori; "I cambiamenti climatici diventeranno nel prossimo futuro

47 Aumento medio delle temperature, la riduzione delle calotte di ghiaccio, dei ghiacci ai montani e la copertura nevosa, l'aumento delle temperature della superficie dello strato di permafrost (aumento di 3° C a partire dagli anni 80), diminuzione delle precipitazioni nelle aree del Sahel, del Mediterraneo, dell'Africa meridionale e in parte dell'Asia meridionale, aumento delle precipitazioni nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del Nord e in Asia settentrionale e centrale, ondate di siccità più lunghe e di maggiore intensità, particolarmente nelle zone tropicali e sub tropicali, intensificazione dell'attività dei cicloni tropicali nel Nord Atlantico, etc.

48 È opportuno ricordare che con il termine rifugiati ambientali, si semplifica eccessivamente e grossolanamente i fattori (sociali, economici e politici) che sono alla base della migrazione forzata.

la maggiore causa di spostamento delle popolazioni sia all'interno che all'esterno dei confini nazionali"⁴⁹.

Al fine di orientare le politiche di adattamento, particolare importanza deve essere rivolta alla conoscenza della dimensione sociale ed economica della vulnerabilità e degli impatti del cambiamento climatico, sia a livello globale che locale.

Come già evidenziato, nell'ottobre 2002, dal documento "III Comunicazione nazionale dell'Italia alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, elaborato nell'ambito di comunicazioni periodiche previste dalla UnFcc - *United Nations Framework Convention on Climate Change*, gli impatti del cambiamento climatico sul sistema naturale e sociale del nostro paese comportano costi e benefici variabili in relazione al grado di vulnerabilità del territorio. Con particolare riferimento ai sistemi sociali ed economici, la loro capacità di far fronte a fattori di *stress* e di ripristinare una situazione di equilibrio dipende, oltre alla fragilità ecologica e ambientale del territorio, da innumerevoli fattori legati al livello di sviluppo (ricchezza, sua distribuzione, tecnologia, educazione, conoscenza, infrastrutture), alla disponibilità e accesso alle risorse, alle capacità gestionali, al livello di integrazione e di coesione sociale. Dal livello di sviluppo economico di un paese o di una regione dipende, quindi, il livello delle misure adottate o da adottare in risposta ai cambiamenti climatici in atto e previsti.

Per quanto riguarda l'Italia i numerosi studi⁵⁰ realizzati negli ultimi 15 anni, sono volti a valutare l'impatto delle variazioni climatiche (aumento delle temperature e variazione delle precipitazioni stagionali e annuali, variazione delle disponibilità idriche, ecc), sia sui sistemi naturali, sociali ed economici attraverso la una stima del valore economico degli impatti sui principali settori dell'economia (mediante l'utilizzo di modelli econometrici e dati statistici), e sulla vita di tutti i giorni dei singoli cittadini (attraverso questionari ed interviste per analizzare la loro percezione agli impatti del cambiamento climatico).

In generale si rileva come gli eventi climatici estremi abbiano un impatto diretto sui comportamenti sociali, con effetti negativi sul benessere e sulla vita quotidiana, influenzando così le scelte dei singoli individui.

Di non poco conto è l'impatto del cambiamento climatico sulla salute umana, con un aumento della mortalità dovuta a malattie di natura cardiovascolare e respiratoria nei mesi estivi dove si hanno temperature elevate. Eventi estremi e stagioni diverse dalla norma comportano modifiche sulle abitudini, manifestabili sia con cambiamenti sul rendimento lavorativo, sia sul tempo libero e sulle attività domestiche, nonché sulla semplice scelta dei mezzi di trasporto. In questo ultimo caso si registra inevitabilmente una variazione nei consumi energetici, in particolare per uso domestico. Rispetto alla norma i consumi di gas tenderanno, infatti, a diminuire durante gli anni particolarmente caldi con inverni miti, mentre i consumi di energia aumenteranno nelle estati estremamente calde per l'utilizzo dei condizionatori. In generale le aree ritenute più vulnerabili in Italia sono le zone costiere e le zone alpine, soggette rispettivamente alle previsioni di innalzamento delle acque del mare e ai mutamenti nel ciclo idrologico.

I settori produttivi maggiormente vulnerabili, in termini di maggiore sensibilità agli eventi estremi e strettamente legati alle risorse naturali e alle disponibilità idriche soprattutto nel

49 Estratto del discorso di António Guterres, l'alto commissario per i rifugiati, durante la conferenza delle parti a Copenaghen nel dicembre 2009.

50 Il primo progetto in tal senso risale alla fine del secolo scorso - WISE (*Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems*), finanziato dalla Commissione Europea e condotto, per l'Italia dalla Fondazione Eni Enrico Mattei nel 1997-1999.

breve periodo, sono l'agricoltura, la silvicoltura e il turismo. Nel lungo periodo invece la produzione industriale e le aree urbane dovranno fare i conti con gli impatti del cambiamento climatico sui sistemi naturali del territorio di insidenza, sull'approvvigionamento idrico ed energetico, e sulla disponibilità di acqua dolce.

Per il settore turistico si registrano già sensibili variazioni nei flussi stagionali, in particolare nei mesi estivi molto caldi vi è un aumento verso le sole zone costiere e una diminuzione verso le aree montane in inverni miti e a scarsa piovosità rispetto alla norma.

Il settore agricolo, essendo molto sensibile agli eventi estremi (stagioni eccezionalmente calde e asciutte, alluvioni, ecc), è quello che in generale, registra i danni economici più rilevanti, con perdite di produzione stagionale e conseguenti ripercussioni nell'indotto di trasformazione. Ad influenzare le scelte produttive saranno inoltre nel lungo periodo la carenze idriche e l'erosione del suolo.

La sensibilità del settore agricolo al clima registra, in alcuni casi, anche degli effetti positivi essendo favorita,⁵¹ per alcune aree e specifiche produzioni, dall'aumento della temperatura, da un minor numero di gelate, da fertilizzazione di CO₂, da modificazioni nel trend pluviometrico e dall'allungamento della stagione produttiva (Chakraborty, 2005). In passato come negli ultimi anni, vi è anche da registrare come attraverso scelte gestionali differenti,, molti sistemi agricoli abbiano mostrato una notevole capacità di adattamento ai cambiamenti climatici; (Chakraborty, 2005). pertanto il cambiamento climatico non rappresenta una sfida completamente nuova per l'agricoltura. Di conseguenza sarà necessario incentivare sistemi di produzione agricola, diversificati, flessibili ed elastici, in grado di affrontare più facilmente le condizioni in un ambiente in continua evoluzione (Garrett, 2008). Inoltre, vi è da sottolineare le significative interazioni che si registrano tra i cambiamenti climatici in atto e lo sviluppo di fitopatie e attacchi parassitari (Eastburn D. M., 2011), con il conseguente impatto nella produzione e nei costi di gestione e di danni ambientali (Koleva & Schneider, 2009). Date le molte interazioni tra le influenze umane, le condizioni ambientali e il potenziale patogeno nei processi ecologici, previsioni di lungo termine rimangono particolarmente difficili da fare. La precisa previsione delle risposte ai cambiamenti climatici rimane limitata dalla mancanza di dati di monitoraggio completi (Ziska & Runion, 2007) e, inoltre, dalla diversità di adattabilità delle popolazioni patogeni (Garrett, 2008). Oggi, al fine di ridurre i rischi delle malattie, assume particolare importanza mantenere la maggiore eterogeneità possibile nei sistemi colturali, un uso di cultivar resistenti superiore e / o tolleranti a stress abiotici e biotici, e strumenti affidabili per la previsione degli eventi al fine di rispondere in modo tempestivo all'azione dei patogeni (Tiedemann & Ulber, 2008).

Il tempo di risposta e l'adeguamento del settore agricolo è intrinsecamente più veloce rispetto alle colture perenni e in particolare alle risorse forestali, difficilmente capaci di adattarsi in tempi rapidi (Shaw M. W., 2011) con ripercussioni nell'intera filiera produttiva foresta-legno.

La selvicoltura e le utilizzazioni forestali rappresentano la base della complessa filiera foresta legno che comprende tutte le attività che vanno dalla produzione (impianti arborei e foreste) e utilizzazione del legname, alla sua trasformazione industriale in prodotti semilavorati e finiti, fino alla sua commercializzazione (mobili, impieghi strutturali e per costruzioni, carta e cartone pasta di cellulosa e legno per fini energetici). Nel complesso assorbe circa l'1,8% del totale nazionale degli occupati e interessa un totale di quasi 126.000 imprese. Esistono frequenti collegamenti tra le diverse filiere, costituendo un sistema integrato, complesso e

51 Produzione di frutta sia al Nord che al Sud, la produzione di grano non risulta invece essere particolarmente sensibile

interdipendente, con una forte rilevanza sotto il profilo socio-economico sia locale che nazionale. In questo contesto vi è da sottolineare, inoltre, il ruolo duplice delle foreste che possono subire gli impatti del cambiamento climatico ma, allo stesso tempo, possono anche attivamente contribuire alla loro mitigazione. È ormai ampiamente riconosciuto che le attività di gestione forestale sono lo strumento fondamentale per garantire il raggiungimento degli obiettivi sottoscritti dal nostro paese nella tutela degli ecosistemi e dei connessi aspetti paesaggistici e ricreativi, nella salvaguardia della risorsa idrica, nella prevenzione dei processi di degrado e nella mitigazione e adattamento ai processi di *climate change*, e rappresentano per il nostro paese una importante opportunità di sviluppo per le aree rurali e per l'economia forestale e montana e delle sue filiere. Le funzioni protettiva e ambientale svolte dalle foreste risultano irrinunciabili e ormai pienamente recepite dal settore. In particolare, l'attenzione sempre più alta, rivolta ai temi del cambiamento climatico carica di aspettative il settore forestale italiano ma allo stesso tempo arricchisce la prospettiva di un suo rilancio e sviluppo.

In questo contesto assume prioritaria importanza prevedere misure di adattamento in grado di modificare sia il comportamento individuale che degli agenti di produzione, prevedendo inoltre la ri-localizzazione delle attività economiche, opportuni investimenti nella ricerca a favore di nuove tecnologie, la diffusione dell'informazione e delle conoscenze, valorizzazione il ruolo svolto dalla risorsa forestale, in termini politici e informativi, attraverso: la gestione della proprietà pubblica e privata dei boschi esistenti, attività di restauro forestale dei popolamenti degradati e a scarsa o nulla resilienza e incentivando l'arboricoltura da legno a fini produttivi in particolare nelle aree agricole abbandonate o dismesse.

5. Il ruolo del settore forestale

I boschi italiani oltre a rappresentare il serbatoio naturale di fissazione del carbonio emesso dalle attività antropiche e un utile strumento di contenimento per gli impatti conseguenti il cambiamento climatico, sono anche un importante investimento per lo sviluppo socio-economico delle aree marginali, rurali e di montagna del nostro Paese. Una loro corretta gestione, che preveda obiettivi di medio-lungo termine per il mantenimento ecologico del sistema bosco, garantisce non solo una crescita (anche in termini di occupazione) nell'indotto produttivo a essi collegato, ma anche la fornitura di tutti quei servizi ecosistemici richiesti e necessari alla società presente e futura.

5.1. L'indotto produttivo

La produzione di legname proveniente dai boschi italiani, secondo le statistiche ufficiali, risulta essere ancora fortemente deficitaria per coprire i fabbisogni nazionali, sia per il legname da opera che per la legna da ardere. Secondo l'INFC l'incremento complessivo, vale a dire la quantità di legname che sarebbe possibile utilizzare ogni anno, è molto elevato, pari a 35,9 milioni di metri cubi. Si tratta di un valore stimato per eccesso, che comprende molte formazioni forestali che, per le condizioni orografiche o a causa della mancanza di strade, non sono economicamente utilizzabili. Le statistiche ufficiali ISTAT stimano infatti che le utilizzazioni annue siano pari a soli 7-8 milioni di metri cubi, circa un quarto dell'incremento complessivo. La variazione congiunturale delle utilizzazioni forestali, cioè della quantità di legname tagliato e commercializzato nel 2009, è negativa (-12,5%). Anche la variazione delle utilizzazioni per usi energetici risulta, per la prima volta dopo un quinquennio di crescita, in sensibile diminuzione (-12,2% nel complesso).

L'unico dato in aumento è quello delle utilizzazioni di resinose per usi energetici, generalmente utilizzate in moderni impianti di riscaldamento a biomassa, impianti che negli ultimi anni stanno prendendo piede soprattutto grazie agli incentivi previsti nell'ambito dello Sviluppo Rurale.

Ampliando l'analisi anche ai flussi commerciali con l'estero, i dati congiunturali del sistema legno-arredo (la principale filiera produttiva basata sulla materia prima legnosa) evidenziano la situazione di estrema crisi iniziata nel 2008 e culminata nel 2009. Il fatturato alla produzione è calato nel 2009 del 18,2%; sono drasticamente diminuite sia le esportazioni (-21,9%) sia le importazioni (-19,1%). Il saldo, pur rimanendo positivo per quasi 6 milioni di euro, è anch'esso peggiorato del 24%. Va detto che già nel 2008 si erano sentite le prime avvisaglie della crisi, con la produzione in calo del 5,6%. Con il 2009, purtroppo, al sopra menzionato crollo delle esportazioni si è affiancata anche una contrazione rilevante dei consumi interni (-16,8%).

Nella filiera della carta e cartoni la situazione è meno grave rispetto a quella del mobile, ma pur sempre piuttosto preoccupante. Il macrosettore foreste-legno-carta comprende circa 300.000 addetti (settore forestale allargato secondo la classificazione ISIC/NACE 02-20-21) e rappresenta una quota pari a 0.9 % del prodotto interno lordo (Corona *et* Berti, 2010).

Nell'ultimo anno la produzione mondiale dell'industria cartaria è diminuita del 7%. Tale andamento ha scontato gli effetti di un ridimensionamento della domanda nei paesi industrializzati, ma anche nella gran parte dei paesi emergenti. A livello nazionale la produzione complessiva di carte e cartoni si è attestata a 8,4 milioni di tonnellate, con una

diminuzione, rispetto al 2008, dell'11,2% (Cesaro *et* Romano, 2010).

Particolare attenzione meritano infine i prodotti forestali non legnosi (il cui valore è ufficialmente valutato, per difetto, in circa 140 milioni di euro all'anno), che in talune aree possono garantire redditi addirittura superiori a quelli ritraibili dalle utilizzazioni legnose, come nel caso della vendita di permessi per la raccolta dei funghi (Corona e Berti, 2010).

5.2. L'industria del legno e le filiere forestali

Una valutazione corretta delle funzioni di stoccaggio collegate al settore forestale dovrebbe includere anche il carbonio fissato nei prodotti legnosi (C "extra-boschivo") dal momento che l'impiego finale (legname utilizzato in edilizia a uso strutturale, mobili, oggettistica in legno, carta, cartoni, compensati, truciolati, ecc.) comporta la fissazione di carbonio per un periodo di tempo equivalente alla durata del ciclo di vita del prodotto stesso, variabile a seconda dell'impiego cui viene destinato (mesi, anni o addirittura secoli), e prosegue successivamente attraverso il loro riutilizzo e riciclaggio. Di conseguenza più lunga risulta la vita di un prodotto, migliore risulta la qualità dell'ambiente in relazione all'energia necessaria alla loro sostituzione.

I metodi per la stima degli *stock* e dei flussi di carbonio nei prodotti legnosi sono stati definiti dall'IPCC (2003), proponendo tre diversi approcci:

- (a) basato sulla variazione dello *stock* (*stock change approach*);
- (b) basato sulla produzione (*production approach*);
- (c) basato sul flusso in atmosfera (*atmospheric flow approach*).

I metodi IPCC si basano sulla assunzione che il legname prelevato dai boschi venga immediatamente ossidato, rilasciando il C in esso immagazzinato direttamente in atmosfera.

Uno studio di Ciccarese e Kloehn (2010) ha stimato che in Italia, nel 2008, lo stock di carbonio nei prodotti legnosi era pari a 59 milioni di tonnellate di carbonio. Tale risultato è stato ottenuto attraverso il sistema *production approach*, dove il *sink* di C è stato valutato pari a 0,25 (ossia 0,92 MtCO₂). Attraverso una differente metodologia, lo *stock change approach* dove il *sink* di C è pari a 1,12 MtC (ossia da 4,11 MtCO₂), è stato stimato uno stock di carbonio nei prodotti legnosi pari a 140 MtC. Il più basso valore ottenuto usando il *production approach* riflette il grande volume del legno importato. I risultati dello studio segnalano che, con l'*atmospheric flow approach*, i prodotti legnosi in Italia diventano un emettitore netto di C, fino a 0,46 MtC (ovvero 1,69 MtCO₂).

I prodotti legnosi essendo inoltre una fonte di materiale rinnovabile relativamente efficiente dal punto di vista energetico, si possono utilizzare al posto di altri, a maggiore intensità d'energia, prevenendo così a monte le emissioni di gas serra. Diversi studi condotti sull'energia richiesta per costruire edifici con varie combinazioni di materiali, dimostrano che, massimizzando l'impiego del legno nelle nuove costruzioni, si avrebbe una riduzione delle emissioni causate dalla produzione di materiali edili, da un minimo del 30% fino ad un massimo dell'85%.

Nel mercato nazionale i "prodotti legnosi a lunga durata", trovano un impiego ancora piuttosto modesto come ad esempio quelli destinati al settore dell'edilizia per usi strutturali.

Promuovere l'impiego del materiale legno in tali settori produttivi determinerebbe indubbi risvolti significativi sull'effetto di assorbimento temporaneo di carbonio, con risultati positivi per le emissioni immediate in atmosfera (APAT, rapporti 21/2002).

In Italia i prodotti dell'industria del legno, in primis il mobile, possono contare su una tradizione storica pluridecennale con caratteristiche culturali e di *know-how* radicate sul territorio e su una forte connotazione derivante dall'etichetta "*made in Italy*". Questi sono elementi importanti ma non più determinanti se considerati da soli in un mercato sempre più globale. Risulta quindi necessario intervenire sia sulla domanda che sull'offerta, in modo da rendere il mercato maggiormente efficiente. In particolare con riferimento all'offerta bisogna puntare sempre di più su una selvicoltura di qualità, che favorisca l'instaurarsi sul territorio nazionale di attività produttive ad alto valore aggiunto.

Particolare rilevanza per l'economia nazionale hanno le diverse filiere di trasformazione del prodotto legno rispetto alla produzione di legname, che rappresenta il gradino più alto nella filiera produttiva, contribuendo al PIL nazionale con un valore di circa lo 0,04% medio annuo. Nel complesso la filiera foresta legno assorbe circa l'1,5% del totale nazionale degli occupati e interessa un totale di quasi 126.000 imprese, comprendendo tutte le attività che vanno dalla produzione (impianti arborei e foreste) e utilizzazione del legname, alla sua trasformazione in prodotti semilavorati, fino alla realizzazione del prodotto finito e alla sua commercializzazione. Risultano invece sottodimensionati i dati riguardanti gli addetti operanti nel settore delle utilizzazioni boschive a causa della forte stagionalità dell'attività e di un crescente utilizzo di "lavoro nero".

Al fine di implementare ulteriormente lo sviluppo della filiera foresta-legno, è auspicabile una maggiore diffusione della certificazione forestale nella fase di utilizzazione e di tracciabilità dei prodotti forestali. I processi di certificazione vanno diffondendosi sempre più sul territorio nazionale, ma andrebbero incentivati e promossi presso il grande pubblico, sensibilizzando l'opinione pubblica sul valore delle attività di gestione forestale corrette e sostenibili. La certificazione fornisce quindi la prova che il legname utilizzato nell'industria proviene da foreste gestite in modo sostenibile secondo *standard* ambientali, sociali ed economici riconosciuti a livelli internazionale. Tutto ciò da un lato può determinare un valore aggiunto che può facilitare il commercio e aumentare la redditività del prodotto o servizio offerto, dall'altro può rappresentare un incentivo all'uso sostenibile delle foreste.

5.3. Utilizzo delle biomasse legnose nella riduzione delle emissioni di CO₂

Il contributo delle foreste italiane all'equilibrio climatico globale non si limita alla semplice funzione di serbatoi di carbonio come può essere per le foreste vergini tropicali. In particolare i boschi italiani contribuiscono, oltre al miglioramento della salute del nostro pianeta e alla riduzione dell'incremento dei gas serra nell'atmosfera, alla fornitura di biomassa per la produzione di energie alternative, che rappresentano un'importante opportunità per lo sviluppo socio economico delle aree marginali rurali e montane.

Le politiche europee⁵² e nazionali, negli ultimi anni, hanno rivolto un particolare interesse alle biomasse forestali come fonti alternative ai combustibili fossili, sottolineando l'importanza dei vantaggi non solo ambientali ma anche economici e di sviluppo locale (filieri corte), capaci di creare reddito aggiuntivo per il settore agricolo e forestale.

Il Piano d'Azione per le foreste dell'Ue (2005) individua nelle biomasse forestali *“una fonte energetica sostitutiva dei combustibili fossili, una possibile strategia per attenuare i cambiamenti climatici potenziando l'autosufficienza energetica e la sicurezza dell'approvvigionamento, offrendo così possibilità occupazionali nelle aree rurali”*. Le biomasse da utilizzare a fini energetici possono provenire, da:

- coltivazioni arboree dedicate in foresta (cedui) e fuori foresta con colture specifiche a ciclo breve (*Short Rotation Forestry*, SRF);
- scarti delle utilizzazioni forestali e agricole (potature di siepi, fasce tampone, arboreti da legno, frutteti, vigneti, alberature stradali, parchi e giardini, ramaglie, scortecciature, ecc);
- scarti delle utilizzazioni dell'industria e dell'artigianato legati al legno (segatura, truciolo, refili e scarti vari, bancali, cassette, imballaggi, ecc), il quale riuso per la produzione di energia, è una forma competitiva ad altre produzioni (pannello, carta, ecc);
- dal riciclaggio di prodotti a fine ciclo produttivo, il cui utilizzo per la produzione di energia entra tuttavia in competizione con la produzione di pannelli di particelle e MDF e di paste ad uso cartario.

Se da un punto di vista normativo risulta abbastanza chiaro capire quali sono le tipologie forestali che rientrano nella definizione di biomassa, più difficile è, come già accennato in precedenza, il compito nella determinazione della quantità di biomassa legnosa consumata in Italia. Dall'analisi dei dati emerge la mancanza di un metodo statistico valido che consenta *in primis* il confronto tra fonti nazionali diverse e poi con le realtà regionali (Tab.9). La valutazione della sostenibilità nell'utilizzo delle biomasse legnose si basa essenzialmente su due aspetti:

1. La previsione del risparmio di “CO₂ equivalente” ottenibile con le filiere bioenergetiche (compresa quella forestale);
2. Il dimensionamento degli impianti per la conversione in energia (termica e/o elettrica)

Per quanto riguarda il primo aspetto, si fa riferimento a due documenti dell'UE che probabilmente influenzeranno il mercato delle bioenergie nel prossimo futuro, quali:

- la direttiva 2009/28/CE (RED – *Renewable Energy Directive*) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili;
- il Report della Commissione europea al Consiglio e al Parlamento europeo (SEC(2010)65-66), sui requisiti di sostenibilità raccomandati per l'utilizzo di biomasse solide e gassose impiegate per la produzione di energia elettrica, calore e raffreddamento.

Con la Direttiva 2009/28/CE vengono definiti i criteri di sostenibilità che dovranno rispettare i biocarburanti e i bioliquidi per essere conteggiabili ai fini del raggiungimento degli obiettivi previsti dalla stessa direttiva (in particolare il 20% di energia da fonti rinnovabili sul

52 Piano Europeo per le Biomasse, Commissione COM(2005) 628.

consumo totale nel 2020) e per beneficiare di supporto economico. Il criterio principale e quantitativo di sostenibilità è l'ottenimento di un risparmio di emissioni di CO₂ equivalente superiore ad una determinata soglia⁵³. Le emissioni considerate nel metodo di calcolo definito nella RED si riferiscono al ciclo di vita del prodotto e tengono quindi in considerazione non solo l'uso⁵⁴, ma tutte le eventuali fasi di coltivazione o estrazione delle materie prime, trasporto e processo e i principali gas ad effetto serra⁵⁵ ad esse associati.

Tabella 9 - Consumi di biomassa legnosa in Italia

FONTE	QUANTITA'
ISTAT (2006) Legna da ardere in Italia	3-5 Mm ³
ENEA (1999) Consumi di biomasse legnose	19,04 Mm ³
APAT-ARPA Lombardia consumo residenziale stimato 2006	25,09 Mm ³

Fonte - Pettenella *et al.*, 2009.

Il *report* della commissione europea (SEC (2010)65-66) ha come oggetto invece le biomasse solide e gassose ad uso energetico e la relativa sostenibilità. I contenuti sono comunque affini; una delle differenze principali è quella di considerare anche l'efficienza di trasformazione energetica (in energia elettrica, calore, raffreddamento), a differenza di quanto definito nella Direttiva 28/2009.

In riferimento al secondo punto, il dimensionamento degli impianti di conversione da biomasse forestali rappresenta un aspetto di non secondaria importanza; per ottenere benefici ambientali, economici e sociali risulta fondamentale progettare impianti economicamente auto-sufficienti dall'approvvigionamento della materia prima fino all'utilizzo e distribuzione dell'energia, dimensionandoli sulle necessità energetiche territoriali e sulla reale disponibilità e possibilità di forniture continue e costanti di materiale legnoso per la produzione di energia e calore da utilizzare poi per il riscaldamento civile e industriale, o per la generazione di forza motrice o energia elettrica. Si possono ottenere adeguati livelli di remunerazione dalla filiera foresta-energia e impatti (locali e globali) ambientali sostenibili quando l'uso energetico della biomassa prodotta (legna, cippato, *pellets*), avviene in impianti di piccola e media taglia (fino a 1-4 MW).

53 Tale soglia sarà del 35% all'entrata in vigore della RED (Dicembre 2010) e sarà poi elevata al 50% dal 1° gennaio 2017 e al 60% dal 1° gennaio 2018 per gli impianti entrati in produzione successivamente al 31 dicembre 2016.

54 Nella RED l'emissione derivante dall'uso del biocombustibile è posta pari a zero per tenere in considerazione che la CO₂ emessa in questa fase è uguale a quella fissata dalla pianta nel ciclo di vita.

55 Ai sensi della RED devono essere considerate solo le emissioni dei seguenti gas con i relativi potenziali effetto serra espressi in CO₂ equivalente (GWP – Global Warming Potential): CO₂=1 CO₂eq; CH₄=23 CO₂eq; N₂O=296 CO₂eq.

Tabella 10 - Risparmi di emissione ottenibili da diverse filiere di produzione di biocarburanti

Filiere biocarburanti	Emissioni di filiera (gCO ₂ eq/MJ)	Risparmio CO ₂ eq (%)
Etanolo da residui legnosi	22	74
Etanolo da legno coltivato	25	70
Diesel Fischer-Tropsch da residui legnosi	4	95
Diesel Fischer-Tropsch da legno coltivato	6	93
DME da residui legnosi	5	94
DME da legno coltivato	7	92
Metanolo da residui legnosi	5	94
Metanolo da legno coltivato	7	92

Fonte - Estratto direttiva RED.

Questo è possibile solamente attraverso la promozione e valorizzazione di una filiera corta che, in base alla normativa vigente in materia, preveda la raccolta di materiale legnoso a una distanza massima di 70 km dall'impianto, evitando da un lato l'importazione di biomassa forestale dall'estero e dall'altro garantendo l'accesso a un sistema di incentivazione, come ad esempio i Certificati Verdi⁵⁶, capace di generare occupazione locale e coprire i costi di gestione. (Lassere *et al.*, 2011)

In ordine cronologico dopo il CIPE (che con delibera n. 137/98 promuoveva azioni di incentivazione per la riduzione delle emissioni inquinanti per l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili) la prima regolamentazione risale al D.Lgs 79/1999 che aveva introdotto il meccanismo dei Certificati verdi (CV), definiti come "titoli comprovanti la produzione di una certa quantità di energia da fonte rinnovabile".

Dall'emanazione di questo decreto legislativo i CV hanno subito negli anni modifiche sostanziali nei loro meccanismi di funzionamento, in particolare con la legge finanziaria del 2008, dove le principali novità riguardano:

- il periodo di incentivazione (che da 12 sale a 15 anni);
- il numero di certificati che viene differenziato a seconda della fonte rinnovabile, soprattutto quando queste interessano superfici di notevole estensione.

Insieme a queste due importanti novità, a beneficio esclusivo degli impianti con potenza inferiore ad 1 MW, è stato introdotto un nuovo schema di incentivazione, che consiste nella facoltà di optare per delle tariffe "omnicomprensive" di ritiro dell'energia immessa in rete, differenziate per fonte, anch'esse riconosciute per un periodo di 15 anni. La tariffa omnicomprensiva offre condizioni vantaggiose per l'incentivazione delle filiere nazionali e per piccoli impianti (legge n. 222/07; legge n. 244/07). In questo caso per avere diritto

⁵⁶ Decreto legge n. 159, convertito con la legge n. 222/07, all'art. 26 viene disciplinata direttamente la materia dei certificati verdi.

all'incentivo, le biomasse utilizzate devono provenire da prodotti agricoli, di allevamento e forestali e devono essere ottenuti nell'ambito di intese di filiera o contratti quadro o da filiere corte (entro un raggio di 70 km).

Tabella 11 - Coefficienti moltiplicativi per il calcolo del numero di CV.

Fonte	Coefficiente K
Eolica <i>on – shore</i>	1,00
Eolica <i>off – shore</i>	1,50
Geotermica	0,90
Moto ondoso e maremotrice	1,80
Idraulica	1,00
Rifiuti biodegradabili, biomasse diverse da quelle di cui al punto successivo	1,30
Biomasse e biogas derivanti dai prodotti agricoli di allevamento e forestali ottenuti nell'ambito di intese di filiera, contratti quadro o filiere corte	1,80
Gas di discarica e gas residuati dai processi di depurazione e Biogas diversi da quelli di cui al punto precedente	0,80

Fonte - GSE.

Tabella 12 - Risparmi di emissione ottenibili da diverse filiere di produzione di bioenergia

Filiera biocombustibile	Emissioni CO ₂ eq (gCO ₂ eq/MJ)	Risparmio CO ₂ eq (%)	
		Energia elettrica	Energia termica
Cippato di legno da residui forestali (foresta europea)	1	98	99
Cippato di legno da residui forestali (foresta brasiliana)	25	50	66
Cippato di legno da <i>short rotation forestry</i> (foresta europea)	4	92	95
Cippato di legno da <i>short rotation forestry</i> (eucalyptus)	28	44	62
<i>Brique</i> o <i>pellet</i> di legno da residui forestali (foresta europea) - legna come combustibile di processo	2	96	97
<i>Brique</i> o <i>pellet</i> di legno da residui forestali (foresta europea) - gas naturale come combustibile di processo	20	60	73
<i>Brique</i> o <i>pellet</i> di legno da residui forestali (foresta brasiliana) - legna come combustibile di processo	17	66	77
<i>Brique</i> o <i>pellet</i> di legno da residui forestali (foresta brasiliana) - gas naturale come combustibile di processo	35	29	53
<i>Brique</i> o <i>pellet</i> di legno da <i>short rotation forestry</i> (europea) - legna come combustibile di processo	4	92	95
<i>Brique</i> o <i>pellet</i> di legno da <i>short rotation forestry</i> (europea) - gas naturale come combustibile di processo	22	56	70

Fonte - GSE.

5.4. Convivenza e coordinamento tra sinks e produzione di energia da biomasse forestali

Gli impegni su clima ed energia assunti dall'Ue per il dopo Kyoto ha portato alla determinazione di chiari obiettivi nazionali di riduzione dei gas serra (-13% per l'Italia, -20% per l'Ue) e di obiettivi differenziati per l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, (+17% per l'Italia, +20% per l'Ue)⁵⁷ entro il 2020. Questo ha portato l'Italia a dover necessariamente "calibrare" la propria politica energetica attraverso l'approvazione del Piano d'azione nazionale (PAN 2010) elaborato dal ministero dello Sviluppo economico.

In pratica questo strumento fissa la strategia del Governo Italiano nello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili e ne descrive le principali linee d'azione per raggiungere i risultati sopra riportati. In questo senso il settore delle biomasse riveste una notevole importanza; infatti sommando gli obiettivi di energia da fonte rinnovabile per il 2020 ripartiti in elettricità, calore/raffrescamento e trasporto, al complesso delle biomasse solide (in larga parte legnose) viene richiesto di produrre il 44% di tutta l'energia da fonti rinnovabili.

Un efficace sfruttamento delle biomasse lignocellulosiche implica l'attivazione di una complessa e diversificata filiera con il coinvolgimento e il coordinamento di competenze e relazioni sul territorio, appartenenti a diversi settori non sempre contigui (agroforestale, industriale, servizi, tecnologie, ecc). Successivamente lo sviluppo della filiera foresta-legno-energia basata su una gestione attiva e sostenibile delle foreste, realizzata attraverso forme pianificate del territorio, rappresenta un'opportunità per la tutela del patrimonio forestale nazionale.

A questo vanno aggiunte tutte le ricadute positive che si possono generare, traducibili in un aumento degli assortimenti legnosi ritraibili, una migliore qualità per le altre filiere produttive legate al legno, una valorizzazione dei prodotti utilizzati a fini energetici con indubbie ricadute positive dal punto di vista ambientale e un miglioramento delle condizioni socio-economico per le aree rurali e montane.

In questo contesto è auspicabile, come già detto in precedenza, il miglioramento dei meccanismi di pianificazione a livello regionale e locale, risultato raggiungibile solo se gli indirizzi di programmazione interagiscono e sono coerenti con tutti i piani settoriali territoriali, in conformità ai principi e agli indirizzi comunitari e internazionali sullo sviluppo sostenibile.

I principali settori di utenza in Italia risultano essere il riscaldamento domestico sia di tipo individuale (stufe, caminetti, e piccole caldaie) che collettivo (riscaldamento centralizzato, impianti condominiali, impianti di teleriscaldamento, di cogenerazione e industriali), e la produzione di calore di processo e di energia elettrica mediante scambiatori termici (impianti di cogenerazione e industriali).

Per la realizzazione di una filiera bio-energetica economicamente autosufficiente (dall'approvvigionamento della materia prima fino all'utilizzo e distribuzione dell'energia), è necessaria la corretta localizzazione e dimensionamento degli impianti, che devono essere calibrati sulle necessità energetiche territoriali, ma soprattutto sulla reale disponibilità e possibilità di forniture continue, costanti e sostenibili di materiale legnoso per la produzione di energia e calore. Esistono studi in questo senso, sia a livello locale che nazionale

⁵⁷ Commissione Europea (CE), "20 20 by 2020 - Europe's climate change opportunity", Comunicazione N. 30/2008.

I modelli di filiera biomassa-energia realizzabili, possono essere riconducibili all'auto consumo (impianto termico alimentato con materiale legnoso auto prodotto), alla vendita dell'energia o del calore (impianti anche superiori a 1MW al servizio di edifici pubblici e/o privati, alimentati da materiale legnoso di provenienza locale fornito da imprese agroforestali singole o aggregate), che può vedere, per un impianto pubblico, l'affidamento della gestione a un'impresa locale agro-forestale, oppure la realizzazione dell'impianto da parte della stessa impresa, che vende il calore o l'energia prodotta ad un'utenza terza, massimizzando così la remunerazione della sua attività (approvvigionamento combustibile e produzione energia).

A riguardo vi sono interessanti esempi, avviati in particolare con l'iniziativa comunitaria Leader+ e i Piani di Sviluppo Rurale regionali, attraverso progetti locali per la produzione energetica delocalizzata e sostenibile. Inoltre lo sviluppo della filiera bosco-legno-energia ha ottenuto nelle forme di collettivismo forestale ottimi risultati permettendo di offrire, oltre a nuovi e integrativi sbocchi imprenditoriali, il miglioramento dell'efficienza economica nelle attività selvicolturali. Infatti, il funzionamento di una filiera foresta-energia, se dimensionata correttamente, dipenderà unicamente dal flusso di biomassa legnosa (dalla produzione all'utilizzo), e di conseguenza dalla gestione delle risorse legnose e dall'organizzazione strategica e logistica del sistema (Romano, 2009). Può essere così raggiunto un equilibrio tra la domanda di energia e offerta di biomassa, riducendo anche l'oneroso costo delle reti per il trasporto di calore. I piccoli impianti di teleriscaldamento, alimentati a biomassa legnosa stanno diventando una realtà sempre più consolidata per molti piccoli comuni alpini della Lombardia, del Piemonte, del Veneto e del Trentino Alto Adige.

I risvolti della combustione sulla qualità dell'aria sono di estrema attualità. In particolare le biomasse, nella combustione diretta, in generale presentano elevate emissioni di particolato fine (da PM10 in giù), che potrebbe essere contenute attraverso l'installazione di elettrofiltri, su impianti tradizionali e di nuova generazione, che bloccano le particelle sottili con efficienza pari e anche superiore all'85%.

Per tali motivazioni l'innovazione del settore delle tecnologie di trasformazione delle biomasse agro-forestali si sta specializzando sul concetto di preventiva estrazione delle parti combustibili dalle sostanze legnose. In particolare processi come la gassificazione permettono di separare i gas combustibili dalla matrice ligneocellulosica in modo efficiente, ottenendo gas, ricco di idrogeno e CO₂. (gasogeno). Questa tecnica permette di valorizzare le biomasse, elevandone il potere calorifico specifico, con un controllo ottimale delle emissioni, ma soprattutto permette di superare la difficoltà di raccolta e di trasporto.

In conclusione l'utilizzo sostenibile dei boschi e delle biomasse lignocellulosiche per la produzione di energia e calore rappresenta sia nel settore pubblico che in quello privato (in particolare per le aree rurali e montane) un'opportunità fondamentale in quanto:

- può rendere economicamente vantaggiosi interventi altrimenti non realizzabili determinando quindi lo sviluppo di **benefici ambientali locali** (recupero di aree abbandonate e degradate (es. colpite da calamità naturali);
- **contribuisce a** rivitalizzare un settore di attività determinante per i territori montani e alto collinari creando **benefici socio-economici**;
- può innalzare in maniera significativa la **quota di energia prodotta da fonti rinnovabili**.

5.5. I gestori delle aree forestali nella riduzione delle emissioni

L'insieme delle moderne tecniche selvicolturali normate e pianificate che "l'imprenditore forestale" mette in atto, consentono oggi di ottenere dal bosco grandi **servizi collettivi oltre ai benefici non solo economici per proprietari e/o gestori**. Quest'ultimi, attraverso la gestione selvicolturale attiva, garantiscono per la società e il territorio nazionale, un'importante risorsa nella salvaguardia ambientale e paesaggistica, nella tutela dell'assetto del territorio e delle risorse idriche e non ultimo nel contenimento dei cambiamenti climatici e degli impatti ad esso correlati.

Queste esternalità positive, legate ai servizi ecosistemici e fornite nella maggior parte dei casi da una utilizzazione sostenibile a fini produttivi del bosco, oggi sono sempre più riconosciuti ma non remunerati, non potendo così da un lato compensare la scarsa realtà produttiva del settore nazionale, e dall'altro garantire un'efficiente gestione del territorio con indubbi benefici per la società.

Al fine di migliorare la capacità produttiva di assortimenti legnosi di qualità coniugando le necessità ambientali ed ecologiche del nostro Paese, sarebbe opportuno incentivare nuovi sistemi selvicolturali che richiamino i principi della "selvicoltura ad albero". Tale metodica (sviluppata in Germania e Francia negli ultimi 30-40 anni) nasce dalla necessità di conciliare le esigenze dei proprietari e gestori e le sensibilità ambientaliste, cercando di aumentare il reddito ottenibile dai boschi attraverso:

- l'aumento del valore unitario dei prodotti legnosi ottenibili;
- la riduzione dei costi di gestione.

Per quanto riguarda il primo aspetto è possibile aumentare il valore unitario ottenendo legname di grosse dimensioni e con buone caratteristiche tecnologiche, così da facilitare una migliore collocazione del prodotto sul mercato a prezzi più elevati. Per quanto riguarda invece i costi di gestione è necessario concentrare tutte le operazioni che vanno dall'allestimento all'esbosco fino alla lavorazione finale in un raggio chilometrico il più ridotto possibile, incrementando l'utilizzo di tecnologie innovative e a basso impatto ambientale (es. gru a cavo), permettendo così ai gestori, di ridurre i costi e aumentare i profitti, senza tralasciare gli indubbi benefici legati alla riduzione dei mezzi ad alto potenziale di emissione.

Nello specifico le strategie perseguibili dai gestori delle aree forestali per la riduzione delle emissioni di CO₂ possono essere schematicamente inquadrare in funzione delle seguenti finalità (Corona e Barbati, 2010):

- **preservazione da fattori di disturbo e conservazione dei boschi esistenti;** tale strategia è applicabile nei contesti operativi caratterizzati da boschi con organizzazione e struttura a elevato grado di complessità ed efficienza bioecologica. Questi tipi di sistemi forestali vengono lasciati alla libera evoluzione, pertanto la gestione si concretizza in un attento monitoraggio dei processi di autorganizzazione che si instaurano naturalmente e che sono alla base della capacità di fissazione della CO₂;
- **rinaturalizzazione boschiva:** boschi con organizzazione e struttura a diverso grado di semplificazione, in cui gli interventi selvicolturali sono orientati a favorire il pieno ripristino dei processi naturali e dell'integrità funzionale, con particolare attenzione alle aree sottoposte in passato a rimboschimenti monospecifici con specie alloctone o fuori areale.

- **rimozione dei fattori di degrado negli ecosistemi a resilienza nulla o scarsa;** attraverso l'utilizzo di tecniche selvicolturali utili al miglioramento della densità, biodiversità, struttura, funzionalità ecologica;

- **uso produttivo:** realtà non ricadenti nelle prime tre tipologie, in buon equilibrio bioecologico; il gestore si pone al servizio del sistema e ne trae benefici economici diretti, contenendo i prelievi legnosi entro i limiti del tasso naturale di accrescimento dei soprassuoli forestali per mantenere positivo il bilancio di CO₂ dell'ecosistema e garantire i servizi eco sistemici forniti dal sistema bosco;

- **ampliamento delle superfici forestali** attraverso:

- i. la rinaturalizzazione di terreni privi di copertura forestale, aree degradate di montagna e costiere tramite rimboschimento;
- ii. la realizzazione di piantagioni da legno (terreni di buona fertilità e privi di copertura forestale).
- iii. la rinaturalizzazione e gestione delle aree ad elevata vulnerabilità ambientale, con particolare attenzione al ruolo di contenimento che i boschi e la gestione selvicolturale possono fornire nei confronti dei processi, che già si registra localmente in alcune aree del paese, di desertificazione, erosione e degrado dei suoli, di scarsità idrica e intrusione di cunei salini.

Solamente attraverso forme di incentivazione alla gestione attiva del patrimonio forestale si può garantire, nel medio lungo periodo, una salvaguardia del territorio e un efficace azione di adattamento ai cambiamenti climatici in atto. La buona parte degli studi forestali in Italia condotti sino a oggi, hanno interessato temi selvicolturali relativi alle modalità e tecniche colturali secondo gli schemi e obiettivi "classici" come protezione idrogeologica, produttività, conversioni e trattamenti selvicolturali, con un maggior interesse, in anni relativamente recenti, ai dinamismi forestali e alle forme di pianificazione che contemplano più o meno la conservazione o il miglioramento della biodiversità e un miglior equilibrio dell'ecosistema forestale o almeno delle popolazioni di specie forestali.

Spesso mancano riferimenti organici alle varie componenti della foresta che, come noto, nella realtà operano all'unisono. Ne consegue un quadro di difficile interpretazione tanto più si desidera affrontarne anche i risvolti economici, ambientali, produttivistici, qualitativi, di conservazione e produzione di risorse idriche, di miglioramento della biodiversità, paesaggistici e turistico-ricreativi, se non nel quadro ristretto di forme di approccio alla gestione forestale che tendono a ripetere se stesse, quindi con poco spazio per l'innovazione o l'esplorazione di sistemi e modalità che penetrino altri campi e/od amplino le potenzialità dell'esistente.

In tale direzione la Strategia Nazionale definita con il Programma Quadro per il settore forestale sottolinea la necessità di promuovere e incentivare forme di gestione attiva del patrimonio forestale, in una visione di lungo termine, adottando le tecniche selvicolturali più idonee alle esigenze di salvaguardia, conservazione e tutela del patrimonio forestale. Ciò deve avvenire non solo secondo le specifiche caratteristiche ecologiche delle diverse realtà forestali presenti nel territorio nazionale, ma anche nel rispetto delle necessità ed esigenze socioeconomiche locali e nel rispetto dei vincoli e delle norme vigenti (Romano, 2009). La Strategia Nazionale per la Conservazione della Biodiversità (Andreella *et al.*, 2010) sottolinea invece la necessità di incentivare, in particolare per le aree naturali protette e i siti Natura 2000, un "approccio sistemico" alla gestione forestale, al fine di favorire l'aumento della

complessità strutturale e compositiva dei processi naturali di adattamento al cambiamento climatico (Barbati *et al.*, 2010). Occorre quindi, stabilire sempre una solida correlazione tra gli strumenti di pianificazione forestale e la gestione attiva del territorio, anche al fine di permettere l'individuazione di aree di collegamento ecologico e di assicurare continuità spaziale tra le tessere naturali e seminaturali del mosaico territoriale su vaste aree.

Particolare attenzione merita l'imboschimento di terreni ad uso storicamente agricolo, con impianti arborei o arbustivi, temporanei o permanenti, dedicati a fini specifici, principalmente per la produzione di legna e legname, ma anche per fini ambientali e paesaggistici. Le politiche incentivanti gli impianti arborei su terreni agricoli sono sempre state realizzate con il fine di ridurre gli eccessi di produzione agricola o contenere problemi ecologici. Oggi, in Italia, vi è l'opportunità di rilanciare una efficiente politica di impianti arborei su aree ad uso agricolo dismesse o abbandonate. Ciò contribuirebbe non solo alla riduzione di CO₂ atmosferica ma anche a poter usufruire nel medio-lungo periodo di materiale da opera o per usi energetici utile alle industrie di trasformazione nazionali. La progettazione consente una grande adattabilità degli impianti alle esigenze del proprietario e della società. Le tecniche di conduzione consentono di recuperare impianti che un tempo si sarebbero considerati falliti. La sperimentazione ha aperto nuovi orizzonti, sia per la produzione che per la riduzione degli impatti ambientali (Mori P., 2011).

6. I boschi nelle priorità strategiche di mitigazione e adattamento

Come visto nei capitoli precedenti gli impatti delle possibili evoluzioni del clima nel lungo periodo, avranno sicuramente importanti ripercussioni ambientali e socio economiche, ma rimangono poco prevedibili. In questo contesto le **strategie di mitigazione e di adattamento** rappresentano gli strumenti principali nella lotta ai cambiamenti climatici.

Con il Protocollo di Kyoto, tutti i Paesi firmatari si sono impegnati a ridurre le loro emissioni secondo regole e standard precisi, definiti nel corso delle successive Conferenze delle Parti dell'UNFCCC. Obiettivo principale rimane quello di stabilizzare e/o ridurre progressivamente, le concentrazioni di gas effetto serra presenti nell'atmosfera. Non di secondaria importanza è la predisposizione di piani, programmi, azioni e misure specifiche che minimizzino le conseguenze negative e i danni causati dai possibili cambiamenti climatici sia agli ecosistemi naturali che ai sistemi sociali ed economici.

In entrambi i casi le foreste sono chiamate a svolgere un ruolo chiave; possono svolgere un'azione diretta nel tamponare in parte gli effetti dei cambiamenti climatici, ma allo stesso tempo li subiscono con livelli di tolleranza variabili. Ciò significa, e ne è imprescindibile presupposto, garantire il mantenimento dello stato di salute e vitalità dei sistemi naturali per consentirne e supportarne l'adattamento ai cambiamenti già in atto e "indirizzare" successioni evolutive utili a contenere gli effetti di desertificazione, cuneo salino, risorse idriche ed erosione del suolo. Infatti dove i sistemi naturali e in particolare quelli forestali risultano degradati e vulnerabili, oltre ad abbassarsi significativamente le capacità di fissazione del carbonio, si assiste inoltre ad una riduzione della resilienza e delle capacità di risposta, con inevitabili conseguenze sia nell'assetto idrogeologico e regimazione delle acque, nonché per i sistemi sociali ed economici ad essi collegati.

I progressi della geobotanica, della paleobotanica e della climatologia mostrano, come le formazioni forestali fino ad ere recenti, fuori dall'azione antropica, siano state capaci di adattarsi ai cambiamenti climatici del passato (evoluzione, differenziazione, mutazione, spostamenti latitudinale e longitudinale). Analogamente la storia dell'uomo ci insegna come il rapporto con le risorse naturali e in particolare forestali sia costellato di azioni alteranti e distruttive di vario grado ed intensità nell'equilibrio naturale della biogeosfera.

Le attuali conoscenze scientifiche ci permettono quindi di avere maggiore consapevolezza per poter utilizzare le risorse naturali ed in particolare quelle forestali, senza intaccarne gli incrementi, intervenendo sui popolamenti degradati o a bassa resilienza, al fine di riportare, con interventi selvicolturali specifici, uno stato di ripristino e avvio dei potenziali processi naturali, guidando le evoluzioni naturali anche verso le attuali e future necessità antropiche.

Le **strategie di mitigazione** in atto, che agiscono sulle cause dei cambiamenti climatici, prevedono in generale misure rivolte alla riduzione delle emissioni antropogeniche di gas serra. Ciò viene realizzato, anche per il nostro Paese, attraverso un uso razionale dell'energia e dell'efficienza energetica, lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili, l'aumento degli *stock* di carbonio nella biomassa viva e morta e nel suolo agricolo e forestale mediante la "conservazione" (attiva e passiva) degli ecosistemi esistenti, gli imboschimenti, i rimboschimenti, ecc.

Nelle strategie di mitigazione, e in particolare per quelle messe in atto dal nostro Paese, la risorsa forestale, grazie alla naturale capacità di assorbimento del carbonio atmosferico, svolge un ruolo cardine. Una efficace strategia deve quindi salvaguardare lo stato di salute dei sistemi naturali, attraverso la tutela e una corretta gestione che ne possa valorizzare e migliorare le capacità di resistenza e resilienza. A tal fine non si può prescindere dall'attuazione di adeguate misure di adattamento che agiscano sugli effetti dei cambiamenti climatici per ridurre la vulnerabilità degli ecosistemi e garantirne l'efficienza funzionale, che risulta necessaria per contenere e minimizzare gli impatti dei cambiamenti sull'ambiente e sulle economie locali. Le strategie di mitigazione e di adattamento non sono quindi alternative ma integrative e complementari. Il nostro paese, in cui gli effetti dei mutamenti climatici sull'ambiente sono già evidenti in particolare nelle zone costiere e montane, è al momento privo di una chiara e coordinata⁵⁸ strategia di adattamento, e deve dunque affrettarsi ad affrontare anche in termini operativi questo tema.

L'**adattamento** è un processo che deve essere valutato nello spazio e nel tempo e, in una strategia condivisa a livello internazionale, deve far fronte agli impatti in aree specifiche e in particolare di ambito locale. Strategie di risposta agli impatti nell'immediato devono anche rispondere ai bisogni di adattamento nel lungo periodo. Tale interesse si è infatti, manifestato con l'approvazione da parte della Commissione Europea⁵⁹ del Libro bianco "Adattamento ai cambiamenti climatici: verso un Quadro d'azione Europeo", documento in cui viene tracciato un quadro volto ad aumentare la resilienza dei territori e degli ecosistemi dell'Unione ai relativi impatti provocati dal cambiamento climatico.

Tale interesse nasce anche dal fatto che alle notevoli ripercussioni ambientali (perdita della biodiversità, desertificazione, ecc...), connesse agli impatti, si avrebbero anche non trascurabili effetti nelle opportunità di sviluppo per vari Paesi europei. Bisogna comunque considerare quanto riportato dal *Third Assessment Report* dell'IPCC (2007), relativo a impatti, adattamento e vulnerabilità, dove viene specificato che il potenziale di adattamento dei sistemi socio-economici in Europa sia piuttosto alto, grazie alle condizioni economiche (PIL elevato e crescita a tasso costante), ad una popolazione stabile e a sistemi politici, istituzionali e tecnologici ben sviluppati.

Sia il Libro Bianco che il *Third Assessment Report* individuano le regioni particolarmente vulnerabili ai cambiamenti, soprattutto da un punto di vista ambientale, nell'Europa del Sud e in particolare nel bacino del Mediterraneo. Le aree montane, le isole, le zone costiere, le pianure ad alta densità di popolazione e in generale le aree con condizioni economiche più disagiate, sono le zone che presumibilmente dovranno affrontare gli impatti più gravi.

Per sviluppare e coordinare in Europa e in Italia efficaci strategie di adattamento per i sistemi naturali, sociali ed economici, è necessario consolidarne il sapere scientifico, attualmente frammentario. La conoscenza degli impatti previsti e la costruzione di possibili scenari (ambientali, sociali ed economici), rappresentano quindi, la base di partenza necessaria per la definizione di efficaci strategie di adattamento.

58 Misure di adattamento ai cambiamenti climatici sono comunque presenti nei provvedimenti presi a difesa del suolo (dissesto e rischio idrogeologico), nella bonifica dei siti inquinati, delle attività estrattive, della subsidenza, del rischio sismico, della vulnerabilità idrogeologica, nella normativa riguardante le aree protette, gli habitat naturali, le specie faunistiche e floristiche e le bellezze naturali e in quella relativa alla gestione delle risorse idriche e tutela delle acque, e nelle politiche di sviluppo rurale.

59 "Adattamento ai cambiamenti climatici: verso un Quadro d'azione Europeo", Bruxelles, 1.4.2009 COM (2009) 147 definitivo.

In questa direzione il Libro Bianco enfatizza il bisogno di creare entro il 2011 un meccanismo di *Clearing House*, che faciliterà lo scambio di informazioni sui rischi, gli impatti e le *best practice* sul cambiamento climatico fra i governi, le agenzie e tutte le organizzazioni che lavorano sulle politiche di adattamento. Come evidenziato anche dal quarto Rapporto IPCC, il costo dell'inazione dal punto di vista ambientale, sociale ed economico per ogni giorno che passa risulta sempre più ingente e difficilmente riparabile.

Sulla base dei possibili eventuali scenari futuri, individuare delle efficaci azioni di intervento per la mitigazione e l'adattamento dei sistemi naturali, sociali ed economici al cambiamento climatico in atto è un problema complesso. Il territorio italiano, per le sue caratteristiche geografiche e i diversi livelli di sviluppo economico locale, sarà interessato dagli impatti in modo eterogeneo. Senza alcun dubbio le aree più minacciate risulteranno quelle costiere e montane, oltre alle aree rurali del Sud a forte connotazione agricola.

Per prevenire, ridurre o almeno contrastare parzialmente le problematiche che vive e a cui va incontro il patrimonio naturale (e di conseguenza i sistemi sociali ed economici), è auspicabile un approccio preventivo che veda un'azione attiva dell'uomo, volto a valorizzare e potenziare le capacità di adattamento dei sistemi ambientali minimizzando gli impatti negativi nei diversi settori. Con particolare riferimento alle problematiche forestali emergenti⁶⁰ e al potenziale contributo che la risorsa bosco e la gestione selvicolturale possono fornire nella lotta ai processi di degrado ambientale, instabilità sociale ed economica in atto e previsti, è quanto mai necessaria la definizione di una efficace strategia nazionale di intervento.

Tale azione passa necessariamente nell'approfondire le conoscenze relative ai fattori ambientali presenti in un dato territorio (regime termico e udometrico *in primis*). In relazione a tali parametri, fondamentale importanza assume la conoscenza delle capacità idriche dei suoli e idrauliche dei corsi d'acqua e di come questi influenzano la distribuzione delle associazioni vegetali nel lungo periodo. Tutto ciò richiede conoscenze e monitoraggio degli effetti delle variazioni climatiche in termini di:

- distribuzione della capacità idrica utile, della velocità di infiltrazione e della presenza di corpi drenanti dei terreni per tipo geopedologico, tipo e modalità d'uso, e relative superfici;
- reticolo idrografico naturale e artificiale;
- coefficienti e/o modelli di erodibilità dei suoli, determinandone le componenti a livello di bacini e sottobacini idrografici;
- regime termico ed udometrico dei suoli non coperti da vegetazione (senso lato) in estate, più caldi ed esposti alle perdite per evaporazione, rispetto a quelli con copertura permanente, compresa la pacciamatura;
- stima e determinazione dei fattori costituenti il *Minimo Deflusso Vitale* dei corsi d'acqua;
- stima dei deflussi superficiali di bacini e sottobacini idrografici, anche in riferimento alle possibilità e modalità di sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria;
- stima, distribuzione e portate/volumi dei corpi idrici profondi (pozzi, falde, altro, ecc.),

⁶⁰ Mutamenti nella composizione, nella struttura e crisi ecofisiologiche legati in particolare alla rapidità dei tempi con cui i fenomeni di mutamento si manifestano in contrapposizione ai tempi ecologici di risposta

volumi di rimpinguamento, modalità e tempi di ricarica;

- bilanci idrici per tipo di coltura, di suolo, modalità di irrigazione e superfici; volumi richiesti e volumi disponibili;
- localizzazione, livello di efficienza e funzionalità di varie opere idrauliche e di approvvigionamento (briglie, canali, fognature, drenaggi, pozzi, ecc.);
- dinamismo dell'alveo fluviale (interrimento o scavo; portata solida) almeno dei corsi d'acqua principali e di altri tratti critici;
- tipologia e distribuzione della vegetazione spontanea, secondo le esigenze e caratteristiche di igrofilia, mesofilia, ecc.;
- distribuzione di sintomatologie di stress idrici (non temporanei) della vegetazione forestale, anche riparia, rispetto alla distribuzione geopedologica e dei corpi idrici superficiali ed emergenti;
- spostamenti, modificazioni di associazioni fitosociologiche verso un ambiente più caldo arido.

Solamente dopo un'attenta analisi preliminare che tenga conto dei fattori sopra descritti è possibile delineare i livelli pianificatori, progettuali e gestionali utili al contenimento degli impatti sulle risorse forestali dovute alle modificazioni del clima. La politica forestale (e di conseguenza i livelli pianificatorio, progettuale e gestionale su vasta e medio piccola scala), al fine di intervenire efficacemente e nel lungo periodo, nella prevenzione e/o contenimento degli impatti del cambiamento climatico devono oggi mirare, attraverso una gestione multipla e associata della proprietà pubblica e privata dei boschi esistenti, a:

- ridurre l'intensità e la durata del periodo di *deficit* idrico;
- diminuire il dissesto idrogeologico e l'instabilità di versanti, individuando forme e modalità di controllo dell'erosione, riducendo il potere erosivo e di scavo di piogge e piene soprattutto nel periodo di maggior piovosità;
- aumentare la possibilità di infiltrazione e penetrazione delle piogge per la ricostituzione delle riserve idriche profonde;
- costituire riserve idriche plurifunzionali per i periodi di deficit, od almeno ridurre significativamente gli sprechi e dispersioni, aumentando il deflusso e le disponibilità idriche nei periodi di minima portata, e la riserva idrica utile dei suoli;
- ridurre l'impatto sugli ecosistemi acquatici e ripariali favorendone il ripristino;
- localizzare e progettare la viabilità evitando che possa comportarsi come un drenaggio; idem per movimenti di terra vari, sbancamenti, ecc.;
- prevedere, in sede di nuove opere intensive, le modalità di ripristino della piezometrica, di corpi idrici profondi e/o superficiali, od altro, secondo le caratteristiche preesistenti (o migliori);
- effettuare una pianificazione preventiva antincendio di tipo attivo e passivo;
- stimare le disponibilità irrigue per l'agricoltura e varie industrie agrarie, ed altri usi,

secondo i valori dei periodi di minimo di disponibilità della risorsa idrica (es.: periodi pluriennali di picco e di flessione delle precipitazioni e temperature);

- effettuare scelte colturali e arboricolturali secondo modalità idonee al quadro climatico-ambientale presente e previsto nel breve-medio termine;
- gestire i suoli agrari e forestali e le opere idrauliche varie, anche per usi civili, in modo che abbiano fra le priorità la corretta regimazione idrica per la riduzione degli eccessi durante il periodo autunnale e la miglior conservazione e penetrazione (ricarica) in tempi di deficit idrico;
- incentivare le attività di restauro forestale dei popolamenti degradati e a scarsa o nulla resilienza;
- incentivare l'arboricoltura da legno a fini produttivi in particolare nelle aree agricole abbandonate o dismesse;
- indirizzare gli interventi selvicolturali mettendo in rilievo le finalità idrologiche e idrogeologiche (conservazione ed incremento risorse idriche, difesa suolo), anche estendendo le opere di riforestazione secondo particolari reticoli (comprese le siepi ed i filari per il recupero agro-ambientale e la diversità biologica), favorendo inoltre la presenza di barriere frangivento;
- organizzare bacini secondo criteri progettuali funzionali di raccolta e conservazione delle acque in modo che fungano da riserva estiva, da contenimento di deflussi eccessivi e da siti idonei alle comunità vegetali ed animali legate alla presenza di acqua; possono essere coordinati all'uso turistico ed agrituristico;
- contenere l'abbandono dei soprassuoli e delle aree rurali soprattutto dove il mosaico ambientale sia adeguato e sufficientemente stabile e in equilibrio;
- differenziare le linee gestionali per i boschi gestiti ordinariamente da quelli abbandonati/saltuari, i boschi di neoformazione e quelli lasciati alla libera evoluzione;
- favorire l'ecocertificazione.

7. Gli obiettivi di una strategia nazionale

Nei paragrafi precedenti è stato evidenziato il ruolo centrale che i boschi nazionali e il settore produttivo a essi collegato svolgono e possono svolgere per contrastare gli effetti del cambiamento climatico. Tale ruolo è stato ulteriormente evidenziato con il Libro verde⁶¹ dal titolo *“La protezione e l’informazione sulle foreste nell’UE: preparare le foreste al cambiamento climatico”*, con cui la Commissione europea ha avviato un dibattito volto a definire le strategie di protezione a cui si dovrebbe puntare oggi e per il prossimo futuro al fine di garantire la continuità dei servizi e delle funzioni delle foreste.

Tale necessità nasce dai risultati presentati nella relazione IUFRO del 2009 nella quale si dichiarava come, negli ultimi cinquant’anni, a fronte di un *trend* di accrescimento delle foreste europee positivo, i cambiamenti climatici in atto abbiano già presentato ripercussioni sugli ecosistemi forestali. Ciò porterebbe al rischio reale di una forte riduzione nella capacità dei boschi e delle foreste di regolare la concentrazione di carbonio in atmosfera, determinando un aumento di quest’ultima e accelerando gli effetti e gli impatti provocati dal cambiamento climatico.

In particolare, per la regione mediterranea che in questo contesto rappresenta una delle aree più critiche del globo, è quindi necessario intraprendere misure concrete, elaborate in una strategia integrata di mitigazione e adattamento, che salvaguardino gli ecosistemi forestali e che coinvolgano direttamente il settore produttivo a essi collegato.

I benefici, ambientali ed economici, derivanti dall’implementazione di interventi di mitigazione e di adattamento nel lungo periodo, superano di gran lunga i rispettivi costi, consentendo di ridurre in modo considerevole le spese complessive di recupero dei danni provocati dai cambiamenti climatici.

In questo contesto la gestione attiva dei boschi, supportata da una politica di valorizzazione dei prodotti forestali, rappresenta uno dei principali strumenti nella tutela dagli effetti negativi del *“climate change”*, delle risorse naturali e in particolare forestali e dei connessi aspetti ambientali, paesaggistici e ricreativi. Inoltre, per il nostro Paese ciò può rappresentare una importante opportunità occupazionale e di sviluppo socioeconomico delle aree rurali e montane.

È importante ricordare, in particolare per gli ecosistemi forestali e le economie ad essi legate del nostro Paese, che le strategie di mitigazione non possono prescindere dall’attuazione di adeguate misure di adattamento e non possono essere affrontate separatamente per ridurre la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici. Pertanto le priorità di adattamento a supporto e complemento delle strategie di mitigazione devono mirare a:

- mantenere e incrementare lo stato di salute e produttivo delle risorse forestali esistenti nel medio lungo periodo attraverso l’incentivazione di forme di gestione con finalità multiple;
- incentivare e riconoscere il ruolo dei gestori forestali anche dove l’azione a soli fini produttivi non sia conveniente ma necessaria al mantenimento di servizi ambientali e sociali;

⁶¹ Bruxelles 1.3.2010 COM(2010)66 definitivo.

- incentivare forme di utilizzazione forestale che riducano al massimo i processi di degradazione del suolo;
- favorire la conversione di impianti monospecifici alloctoni con specie autoctone in sistemi tipici delle forme di vegetazione locale;
- favorire i dinamismi e l'evoluzione dei meccanismi naturali di resilienza dei boschi nei confronti delle modificazioni climatiche in atto;
- incrementare la diversità biologica forestale e degli ecotoni agrosilvopastorali tutelando i patrimoni genetici locali;
- prevenire e ridurre i danni alle foreste e alla rinnovazione naturale da eccessivo carico antropico e animale (domestico e selvatico negli ecosistemi forestali).

Le priorità strategiche di mitigazione, attraverso un'azione coordinata e tenendo conto delle sopra elencate priorità di adattamento per le risorse forestali al cambiamento climatico, devono quindi contribuire a:

- incentivare e incrementare la gestione attiva e multifunzionale del patrimonio forestale secondo i criteri di gestione forestale sostenibile;
- monitorare e intervenire tempestivamente nella difesa e prevenzione da fitopatie e incendi boschivi, tutelando e migliorando la resistenza e lo stato di salute delle foreste;
- incentivare e incrementare la produzione nazionale di legname di qualità, da opera e per usi energetici in modo da ottenere un bilancio positivo a favore dello stoccaggio di CO₂ nelle sue componenti (biomassa viva e morta, suoli);
- valorizzare la realizzazione di opere di imboschimento e rimboschimento in aree degradate e abbandonate, utilizzando specie autoctone di provenienza certificata e locale;
- favorire azioni e processi produttivi in favore della riduzione dei fenomeni di deforestazione nei Paesi terzi; questo anche con una forte pressione preventiva e repressiva dello *illegal logging*.

7.1. Misure e interventi operativi

Sotto il profilo operativo gli interventi realizzabili per incrementare l'azione di mitigazione, per migliorare la capacità di adattamento dei sistemi forestali al cambiamento climatico e per valorizzare il loro ruolo nel contenimento degli impatti sui sistemi naturali e sugli interessi socioeconomici delle economie locali, possono essere molteplici.

La politica di Sviluppo Rurale oggi rappresenta in Italia il principale strumento operativo per il finanziamento di azioni indirizzate alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici. In particolare, le misure di adattamento rivolte al settore forestale sono riconducibili agli interventi previsti nell'Asse II (misure dalla 221 alla 227) del Reg. (CE) n.1698/2005 nei Programmi di sviluppo rurale regionali, cofinanziati dal Fondo Europeo FEASR. Nello specifico con la recente riforma dell'*Health Check*, nel quale viene dato maggiore coerenza ed un più chiaro indirizzo alle politiche, sono state individuate nuove sfide, a cui vengono destinate risorse aggiuntive. Di queste sfide, due sembrano essere di particolare importanza per il settore forestale:

- **Cambiamenti climatici:** sono 15 le regioni italiane che hanno attivato questa sfida con misure concentrate negli assi 1 e 2 dello sviluppo rurale;

- **Energie rinnovabili:** pur essendo una sfida che viene considerata strategica per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto, risulta essere scarsamente valorizzata dal punto di vista economico, in quanto sul totale delle risorse aggiuntive (pari a 743 milioni di euro), solamente il 5,3% è stato destinato a tale settore.

A livello nazionale, un primo contributo è arrivato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali con il decreto pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 74 del 30 marzo 2010, che ha emanato i "Criteri minimi concernenti le buone pratiche forestali"⁶². In particolare gli interventi proposti dalle *baseline* sono rivolti a tutte le forme di governo (boschi cedui, alto fusto, di neo-formazione, impianti produttivi di pianura) per il raggiungimento degli obiettivi previsti dalle politiche di Sviluppo Rurale con particolare riferimento:

- all'incremento delle capacità dei sistemi forestali di contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico;
- a sostenere e favorire sia la capacità di adattamento forestale ai cambiamenti climatici che il contributo agli effetti negativi sull'ambiente naturale e sociale già in atto;
- ad aumentare la resistenza e/o capacità di reazione, specifica e di sistema alle calamità naturali e agli incendi;

Un approfondimento risulta necessario per i boschi di neo-formazione, che per le politiche di Sviluppo Rurale rappresentano un'importante componente ambientale e per il nostro paese assumono una importanza crescente. Possono essere definiti come tutte quelle formazioni boschive originatesi da un processo naturale di successione secondaria a seguito della contrazione delle superfici agricole e dell'abbandono delle aree marginali e pascolive collinari e montane Tali "neoformazioni", presentano talvolta rapide dinamiche di sviluppo ma se correttamente gestite e indirizzate con interventi colturali selettivi, oltre a contribuire alla salvaguardia ambientale, al mantenimento e miglioramento dell'assetto idrogeologico del territorio, potrebbero rappresentare, in tempi medio - lunghi, una risorsa economica interessante per le aree rurali e montane.

Oltre agli interventi proposti nel documento *baseline* e al fine di poter contribuire alla definizione di una strategia di adattamento efficace, si propongono:

1. Interventi selvicolturali mirati a potenziare la naturale capacità di adattamento dei popolamenti forestali ai cambiamenti climatici, attraverso il monitoraggio, la verifica e l'attuazione di:

- forme di trattamento che agevolano la rinnovazione naturale incrementando il livello funzionale e la complessità strutturale semplificata, in particolare per quelle formazioni forestali artificiali realizzate con specie alloctone o fuori areale, al fine di potenziare le specie arboree locali nei confronti dei cambiamenti climatici ;

⁶² Criteri che definisce a livello nazionale la base giuridica (*baseline*), mediante la quale può essere concesso, nell'ambito della Misura 225 dello Sviluppo Rurale un pagamento ad ettaro di superficie forestale a quei beneficiari che assumono volontariamente, nel rispetto delle vigenti norme in materia, impegni silvo-ambientali al di là dei pertinenti requisiti obbligatori vigenti.

- attività selvicolturali, in particolare per i boschi appenninici e mediterranei, che salvaguardino le cenosi nei confronti delle avversità biotiche e abiotiche di disturbo e soddisfino le esigenze economico-produttive locali aumentando la stabilità ecologica e idrogeologica dei boschi;
- modalità di taglio ed esbosco a basso impatto ambientale, tale da favorire la conservazione degli elementi minerali e limitare il compattamento del suolo e l'erosione dell'humus, come primo criterio guida nell'organizzazione e dinamica delle utilizzazioni forestali.
- adozione di forme di trattamento che aumentano la diversificazione compositiva e strutturale e quindi il livello di stabilità del bosco, per la difesa dagli incendi e avversità naturali, che comportano direttamente e indirettamente un aumento dei rilasci di carbonio nell'atmosfera;
- attuazione di diradamenti per ridurre la competizione interna e l'esposizione dei popolamenti forestali in aree a rischio di siccità, facilitando la conservazione di una copertura continua nel tempo anche se temporaneamente più rada;
- adozione di criteri di stima della densità della copertura forestale basata principalmente sulla densità e distanza delle chiome anzi che sul numero di fusti;
- realizzare un calibrato aumento delle provvigioni e, in taluni boschi coetanei, prevedere l'allungamento del turno, con conseguente maggiore accumulo di sostanza organica nel suolo e produzione di assortimenti legnosi di maggiori dimensioni e ciclo di vita più lungo. Ciò comporta una maggiore percentuale di biomassa a basso contenuto di micro e macroelementi asportabili, rispetto a provvigioni minori o turni più brevi a beneficio della fertilità e capacità idrica dei suoli;
- modalità di taglio ed esbosco a basso impatto ambientale, tale da favorire la conservazione degli elementi minerali e limitare il compattamento del suolo e l'erosione dell'humus, come primo criterio guida nell'organizzazione e dinamica delle utilizzazioni forestali.
- forme di trattamento utili (sulla base delle caratteristiche ecologiche e idrogeologiche stazionali ed economiche locali), alla salvaguardia, recupero e avviamento a fini ambientali e/o produttivi dei boschi di neoformazione originatisi per abbandono delle attività agro-silvo-pastorali e dei rimboschimenti di protezione nelle aree montane e litoranee che in molti casi evidenziano alta sensibilità ai rischi di degradazione e incendio;

2. Tenere conto dei cicli di minima e di massima precipitazione tardo primaverile ed estiva, della concentrazione autunnale delle piogge e delle temperature medie e medie massime estive:

- Nelle fasi di pianificazione e gestione del territorio progettazione;
- Negli interventi selvicolturali realizzabili;
- nella gestione ed uso dei suoli (es. lavorazioni suoli, regimazione idrica, viabilità, costruzioni, ecc.);
- nella conservazione e/o nell'incremento della stabilità dei versanti.

-
3. **Misure di stabilizzazione del Deflusso Minimo Vitale** per la salvaguardia e conservazione, inclusa quella biologica, del reticolo idrico superficiale. Come strumento per la valutazione ecosistemica può essere utilizzato l'indice di funzionalità fluviale (IFF)⁶³.
4. **Definire interventi selvicolturali specifici e stimare l'attitudine alla rinaturalizzazione ed ai rimboschimenti** per tipo climatico-ambientale, microclimatico e geopedologico, le modalità d'uso e le rispettive superfici in relazione alla distribuzione della capacità idrica utile, della velocità di infiltrazione e della presenza di corpi drenanti nei terreni.
5. **Tecniche di uso e conduzione dei suoli forestali e agrari che comprendano gli effetti sulla:**
- conservazione o miglioramento della capacità d'infiltrazione e di ritenzione idrica utile del terreno;
 - incremento e/o miglioramento dell'*humus*;
 - massima riduzione rispetto allo stato presente e nel tempo, dell'erosione;
 - distribuzione e rallentamento delle acque quando "correnti";
 - riduzione effettiva ed efficace di rigonfiamenti, appesantimenti, instabilità di suoli anche in relazione alla pendenza;
 - incremento e/o miglioramento dell'*humus*;
 - contenimento dell'impatto negativo della fauna selvatica sull'erosione, compattazione, o scavo diffuso dei suoli e sulla rinnovazione naturale delle specie forestali.
6. **Misure di riduzione del rischio di incendi;** le strategie di prevenzione degli incendi dovranno tener conto dell'esigenza di affrontare stagioni di rischio più prolungate, incendi sempre più frequenti e intensi e superfici più vaste esposte al pericolo d'incendio. Le misure di mitigazione e adattamento comprendono:
- attuazione di politiche volte a limitare l'abbandono delle aree forestali e l'acuirsi di fenomeni di degrado in quelle percorse da incendio;
 - incentivare la gestione attiva nelle aree ad alto rischio di incendio, applicando strategie su vasta scala di tecniche di riduzione del combustibile per garantire un contenimento del potenziale di innesco e una mitigazione dei danni conseguenti, prevedendo anche forme agropastorali e di pascolamento brado;
 - diradare e riordinare biologicamente e strutturalmente gli ex rimboschimenti;
 - gestire le modalità pianificatorie e tecniche della conservazione delle risorse idriche e del deflusso superficiale anche in funzione della rapida disponibilità per il soccorso antincendio e la minimizzazione dei tempi tra ricarica dei mezzi aerei (es. elicotteri di rapido intervento) e terrestri ed attacco del fronte d'incendio;
 - favorire la diversificazione degli stadi di sviluppo e delle tipologie forestali presenti nel

63 È un metodo di valutazione dello stato di salute ecologica degli ambienti fluviali, basato sull'analisi speditiva dei parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema preso in considerazione. Può essere applicato in qualunque ambiente d'acqua corrente, sia di montagna che di pianura, ambienti alpini e appenninici, insulari e mediterranei in genere.

mosaico paesaggistico privilegiando specie con ridotta infiammabilità ed autoctone, sulla base di zonizzazioni del rischio d'incendio;

- progettazione di infrastrutture per l'attacco diretto al fuoco (viabilità, viali parafulco) calibrate in relazione al comportamento atteso dell'incendio, da definire in base ai modelli di combustibile per tipologie forestali ubicate nei territori;

- mantenere e favorire piani inferiori e intermedi del bosco con specie arbustive ed arboree caratterizzate da un buon sviluppo di individui relativamente distanziati, (lauro, corniolo, agrifoglio, sambuco, corbezzolo, biancospino, alaterno, viburno, scotano, ecc.) secondo i rispettivi habitat.

7. Incentivare la protezione e prevenzione dei fenomeni di degrado del patrimonio forestale incrementandone la resistenza e la resilienza ai disturbi, quindi:

- salvaguardare e incrementare la biodiversità specifica e strutturale delle foreste italiane;

- realizzare sulle superfici abbandonate nuovi impianti forestali polispecifici;

- realizzare fasce di vegetazione arborea nel paesaggio agro-industriale e nelle zone urbane;

8. Progettare strade forestali, viabilità rurale, movimenti di terra, sbancamenti, cave, edificazioni, ecc., prevedendo con indagini geopedologiche ed idrologiche, gli effetti sull'abbassamento della linea piezometrica nel versante a monte, le modifiche al bilancio idrico dei suoli ed il drenaggio a fine opera, gli effetti a valle e la riduzione effettiva ed efficace di rigonfiamenti, appesantimenti, instabilità di suoli e versanti anche in relazione alla pendenza e alla intensità e durata delle piogge critiche.

9. Determinare l'efficienza funzionale dei suoli e delle strutture forestali, ai fini idrogeologici, idraulici e di conservazione delle risorse idriche. In tal senso, la protezione della funzionalità forestale deve attuarsi anche attraverso criteri ed obiettivi di gestione forestale che:

- riducano le alte temperature estive al suolo e l'escursione termica;

- favoriscano la formazione di humus più igroscopici e strutturati e comunque il loro miglioramento;

- migliorino la capacità idrica del terreno e l'infiltrazione;

- evitino la riduzione di profondità del terreno ma, anzi, la favoriscano;

- inseriscano la ETp (Evapotraspirazione potenziale) ed ETr (Evapotraspirazione reale) come un criterio determinante nella formazione delle comprese;

- minimizzino la "forzatura" alla permanenza di specie che divengono meno adatte a condizioni climatiche modificate, ed assecondino l'insediamento di specie e loro associazioni floristiche più in equilibrio con le condizioni climatiche sopravvenute o comunque con gradienti termo-pluviometrici diversi, prevedendo anche il re-inserimento di specie autoctone;

- riducano la competizione intra-specifica e favoriscano in prevalenza rapporti od interazioni interspecifici di tipo positivo, secondo la terminologia ecologico-forestale;

-
- introducano la valutazione del grado di sviluppo/vigoria o condizioni fitosanitarie (es. trasparenza ed anomalia delle chiome, sintomatologie di stress e sofferenza) insieme alla stima della posizione sociale, con controllo incrociato dei dati ai fini dei tagli sia selettivi, che di diradamento e di prelievo produttivo (D'Aprile, 2003b);
 - effettuino una selezione positiva attiva sugli individui basandosi prioritariamente su condizioni fitosanitarie e sintomi (i più bassi possibile) da stress di vario tipo e sul "grado di sviluppo", e secondariamente sulla produttività. Del resto, la produttività dipende anche da condizioni sanitarie, grado di sviluppo e vigoria che ne sono una necessaria premessa(D'Aprile, 2003b);
 - favoriscano il rilascio di materiale di piccole dimensioni (es.: cippato, fogliame, rametti) sul suolo forestale, per:
 - o il miglioramento del contenuto di macro e microelementi (azoto e vari elementi minerali) e loro restituzione a rilascio graduale;
 - o la rapida formazione e un relativamente breve turnover della sostanza organica;
 - o migliorare la capacità antierosiva del suolo;
 - o contrastare le pullulazioni di insetti dannosi e di patogeni fungini con attitudine anche saprofitaria.
 - inseriscano la ETP ed ETR come un criterio determinante nella formazione delle comprese;
 - riducano fasi di accrescimento accelerato della biomassa (es. fasi giovanili: primi 10-30 anni) quando tale crescita non trovi adeguate disponibilità idriche (es. piovosità, capacità idrica dei suoli, ecc.). Tale situazione, oltre a non permettere il pieno esprimersi della potenzialità produttiva, può ridurre le riserve idriche rendendo più accentuato lo stress idrico estivo;
 - introducano un criterio di pianificazione e intervento basato non tanto sulla densità dei fusti quanto sulla copertura minima sostenibile sia per la conservazione di una copertura permanente del suolo e del microclima forestale che per mantenere uno stimolo incrementale più regolare;
 - mantengano un più alto tasso d'umidità relativo del sistema, contribuendo alla riduzione del rischio d'incendio ed aumentando la velocità di degradazione del materiale morto;
 - utilizzino al meglio le diverse nicchie ecologiche delle specie forestali;
 - minimizzino gli impatti sul suolo migliorando tecniche e tecnologie di utilizzazione forestale.

10.Approfondire le conoscenze bio-ecologiche dei boschi caratterizzati da basso livello funzionale, da struttura semplificata e di aree marginali o degradate, largamente prevalenti nell'area appenninica e mediterranea al fine di migliorarne le potenzialità ambientali e l'interesse economico e produttivo;

Ovviamente per valutare complessivamente l'effetto della gestione selvicolturale sia sull'efficienza nella fissazione di carbonio delle risorse forestali che sulla loro capacità di adattarsi e contribuire al contenimento degli impatti del cambiamento climatico, occorre considerare l'intera filiera dei prodotti legnosi ritraibili. Ad esempio, nel caso di soprassuoli a crescita relativamente lenta (quali tipicamente quelli di origine naturale, almeno in ambito mediterraneo) non è conveniente indirizzare la produzione verso assortimenti legnosi con ciclo di vita breve (come avviene, a esempio, per fini energetici).

In linea generale, per i soprassuoli coetanei se il ciclo di vita degli assortimenti prodotti è mediamente più breve del turno fisiocratico è conveniente adottare turni più lunghi di esso, mentre, al contrario, se il ciclo di vita degli assortimenti prodotti è mediamente più lungo del turno fisiocratico è conveniente adottare turni più brevi di esso, ammesso che possano essere raggiunte le soglie dimensionali per la produzione degli assortimenti desiderati (Corona *et al.*, 1997). In pratica, considerando l'effetto di massimizzazione complessiva del carbonio atmosferico fissato nel legno e senza tenere conto dell'immagazzinamento di carbonio nel suolo, ne consegue il paradosso, non del tutto avvertito dai tecnici e dai ricercatori che, come orientamento generale, in Italia potrebbe essere conveniente un allungamento dei turni per buona parte dei cedui e una loro riduzione per buona parte delle fustaie coetanee, con benefici anche sulla commerciabilità del materiale ritraibile.

Sono note d'altra parte le molteplici difficoltà che condizionano le effettive possibilità di utilizzazione delle risorse forestali, limitando così le potenzialità di sviluppo d'impresa in grado di garantire i servizi ambientali e sociali del bosco. La diffusione dell'associazionismo rappresenta in tal senso uno strumento indispensabile per la gestione delle aree forestali, in grado di permettere, tra l'altro, l'uso di macchine e attrezzature tecnologicamente avanzate e a limitato impatto (Baldini *et al.*, 2009). In particolare è opportuno sviluppare forme di gestione in grado di valorizzare la produzione di beni capaci di soddisfare consumi responsabili, di qualità e con forti legami con il territorio (Corona e Berti, 2010), in riferimento alla domanda di:

- legno come materiale da costruzione ottimale per le esigenze del costruire e dell'abitare sostenibile (a es., bioedilizia e arredo con legno massiccio/lamellare);
- prodotti non legnosi capaci di favorire la crescita di reddito sfruttando la fruizione turistico-ricreativa e culturale dei boschi, incentivando la loro certificazione e la tracciabilità;
- biomassa legnosa per energia, pur nella consapevolezza che la quantità di biomasse forestali utilizzabili a tal fine è comunque significativamente inferiore rispetto al consumo e che è preferibile sostenere un uso a "cascata" del legno, dagli usi più nobili fino ad arrivare a quelli meno nobili (bioenergia). (Drigo *et al.*, 2007)

7.2. La pianificazione forestale come strumento per la lotta al cambiamento climatico

La presenza di situazioni climatico-ambientali diverse richiede che pianificazione, gestione e progettazione siano integrate e riferite a zone più o meno omogenee per tipo di variazione climatica entro cui adottare ed applicare le strategie di adattamento di cui al paragrafo 7.1. In altre parole, appare molto importante intervenire prima a livello di analisi e pianificazione

territoriale e poi nello sviluppo di forme di gestione (senso lato) e progettazione, secondo una zonizzazione che scaturisca dai risultati di indagini conoscitive in seno alle diverse aree climatico-ambientali simili per *trends* di variazioni climatiche e da relativi modelli che trovino un riscontro nell'uso della vegetazione (associazioni fitosociologiche) anche come indicatore ambientale dinamico.

Le diverse forme di pianificazione e progettazione dovrebbero quindi considerare i cicli ed andamenti medi di precipitazione massima e minima e relative tendenze stagionali e mensili (D'Aprile, 2011). Data la notevole variabilità a livello annuale, stagionale e mensile si prevederanno le utilizzazioni e gli usi del suolo di vario tipo calibrandoli secondo i periodi di maggior avversità, in modo da non rischiare di superare quel minimo di tollerabilità dell'ecosistema forestale durante i periodi più difficili (es. minima precipitazione media stagionale o mensile), evitando di programmare usi e/o consumi di risorse idriche o da esse dipendenti secondo i valori di massima disponibilità ma progettandoli invece su quelli di minima disponibilità.

In questo senso, per i suoli forestali l'evapotraspirazione potenziale e reale forniscono modelli dinamici e zonizzabili che sono efficace sintesi della capacità idrica dei suoli e soprattutto della sua variabilità rispetto agli andamenti climatici (c.f.r lavori di D'Aprile (su Reggello, Pienza), Costantini, (su abete-Amiata), Sulli (su Vallombrosa)).

La zonizzazione dovrebbe poi essere messa in relazione alle caratteristiche bio-ecologiche e fisionomiche delle vegetazioni come tratto non solo paesaggistico e/o naturalistico ma anche idoneo ad indicare, tramite il monitoraggio, quelle dinamiche e risposte rilevanti ai sensi delle modificazioni climatico-ambientali, quindi di assetto del territorio, che scaturiscono sia dalle modificazioni climatiche presenti, sia dal variare delle destinazioni e modalità d'uso del territorio rurale ed ambientale-forestale. Si ritiene perciò necessario utilizzare il monitoraggio come strumento ordinario e fondamentale di gestione forestale, proprio perché il clima e gli ecosistemi sono per natura dinamici e richiedono aggiornamenti, adeguamenti e verifiche delle loro condizioni e conseguente adeguamento degli usi. Il monitoraggio e la relativa zonizzazione dovrebbero basarsi anche su indici bioclimatici, fitoclimatici e fitosociologici mirati ai diversi oggetti secondo le finalità applicative.

7.3. Criteri gestionali

La variabilità e la dissimilarità degli andamenti climatici a livello locale e la necessità di seguirne gli effetti e le modificazioni indotte sulle foreste richiedono una sintesi operativa efficace e soprattutto non preordinata da usi stabiliti a priori ma basata sulla verifica della reale ed oggettiva produttività netta dell'ecosistema foresta (non solo legnosa). Nello scenario relativo agli adattamenti e/o agli impatti del clima, la pianificazione o la programmazione della gestione forestale verificano ed elaborano la realtà di una dato ecosistema forestale. Tale procedura si realizza stimando il consumo o i *surplus* in relazione all'evoluzione delle dinamiche presenti o, realisticamente, gli adattamenti di sopravvivenza di fronte alle variazioni climatiche.

Una delle forme di pianificazione forestale idonee a essere applicate in tal contesti è la "Norma Ecologica" (D'Aprile, 2003b, 1998a, 1998b, 1994). Alcune prime applicazioni preliminari e parziali dei principi, criteri e metodi hanno evidenziato risultati forse superiori alle attese (D'Aprile, 2003).

L'integrazione di alcuni semplici criteri di classificazione strutturale delle piante forestali come per esempio la "posizione sociale" con il "grado di sviluppo" (condizioni di vigoria x salute = tendenza alla progressione, stazionarietà o regressione) rivela dinamismi sia noti che inattesi e si rivela particolarmente utile nelle formazioni miste. Ciò contribuisce a stimare quale e quanta massa può essere asportata a livello di unità e di compresa forestale secondo e nel rispetto delle dinamiche evolutivo-strutturali presenti.

Il particellare stesso, dinamico e progressivo, segue le variazioni pedo-stazionali che mostrano un'influenza oggettiva sulla composizione floristica e/o sulla struttura e/o sulla condizione fitosanitaria e produttiva del bosco, in modo che, mentre la naturale funzionalità e quindi stabilità e produttività del bosco vengono favorite o migliorate, i fattori di stress si riducano o anche scompaiano.

Un tipo di approccio come la "Norma Ecologica" quale tecnica pianificatoria aperta consente di implementare non solo le forme d'uso rivolte alla produzione legnosa ma anche quelle inerenti la stima della produzione idrologica e protezione idrogeologica, la stima dell'assorbimento di CO₂, la stima della variabilità e dinamismo della biodiversità vegetale, ed altro, tramite indicatori di vario tipo. Nello specifico, la biodiversità vegetale rimane un valido indicatore di qualità dell'ecosistema forestale, seppur non l'unico, come anche alcune proprietà del terreno, stazionali e idrologiche che possono essere messe in relazione anche alla stima del valore regimante dei terreni forestali.

La regolazione delle acque e la conservazione del suolo sono tra i più importanti servizi esercitati dagli ecosistemi forestali, in quanto il bosco determina un aumento dei tempi di corrvazione e la regolarizzazione dell'approvvigionamento idrico dei suoli forestali e delle falde acquifere con essenziali miglioramenti sul piano qualitativo e quantitativo. La vegetazione agisce con un'azione di tipo fisico e biologico riassumibile in: evapotraspirazione, intercettazione delle precipitazioni, attutimento dell'azione battente della pioggia al suolo, rallentamento del deflusso, filtrazione, arricchimento, riduzione dell'evaporazione del suolo, impulso ai processi pedogenetici, miglioramento delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo.

Pertanto l'incremento sensibile della capacità idrica del suolo od almeno l'assenza di deterioramento rivestono un ruolo chiave nel bilancio idrico di una qualsiasi unità territoriale. È comunque importante ricordare come la copertura forestale rappresenti la prima difesa all'espandersi dei fenomeni di degrado (caduta o rotolamento di pietre, erosione idrica superficiale e, in parte di massa, con frane e smottamenti, slavine e valanghe, ecc.) cui conseguono, fra l'altro, la riduzione del recupero delle riserve idriche del terreno e in alcuni casi di quelle profonde e minor controllo delle acque di deflusso superficiale.

È ormai ampiamente riconosciuto, ma troppo spesso dimenticato come la capacità di protezione esercitata dai soprassuoli forestali risulti molto fragile quando, oltre alla scarsa gestione attiva, essi siano soggetti a impatti antropici come ad esempio:

- incendi dolosi e colposi;
- utilizzo indiscriminato;
- abusivismo edilizio;
- eccessivo pascolamento,
- utilizzazioni forestali inadeguate tecnologicamente e/od a forte impatto sul suolo;

-
- sfruttamento insostenibile delle produzioni legnose;
 - asportazione od erosione della lettiera a maggior contenuto di macro e micro elementi;
 - inquinamento, nelle diverse forme;
 - abbandono di rifiuti di qualsiasi tipo.

7.4. Le attività produttive e i sistemi socio-economici

La capacità dei sistemi produttivi di rispondere agli impatti del cambiamento climatico, il livello delle disuguaglianze e la frammentazione sociale, misurano la dimensione socio-economica della vulnerabilità di una regione. Per un sistema sociale far fronte ed adattarsi ai cambiamenti climatici in atto dipende da innumerevoli fattori (ricchezza e sua distribuzione, tecnologia, educazione, conoscenza, infrastrutture, disponibilità e accesso alle risorse, capacità gestionali, livello di integrazione e di coesione sociale). Pertanto ai diversi livelli di sviluppo economico di un paese o di una regione corrisponderanno determinate misure di adattamento ai cambiamenti climatici, che rendono il paese o la regione più o meno vulnerabile ai cambiamenti stessi.

In questo contesto per l'Italia si possono registrare diversi gradi di vulnerabilità ai cambiamenti climatici, dovuti sia alla diversità geografica e territoriale che alle storiche disuguaglianze nel livello di sviluppo e nella natura dell'economia che caratterizza le diverse regioni, e all'interno di queste gli ambiti locali. Il settore produttivo legato alla risorsa forestale come i settori produttivi legati alle risorse naturali quali suolo, acqua e paesaggio (agricoltura, turismo benessere sociale e salute) sono i settori generalmente identificati come più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico per il nostro paese. Le aree ritenute più vulnerabili sono le zone costiere, le zone aride e le zone montane e alpine, soggette rispettivamente a previsioni di innalzamento delle acque del mare e ai mutamenti del ciclo idrologico. Per queste aree gli impatti del cambiamento climatico potrebbero generare pesanti ripercussioni sulle attività produttive ed economiche locali, in particolare per i settori agricoltura, selvicoltura e turismo, con inevitabili conseguenze sul tessuto sociale di queste aree in molti casi già classificate come marginali e/o con problemi complessivi di sviluppo.

I boschi e la loro gestione, oltre a costituire per numerose comunità locali una importante forma di sostentamento e di governo del territorio, rappresentano la risorsa primaria sia per la complessa filiera nazionale e locale foresta-legno (mobile, opera, energia, carta e pannello) che per numerosi prodotti legnosi e non legnosi secondari, servizi e attività locali legate in particolare all'indotto turistico.

8. Monitorare l'impatto del cambiamento climatico

Per monitorare e valutare le azioni intraprese dalle politiche globali e locali nella lotta al cambiamento climatico è opportuno sviluppare idonei indicatori di adattamento utili, tra l'altro, anche a valutare le azioni di mitigazione. In particolare per gli interventi di adattamento a carico delle formazioni boschive è opportuno pianificare operazioni selvicolturali che possono contribuire sia al miglioramento dei livelli ecologico-funzionali delle foreste, che dare sostegno contro gli impatti dei mutamenti climatici nei confronti delle società ed economie in particolare locali. In questo contesto, risulta necessario sviluppare una serie iniziale di indicatori "forestali" di adattamento, al fine di monitorare più efficacemente non solo l'impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi forestali (comprese le ripercussioni al settore produttivo ad essi collegato e in termini di vulnerabilità ecologica), ma allo stesso tempo anche i progressi compiuti dalle azioni intraprese e da quelli realizzati in materia di mitigazione. Ciò permetterebbe di intervenire tempestivamente correggendo o re-indirizzando le politiche in atto. È bene comunque considerare che misurare gli impatti delle politiche e dei programmi di settore pone una serie di sfide date dall'incertezza del risultato, dovuti in primo luogo ai tempi biologici medio-lunghi delle cenosi forestali, che non sempre corrispondono alle esigenze economiche e soprattutto politiche. A loro volta però, queste ultime possono risultare poco efficaci od inapplicabili allorché non siano fortemente sviluppate e coordinate sulla base dei risultati di verifiche oggettive del territorio e dell'ambiente forestale.

La Commissione Europea coadiuvata dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), ha avviato i lavori per l'elaborazione di indicatori finalizzati a fornire informazioni sulla vulnerabilità di un determinato settore o regione e a dare un riscontro sulle modalità in cui le politiche e i sistemi in atto affrontano i problemi, valutandone così l'idoneità, l'efficienza e la flessibilità. Il primo adeguamento potrebbe avvenire dopo la conclusione dell'accordo UNFCCC su ulteriori interventi di mitigazione, visto che il grado di ambizione degli interventi futuri di riduzione delle emissioni inciderà sull'entità delle strategie e iniziative di adattamento in tutta l'UE.

Il *Libro verde* (2010) della Commissione europea evidenzia che sia possibile ridurre, grazie a un approccio integrato, intersettoriale e globale della ricerca, le incertezze per quanto concerne la precisione delle previsioni sugli impatti dei cambiamenti climatici, sui costi e i benefici delle misure di mitigazione e adattamento. Tra i lavori di ricerca da svolgere, la Commissione raccomanda, tra l'altro, l'elaborazione di metodi globali e integrati, di indicatori e modelli a lungo termine per il miglioramento delle previsioni su scala regionale e locale. Questo consente una maggiore accessibilità ai dati disponibili e l'analisi approfondita degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi, le modalità per aumentare la capacità di resistenza di questi ultimi, la promozione dei sistemi di informazione, o ancora il rafforzamento dei legami tra i ricercatori in Europa e nei paesi terzi.

I dati dei fenomeni in atto ottenuti permetterebbero di rinforzare sia il ruolo della ricerca applicata che quello della programmazione e pianificazione che potranno contare su serie storiche e su analisi climatico-ambientale ed ecologico-forestale capaci di individuare criteri e modalità gestionali specifici per il contesto operativo locale, garantendo una migliore azione di salvaguardia degli ecosistemi forestali e il miglioramento e l'utilizzazione economica, diretta ed indiretta delle foreste.

Nella realtà operativa della gestione e uso forestale, gli obiettivi e criteri di gestione forestale volti a ridurre l'impatto delle modifiche climatiche possono essere valutati e realizzati applicando indicatori pratici e tecniche relativamente semplici. Le foreste si inseriscono in uno

scenario più ampio, e l'impatto delle variazioni climatiche – alla scala attuale – richiederebbe la verifica sperimentale degli effetti delle forme d'uso forestale in tale scenario. Questa è condizione necessaria per capire quali sono le spinte e i fattori prioritari che influiscono, condizionano o causano impatti sulle diverse tipologie forestali, quali siano le “risposte” di queste ultime e quindi su cosa basare gli interventi – e quali interventi – al fine di ridurre le influenze negative sugli ecosistemi, traendo dei benefici sociali ed economici e cercando di assecondare l'evolversi di processi che vanno oltre la portata del selvicoltore e del settore forestale in generale.

È quindi necessario identificare a livello regionale, zonale o di paesaggio, nonché per aree omogenee, quali sono le reali modificazioni climatico-ambientali avvenute e/o in corso, a cui uno o più tipi di vegetazione sono suscettibili. Questo perché le variazioni climatiche e i relativi effetti in ambito forestale non dovrebbero essere dedotti per similarità né generalizzati, ma necessitano di essere identificati anche caso per caso anche per evitare ridotta efficacia od utilità, quando non danni, delle scelte, soluzioni ed interventi conseguenti (D'Aprile *et al.*, 2010). Per identificare e quantificare la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, si possono impiegare indicatori distinti in tre livelli:

- **Alto livello tecnologico, scientifico e informativo**, di vasto raggio d'applicazione,

necessario alla comprensione dei processi e dinamismi climatico-ambientali ed ecologici forestali soggetti a variazioni e alterazioni sia antropogeniche che non, mediante monitoraggio.

- **Verifiche e misurazioni “in campo”**, sia come dati interfacciabili che di riscontro con quanto rilevato a livello di alta tecnologia, sia per il controllo e la selezione di fenomeni, processi e fattori che potrebbero confonderne i risultati, o che possono non essere rilevabili da tecnologie avanzate.

- **Monitoraggio a terra di parametri ambientali e forestali: approccio per tipi forestali secondo i sistemi di nomenclatura europea, nazionale e regionale esistenti** (Barbati *et al.*, 2008), con e senza interventi, e loro comparazione nel tempo, al fine di comprendere:

- o gli effetti, al fine di prevenire degradi o danni a varia scala e capire quali interventi ed azioni siano più efficaci nella realtà operativa.

- o la risposta delle formazioni forestali ai fattori abiotici ed agli interventi e azioni condotte dall'uomo;

In ogni caso è fondamentale accettare che i cambiamenti climatici e/o ambientali incidono su variabili, fattori e risorse più ampi che la vegetazione forestale in sé, la quale ne può essere fortemente influenzata od anche subirne degli impatti. Ad esempio, riduzione della disponibilità di risorse idriche utilizzabili, aumento di aridità od onde di calore, alterazione delle fasce fitoclimatiche, aumento di CO₂ sono alcuni fattori e processi di grande influenza sulla composizione, dinamismi, condizioni fitosanitarie, produttività e funzionalità delle foreste (stress idrico, incendi, patologie derivate, squilibri tra entomofauna dannosa e meccanismi di controllo, ecc.).

Alla base della pianificazione e gestione delle risorse forestali devono trovarsi sistemi integrati di monitoraggio e tecnologie avanzate, come il *remote sensing*, la risposta fotosintetica e di tasso respiratorio delle formazioni vegetali, il *leaf area index*, la relazione tra andamento degli accrescimenti e andamento di temperatura e precipitazione (stagionali e mensili), il rapporto con l'evapotraspirazione usando l' *indice di Palmer*, le reazioni e le

modifiche delle relazioni tra specie forestali e patogeni.

Queste metodologie sono abbastanza avanzate e relativamente poco costose una volta che la strumentazione è acquisita, richiedono relativamente poco personale di elevata qualità professionale e possono coprire tutta la superficie nazionale. Una volta impostato il sistema, la maggior parte del lavoro consiste nell'aggiornare i database onde seguire l'evoluzione o monitorare le relazioni tra i parametri rilevati, le variazioni climatico-ambientali e gli interventi di varia scala adottati (o non adottati ma comunque esistenti sul territorio). Questa attività, che presiede a verifiche, accertamenti, valutazioni, programmazioni e controllo del settore, appare di competenza pubblica ed istituzionale sia per gli oneri, sia per le finalità e funzioni.

8.1. Indicatori pratici per la gestione forestale

Al fine di pianificare una corretta gestione forestale, è opportuno raccogliere una serie di informazioni utili volte a misurare la stabilità e l'efficienza ecologico-funzionale delle foreste. Quindi la valutazione dello stato fitosanitario, l'andamento dei regimi termo-udometrici, le caratteristiche quali-quantitative dei suoli nonché una serie di parametri ecologici e selvicolturali, rappresentano la base per la creazione di indicatori di impatto.

In prima analisi il confronto dei dati inventariali, forniti dall'ultimo Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (INFC) e dal suo prossimo aggiornamento, permetterà di avere a disposizione una fonte informativa fondamentale sulla stima delle superfici del bosco. In particolare, avremo a disposizione la variazione della superficie boscata nazionale (ha) ripartita nelle diverse categorie forestali, oltre a informazioni dettagliate, tra cui i valori totali e per unità di superficie del volume della biomassa arborea nelle diverse tipologie colturali dei boschi. Particolare importanza assume la serie storica della superficie forestale media annua percorsa da incendio e della superficie media dell'evento incendio (ha) (Fonte: Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio Agroforestale - database per il rilevamento annuale su base vettoriale delle superfici forestali percorse da incendio nel periodo 2008-2012 (RAPF).

La salvaguardia del suolo contribuisce notevolmente a conservare e migliorare sia la sostenibilità degli usi forestali, sia la capacità idrica che la produttività ecologica della foresta, in cui rientra quella legnosa. In generale è quindi necessario monitorare, variando le priorità a seconda dei casi:

- i danni e le condizioni fitosanitarie con particolare riguardo sia alle sintomatologie diffuse di *stress* o di deperimento;
- le modificazioni del regime termo-udometrico dei suoli;
- le dinamiche di specie animali sia vertebrati che invertebrati, potenzialmente o realmente dannosi alla foresta;
- il carico di ungulati non limitativo per la rinnovazione della foresta;
- il degrado del suolo per fenomeni erosivi o di costipamento oppure legato a modalità gestionali, qual attività selvicolturali e di utilizzazione forestale;
- il miglioramento del suolo in relazione all'uso ed alla struttura ecologico - forestale;

-
- la presenza e/o il livello di inquinanti anche nel suolo (es. alluminio libero);
 - l'andamento della rinnovazione da seme (mortalità, natalità, distribuzione, età, dimensioni, condizioni fitosanitarie e di crescita) in relazione alle condizioni di humus, erosione, struttura e composizione floristica, pascolo da parte di ungulati;
 - la spontanea diffusione e distribuzione delle specie secondo le caratteristiche stazionali e/o sopravvenute modificazioni climatico-ambientali;
 - le evoluzioni floristiche e strutturali della foresta anche in assenza di interventi, compresi i livelli fitosociologico e di *humus*;
 - le densità di diradamento, di avviamento all'alto fusto, o altri interventi in cui si verifica l'inizio della rinnovazione e/o un minor impatto sul suolo, con particolare riferimento all'innescio di fenomeni erosivi ed all'ingresso di vegetazione protettiva;
 - gli effetti dei vari tipi d'uso locale (es. turismo, ricreazione, attività selvicolturale, raccolta prodotti non legnosi) e non-locale (es. modificazioni del regime idrico, inquinamento, ecc.) e ricalibratura della gestione forestale;
 - le correlazioni fra caratteri e/o proprietà stazionali e pedologici legati alle tipologie floristiche soprattutto nell'ambito della gestione a fustaia.

Ciò si può ottenere mediante strumenti ed indicatori applicativi quali ad esempio:

- la formazione di aree permanenti e *transects* di monitoraggio quali "testimoni" delle tendenze evolutive del bosco anche in totale assenza di disturbo;
- zonizzazione della foresta basata su aree con caratteri di similarità climatica stazionale (esposizione, altitudine, morfologia), stazionale e pedologica nei caratteri e/o proprietà influenzanti la tipologia vegetazionale in *primis* mediante una progressiva delimitazione di "comprese ecologiche" e successivamente tramite un indice di qualità stazionale (es.: altezza dominante);
- interventi selvicolturali basati su analisi floristico-strutturali e fitosociologiche per l'identificazione dei criteri di intervento (posizione sociale e tendenza di sviluppo/condizioni fitosanitarie);
- ai fini della biodiversità e dell'adattamento a condizioni climatiche e/o ambientali modificate, il rilascio di specie diverse indipendentemente dalla posizione sociale e dallo stadio di sviluppo se non regressive o deperienti;
- l'assenza di un limite superiore di accrescimento diametrico;
- il prelievo di materiale legnoso inferiore all'accrescimento corrente o intercalare;
- il sondaggio delle caratteristiche tecnologiche dei legnami qualora si delinei la richiesta di una produzione legnosa a più alto valore aggiunto;
- l'uso di sistemi di esbosco a minimo impatto sul suolo come criterio principale di scelta delle tecniche e tecnologie di utilizzazione forestale;
- progettare e/o sistemare la viabilità secondo caratteristiche idonee alla tipologia forestale ed al regime di precipitazioni, con riferimento ai periodi di criticità;

-
- applicazione di analisi economiche secondo appropriati criteri di stima, multicriteri e multiobiettivo nella valutazione della realizzazione opere e/o destinazioni d'uso (es. analisi costi-benefici, "goal programming", Valore Attuale Netto, matrice del bilancio contabile, disponibilità a pagare, metodo della valutazione contingente, saggio di sconto sociale, ecc.).

8.1.1. ***Le associazioni forestali***

Le associazioni vegetali e forestali, allorché riunite sulla base di simili caratteristiche, esigenze o capacità (gruppi ecologico-funzionali) sono spesso dei validi indicatori ambientali. Tramite il monitoraggio, consentono infatti di verificare e, quando materialmente possibile, prevenire od attenuare gli effetti o le conseguenze di cambiamenti nella disponibilità di fattori fisico-ambientali direttamente od indirettamente dovuti a fenomeni non controllabili al livello della gestione ambientale-forestale.

L'importanza della valutazione e difesa delle risorse forestali in funzione della quantità, qualità e regimazione delle risorse idriche è tema di grande discussione a livello internazionale e si sta aprendo anche in Italia (Marchetti *et al.*, 2009)

Un caso di studio dimostrativo di come riduzioni di apporto idrico siano in grado di causare impatti rilevanti negli ecosistemi forestali è quello osservato nel Mugello (Toscana), dove tale diminuzione si è manifestata in modo consistente in corpi idrici sia sotterranei che superficiali, sebbene il fenomeno per lo più non dipenda da cause climatiche (D'Aprile, 2003).

Sono stati identificati in campo i gruppi funzionali di specie legate al fabbisogno di acqua, quali associazioni igrofile (A e B), mesoigrofile (A e B) e mesofile. La scomparsa permanente od anche solo estiva del flusso idrico nei torrenti e di disponibilità idrica in aree alimentate da falda vede le associazioni igrofile prima frammentarsi e poi scomparire, od anche si estingue rapidamente in pochi anni; subentrano associazioni mesoigrofile o direttamente mesofile in base al grado di disponibilità idrica rimasta sia in termini temporali (es.: stagionalità) che di localizzazione (es.: restrizione superficie corpo idrico superficiale).

Ciò ha portato a una successione di specie meno esigenti e in più casi alla totale sostituzione della tipologia vegetazionale (es.: alvei ad ontani neri e salici sostituiti da vegetazione mesofila dei boschi circostanti (carpino nero, orniello, robinia, ecc.), la quale è legata al contenuto idrico e regime idrometrico del suolo ma non a flussi idrici. In sintesi, l'impatto ambientale-forestale consiste in:

- scomparsa e/o forte contrazione di ecosistemi specializzati come quelli ripari;
- riduzione marcata di biodiversità;
- impoverimento del paesaggio;
- grave danno alla regimazione idraulica:

O gli alvei tendono a riempirsi con specie arbustive ed arboree in lunghi tratti, creando pericolosi ed estesi intasamenti del reticolo idrografico (torrenti, rivi, ecc.). La presenza di flusso idrico permanente limiterebbe naturalmente l'ingresso di specie che riducono od occludono la sezione d'alveo;

- scomparsa dell'azione di fitodepurazione delle acque.

Conclusioni

Oltre allo storico ruolo produttivo svolto dai boschi, oggi alle risorse forestali vengono riconosciute nuove e importanti funzioni a beneficio dell'intera collettività, tra cui indiscutibilmente riveste un ruolo fondamentale il contributo alla lotta agli effetti provocati dal cambiamento climatico. Sulla scena internazionale, il ruolo e la vulnerabilità degli ecosistemi forestali nei confronti del *"global change"*, sono diventati un tema prioritario di studio per la comunità scientifica e allo stesso tempo oggetto di interesse per tutte le decisioni che vengono intraprese in ambito politico per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici. È ormai ampiamente riconosciuto il contributo alla mitigazione, grazie alla funzione naturale di assorbimento della CO₂ atmosferica. Inoltre, le formazioni boschive, possono fornire, un importante contributo nel contenimento degli impatti sui sistemi ecologici, produttivi e sociali e diminuire così la loro vulnerabilità. Ciò può avvenire attraverso una loro attenta gestione e mirata utilizzazione con cui non solo possono essere salvaguardati ecosistemi naturali a rischio di mutamento ma anche economie, società e popolazioni potenzialmente a rischio, in particolare in ambito locale.

Come tutti i sistemi naturali i boschi risentono però dei mutamenti climatici in atto, i cui primi effetti (misurabili in termini di danni ambientali, economici e sociali), sono una minore efficienza funzionale degli ecosistemi forestali, e quindi della loro capacità di assorbimento e stoccaggio del carbonio atmosferico. Per poter esprimere al meglio i propri servizi, la foresta deve trovarsi in una condizione di buona salute ovvero, in termini ecologici, in una condizione di elevata efficienza funzionale o capacità bioecologica⁶⁴.

Le strategie di mitigazione non possono quindi prescindere dall'attuazione di adeguate misure di adattamento per ridurre, non solo, la vulnerabilità degli ecosistemi forestali agli impatti dei cambiamenti climatici, ma anche per valorizzare il ruolo che le foreste e la selvicoltura possono svolgere per società ed economie locali.

Con riferimento ai boschi italiani, storicamente oggetto di una forte azione antropica, i fattori che determinano la loro condizione ed evoluzione e quindi la loro capacità di svolgere determinate funzioni in maniera ottimale, non sono determinate solamente dai cambiamenti climatici. Oggi le dinamiche naturali dei boschi italiani sono strettamente legate anche alle modificazioni subite nel passato e sono (e possono essere) ancora influenzate dalla gestione che può indirizzare, contenere, velocizzare le dinamiche in atto.

Affinché sul nostro territorio possa essere mantenuta costante la capacità degli ecosistemi di fornire tutta una serie di funzioni, compresa la capacità di "sequestro" di carbonio atmosferico, è fondamentale che tutte le pratiche di gestione e utilizzazione selvicolturale si basino sul principio di non intaccare l'incremento naturale e quindi sui criteri internazionali di

64 In questo senso sono state avviate recentemente esperienze sperimentali, del programma LIFE+, come il progetto MANFOR C.BD. Il progetto *Managing forests for multiple purposes: carbon, biodiversity and socio-economic wellbeing*, mira a testare e a verificare "sul campo" l'efficacia di diverse opzioni di gestione delle foreste ai fini del conseguimento di obiettivi multipli (tra cui la produzione, la protezione e la biodiversità). Il progetto ha carattere dimostrativo ma con importanti ricadute sul territorio rese possibili attraverso la messa in atto di varie strategie di intervento da sperimentare in determinate aree dimostrative, e affronterà tali questioni in diversi settori sperimentali, dalla produzione alle foreste protette, compresi i siti Natura 2000 nonché le specie e gli habitat prioritari. Il partenariato è così composto: Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) beneficiario coordinatore; Università degli Studi del Molise; Consiglio per la Ricerca in Agricoltura (CRA); Regione del Veneto; Regione del Molise; Istituto Forestale Sloveno, Regione del Veneto come partner associato.

Gestione Forestale Sostenibile⁶⁵ (GFS-MCPFE – *Forest Europe*). A tale scopo è prioritaria una condivisa e dettagliata progettazione, pianificazione degli interventi, al fine di mantenere il dinamismo funzionale e la resilienza dei suddetti ecosistemi. In questo contesto, la gestione attiva e multifunzionale della foresta indicata dal Programma quadro per il settore forestale (PQSF) rappresenta lo strumento idoneo per valorizzare la dinamicità dei boschi e la loro capacità di rispondere in tempi medio lunghi alle problematiche emergenti.

Per mantenere positivo il bilancio di CO₂ dell'ecosistema, in base alle caratteristiche climatico-ambientali locali, gli interventi dovranno, principalmente mirare a:

- mitigare i possibili fattori di *stress* (abiotici e biotici);
- ripristinare la copertura forestale danneggiata da eventi naturali e antropici;
- contenere i prelievi legnosi entro i limiti del tasso naturale di accrescimento dei soprassuoli;
- estendere le superfici forestali su aree agricole e non agricole abbandonate, attraverso la rinaturalizzazione e/o il rimboschimento di aree degradate e/o abbandonate, realizzando piantagioni specifiche per la produzione di legname da opera e legna a uso energetico;
- restaurare boschi e aree potenzialmente boschive degradate, al fine di garantire le potenzialità naturali di rigenerazione naturale.
- praticare diradamenti e modalità di taglio ed esbosco a basso impatto ambientale, favorendo la rinnovazione naturale.
- Incentivare l'utilizzo del materiale legnoso.

Inoltre, gli interventi di progettazione, pianificazione e gestione devono concorrere a:

- stimare, preservare e gestire correttamente le risorse idriche;
- salvaguardare il suolo, la diversità ecologica, prevedendo interventi di ripristino e prevenzione da eventi naturali e artificiali calamitosi;
- attuare interventi infrastrutturali compatibili con le caratteristiche ecologiche locali;
- conservare il paesaggio, favorendo anche la continuità territoriale con corridoi ecologici.

Le strategie di mitigazione e adattamento rappresentano gli strumenti principali nella lotta al *climate change* che, con gli impegni sottoscritti con il PK, vedono tutti i Paesi firmatari impegnati a ridurre le loro emissioni secondo regole e *standard* condivisi. Un problema complesso ma di estrema attualità e urgenza è prevedere quali saranno gli eventuali scenari futuri e individuare, per i boschi nazionali, delle possibili azioni di intervento.

Nelle strategie di mitigazione le foreste ed i boschi concorrono attivamente nel ridurre e stabilizzare le concentrazioni di gas serra atmosferici, grazie alla quantità di carbonio stoccata nella biomassa epigea ed ipogea, nel suolo e nella necromassa. Inoltre assume un ruolo

⁶⁵ Definiti nell'ambito del Processo Paneuropeo delle Conferenze Ministeriali per la Protezione delle Foreste in Europa (MCPFE, *Forest Europe*).

importante il carbonio immagazzinato nei prodotti forestali che rimarrà tale per tutto il ciclo di vita del prodotto stesso.

Affinché le strategie di mitigazione possano avere effetti positivi sul cambiamento climatico devono quindi, essere accompagnate da misure di adattamento destinate a far fronte agli impatti già presenti, ed evitare allo stesso tempo, che se ne possano verificare altri in futuro. Ciò implica l'adozione di misure proattive, attraverso la pianificazione della protezione ambientale, e misure reattive per minimizzare le conseguenze negative prevedibili ai cambiamenti del clima futuro, garantendo così l'efficienza degli ecosistemi forestali e riducendo la loro vulnerabilità e le conseguenze di sviluppo per le economie ad essi collegate.

Le priorità di adattamento agli effetti del cambiamento climatico in atto devono mirare a:

- mantenere e incrementare una gestione multifunzionale dei sistemi forestali migliorando lo stato produttivo e di salute delle risorse forestali esistenti nel medio lungo periodo, riconoscendo e incentivando il ruolo dei gestori anche dove l'azione produttiva sia indiretta;
- incentivare forme di utilizzazione forestale che riducano al massimo i processi di degradazione del suolo;
- favorire la conversione di impianti monospecifici alloctoni con specie autoctone in sistemi tipici delle forme di vegetazione locale;
- favorire i dinamismi ed evoluzione dei meccanismi di resilienza dei boschi nei confronti delle modificazioni climatiche in atto;
- incrementare la diversità biologica forestale e degli ecotoni agrosilvopastorali tutelando i patrimoni genetici locali;
- prevenire e ridurre i danni alle foreste e alla rinnovazione naturale da eccessivo carico antropico e animale (domestico e selvatico negli ecosistemi forestali).

Attraverso un'azione coordinata e tenendo conto delle strategie sopra elencate, le priorità strategiche di mitigazione devono quindi contribuire a:

- incentivare e incrementare la gestione attiva del patrimonio forestale secondo i criteri di gestione forestale sostenibile e multifunzionale;
- monitorare e intervenire tempestivamente nella difesa e prevenzione da fitopatie e incendi boschivi, tutelando e migliorando la resistenza e lo stato di salute delle foreste;
- incentivare e incrementare la produzione nazionale di legname di qualità, da opera e per usi energetici;
- favorire azioni e processi produttivi in favore della riduzione dei fenomeni di deforestazione nei Paesi terzi.
- valorizzare la realizzazione di opere di imboschimento e rimboschimento in aree degradate e abbandonate, utilizzando specie autoctone di provenienza certificata e locale.

Inoltre l'uso delle biomasse legnose per la produzione di energia rinnovabile rappresenta

un rilevante contributo alla riduzione della concentrazione atmosferica di gas serra. Lo sviluppo della filiera foresta-legno-energia deve conciliarsi con la conservazione del patrimonio naturale e con le esigenze produttive ed occupazionali. La valutazione della sostenibilità nell'utilizzo delle biomasse legnose è il concetto cardine del sistema e si basa essenzialmente sul dimensionamento degli impianti in relazione alle reali necessità energetiche e capacità di approvvigionamento locali. Sono quindi da incentivare tutti i processi innovativi ed i meccanismi finanziari in grado di migliorare e consolidare la filiera "biomassa-energia". Inoltre, particolare importanza assume, nello sviluppo della *green economy*, la promozione di un modello di produzione di energia da piccoli-medi impianti di cogenerazione o alimentati con biomasse agro-forestali, ben integrati nella rete elettrica di distribuzione nazionale. Si tratta di un modello di microgenerazione distribuita che presenta ampi margini di sviluppo ed ha un valore aggiunto rispetto alle altre fonti: produrre energia da biomassa, infatti, coinvolge tutta la filiera produttiva forestale, agricola, artigianale, industriale, commerciale, servizi diversi ed externalità ambientali positive e interessa in modo profondo l'economia di un intero territorio assicurando occupazione ed effetti ambientali positivi.

I boschi italiani, se valorizzati attivamente con pratiche di gestione sostenibile, possono rappresentare non solo il serbatoio naturale di assorbimento del carbonio, ma anche un fondamentale strumento di investimento nella crescita dell'indotto produttivo ad esso collegato, garantendo così lo sviluppo socio-economico delle aree marginali, rurali e di montagna. La produzione di legname proveniente dai boschi italiani, secondo le statistiche ufficiali, risulta essere ancora fortemente deficitaria per coprire i fabbisogni nazionali, sia per il legname da opera che per la legna da ardere.

Allo stato attuale esistono situazioni idonee per un calibrato aumento delle utilizzazioni legnose, sia in foresta che fuori foresta, da valutare caso per caso, in una logica di sostenibilità e attraverso gli strumenti della pianificazione forestale. In questo senso assume sempre più particolare importanza, nella valorizzazione sostenibile delle produzioni legnose, l'istituzione e la diffusione dei sistemi di certificazione forestale.

Un approccio eccessivamente conservativo, sia politico sia civile al patrimonio forestale, frutto di una scarsa informazione e di un esasperato "ambientalismo da propaganda", e l'assenza di un coordinamento strategico degli enti nazionali e regionali impegnati nella lotta ai cambiamenti climatici, sono le principali criticità per lo sviluppo del settore e la tutela del patrimonio forestale nazionale.

Con riferimento alle competenze istituzionali in materia forestale definite all'art. 117 della Costituzione e ribadite nel PQSF, e alla luce del processo di riforma federalista in atto, sarebbe opportuno e risulterebbe strategico per lo sviluppo del settore forestale nazionale, il coinvolgimento attivo delle Amministrazioni regionali e dei proprietari forestali negli impegni sottoscritti dal Governo Italiano con il PK.

Dai dati dell'IFNC si potrebbero ottenere i dati specifici di CO₂ fissata dal patrimonio forestale di ogni Regione. Definendo un prezzo (anche minimo) per tonnellata di CO₂ (almeno quelle che rientrano nel *reporting* PK) le risorse disponibili potrebbero essere utilizzate additionally per misure forestali specifiche (da definire o già esistenti, come per quelle previste nei PSR) che hanno effetti positivi non solo nella lotta ai cambiamenti climatici ma anche nel presidio e nella salvaguardia del patrimonio forestale nazionale.

Sotto il profilo operativo gli interventi realizzabili per migliorare le capacità dei sistemi forestali di fissare il carbonio atmosferico e di contribuire nell'azione di adattamento dei sistemi naturali e antropici al cambiamento climatico possono essere molteplici. Purtroppo nel

nostro Paese non si è ancora concretizzata la consapevolezza politica di quello che la risorsa forestale nazionale e i settori produttivi a essa collegati, possono realmente fornire. a sostegno di una concreta strategie di adattamento agli impatti ambientali e socioeconomici che il cambiamento climatico sta già generando. L'Italia è però al momento priva di una chiara strategia nazionale per l'adattamento e deve dunque affrettarsi ad affrontare anche in termini operativi questo tema, in quanto la vulnerabilità del nostro Paese al cambiamento climatico è più alta di quanto si possa immaginare. Nell'individuare idonee misure di adattamento e identificare strumenti socio-economici opportuni non bisogna dimenticare, almeno in termini operativi, del potenziale contributo che le risorse forestali e la gestione attiva del patrimonio boschivo nazionale possono fornire.

Allegato 1

Azioni utili e Misure previste per la valorizzazione del ruolo di mitigazione e adattamento delle foreste;

Azioni	Misure	Considerazioni
Riduzione delle emissioni e strategie di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico.	Sviluppo rurale: Misure 122, 225, 227. Misure legislative: Indirizzo strategico nazionale (PQSF)	- Definire una strategia di lungo termine, nell'integrazione dei programmi di settore e con la reale cooperazione tra le istituzioni governative competenti (MATM, MIPAAF, Regioni),
Contributo per i servizi o funzioni ecosistemiche svolti dai boschi nazionali, compresa la funzione di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico	Accordi volontari: (Es. Progetto CarboMark) Sviluppo rurale: Misure 214, 224, 225, 227. Natura 2000 Life+	- Sostenere e coordinare il mercato volontario del carbonio promuovendo un mercato locale dei crediti, per rafforzare le politiche di lotta al cambiamento climatico; - Necessità di riconoscere ai proprietari e gestori dei boschi, la produzione dei crediti di carbonio utilizzati nei Mercati regolati; - Prevedere strumenti specifici di incentivazione, aperti a soggetti pubblici e privati. - Promozione, diffusione e divulgazione della gestione forestale sostenibile e dei servizi fondamentali forniti dalle foreste per il bene del pianeta e della società.
Valorizzare l'assorbimento di carbonio da parte del suolo forestale	Sviluppo rurale: Misure 224, 225	- Regolamentare le attività che comportano asportazioni di sostanza organica dalle foreste; - Adozione di modelli colturali flessibili, orientati alla diversificazione della composizione e della struttura dei popolamenti, in grado di assicurare maggiore capacità di adattamento a situazioni ambientali mutevoli.
Valorizzare l'assorbimento di carbonio da parte del bosco	Sviluppo rurale: Misure 122, 221, 222, 223, 225, 227	- Rimboschimento artificiale con specie autoctone in aree degradate e/o abbandonate. - Valorizzare la rinaturalizzazione spontanea di aree degradate e/o abbandonate - Aumentare i tassi di utilizzazione nei boschi sottoutilizzati mantenendoli inferiori all'incremento annuale della massa legnosa - Conversione a fustaia dei cedui di latifoglie, laddove le condizioni stazionali lo consentano; - Incentivare l'uso del legno nelle costruzioni; - Incentivare l'attivazione di impianti per l'impiego di biomasse legnose.
Valorizzare le funzioni di regimazione e deflusso idrico e sicurezza del territorio	Sviluppo rurale: Misure 224, 225	- Mantenere delle coperture vegetali e forestali ad un grado di estensione ed efficienza sufficiente al livello di bacino; - Favorire il mantenimento delle formazioni ripariali; - Sostenere interventi di stabilizzazione nelle aree a rischio idrogeologico, dei popolamenti forestali nelle fasi giovanili (diradamenti), recupero degli schianti e ricostituzione delle superfici danneggiate.

Azioni	Misure	Considerazioni
Sostegno alle filiere bosco energia con particolare riferimento a filiere corte	Sviluppo rurale: Misure 122,123, 124, 125 221, 222, 223, 312	- Incentivare i processi di certificazione forestale; - valorizzare la produzione di energia verde favorendone la commercializzazione; - Sostenere la produzione energetica locale da biomassa forestale per impianti da 1-4 MW;
Valorizzare e stimolare ulteriormente l'imprenditorialità nei diversi settori legati alle produzioni del bosco.	Sviluppo rurale: Misure 114,115, 122, 123,124, 125. Forest-Based Sector Technology Platform	- Introduzione di una figura giuridicamente e fiscalmente riconosciuta di imprenditore forestale; - Sostenere la gestione forestale finalizzata alla produzione legnosa da opera, al fine di fissare nel medio lungo termine carbonio in opere lignee; - Incentivare attività innovative di ricerca e sviluppo nei settori della gestione selvicolturale e dell'arboricoltura da legno, delle utilizzazioni forestali e della tecnologia del legno e prodotti derivati,
Prevenire e ripristinare il patrimonio da catastrofi naturali e dolose	Sviluppo rurale: Misura 226	- Realizzazione e manutenzione di opere di sistemazioni idraulico forestale; - Interventi di monitoraggio fitosanitario e lotta fitosanitaria, preventivi e di recupero; - Interventi di ricostituzione dei soprassuoli danneggiati da cause abiotiche;
Valorizzare la filiera dei prodotti legnosi ottenuti fuori foresta,	Sviluppo rurale: Misure 221, 222, 223.	- Favorire il graduale passaggio da una politica di sostegno delle piantagioni, basata sugli incentivi all'impianto, a una politica basata sull'offerta di servizi alla gestione e alla vendita; - Promozione degli acquisti pubblici ecologici per i prodotti della filiera forestale;
Intraprendere rapidamente azioni di monitoraggio, prevenzione, ricerca	Sviluppo rurale: Misure 226.	- Favorire il coordinamento della ricerca forestale; - Accompagnare e coordinare i processi di riforma e le politiche innovative a carattere nazionale e regionale;
Integrare gli obiettivi di conservazione della biodiversità nelle politiche per i cambiamenti climatici;	Sviluppo rurale: Misure 214, 224, 225, 227. Natura 2000 Life+	- Definire una strategia di lungo termine, con la reale cooperazione tra le istituzioni governative competenti (MATTM, MIPAAF, Regioni); - Censimenti periodici della situazione di popolazioni di specie sensibili; - Miglioramenti ambientali a fini faunistici; - Promozione, diffusione e divulgazione della gestione forestale sostenibile e dei servizi fondamentali forniti dalle foreste per il bene del pianeta e della società; - Miglioramenti ambientali a fini faunistici;
Incentivare la gestione pianificata e sostenibile e l'uso multiplo delle risorse forestali,	Sviluppo rurale: Misure 122, 123,124, 125, 222, 227.	- Sviluppare metodi e strumenti efficaci di sensibilizzazione sociale sul ruolo della gestione forestale attiva come strumento di tutela e sviluppo; - Sviluppare, valorizzare e trasferire prassi amministrative e operative particolarmente efficaci e significative per lo sviluppo del settore forestale e la salvaguardia del territorio;

Bibliografia

- AA.VV., 2010. *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2008; National Inventory Report 2010*; ISPRA, Rapporti 113/2010, Roma: ISBN 978-88-448-0445-9;
- AA.VV., 2010. *The economics of valuing ecosystem services and biodiversity*. In *The Economics of Ecosystems and biodiversity: the Ecological and Economic Foundations* (Edit by) Edited By Pushpam Kumar. Ed. Earthscan;
- AA.VV., 2008. *Programma Quadro per il Settore Forestale* (PQSF); MIPAAF, Roma (Disponibile in: www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/416);
- Alexandersson, H., 1996. *Recent changes in the precipitation distribution over western Europe*. In European conference on Applied Climatology, Abstract Volume, 7–10 May. Norrköping, Sweden; 59–60;.
- Andreella M., Biliotti M., Bonella G., Cinquepalmi F., Duprè E., La Posta A., Luchetti D., Pettiti L., Tartaglini N., Vindigni V. (a cura di), 2010. *Strategia Nazionale per la Conservazione della Biodiversità*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma. URL: www.minambiente.it/opencms/export/sites/default/archivio/allegati/biodiversita/Verso_la_strategia/bozza_Strategia_nazionale_marzo_2010.pdf (ultimo accesso: giugno 2010);
- Attorre, F., Francesconi, F., Scarnati, L., De Sanctis, M., Alfò, M. and Bruno, F., 2008 – *Predicting the effect of climate change on tree species abundance and distribution at the regional scale*. iForest 1: 132-139 [online: 2008-08-27] URL: <http://www.sisef.it/-iforest>;
- Baldini S., Cavalli R., Piegai F., Spinelli R., Di Fulvio F., Fabiano F., Grigolato S., Laudati G., Magagnotti N., Nati C., Picchio R., 2009. *Prospettive di evoluzione nel settore delle utilizzazioni forestali e dell'approvvigionamento di legname*. In: Atti, Terzo Congresso nazionale di Selvicoltura. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Siciliana, Firenze, pp. 717-728;
- Barbati A., Corona P., Iovino F., Marchetti M., Menguzzato G., Portoghesi L., 2010. *The application of the ecosystem approach through sustainable forest management: an Italian case study*. L'Italia Forestale e Montana 1: 1-17. DOI: 10.4129/ifm.2010.1.01;
- Barbati A., Corona P., Marchetti M., 2007. *A forest typology for monitoring sustainable forest management: the case of European Forest Types*. Plant Biosystems Vol. 141, No. 1/2007: pp. 93-103;
- Bartolini G., Puglisi A., Cecchi L., Morabito M., Torrigiani T., Petralli M., Orlandini, S., 2005. *1955–2004: 50 years of Tuscany (Italy) summer temperature climatic indices*. In Proceedings of the 17th International Congress of Biometeorology, Garmisch, 5–9 September. Annalen der Meteorologie 41, vol 1; 294–397;
- Bartolini G., Morabito M., Torrigiani T., Petralli M., Cecchi L., Orlandini, S., 2006. *Trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes (1955–2004)*. In Proceedings of the 6th EMS (European Meteorological Society)/6th ECAC (European Conference on Applied Climatology), Ljubljana, 4–8 September;
- Bartolini, G., Morabito, M., Crisci, A., Grifoni, D., Torrigiani, T., Petralli, M., Maracchi, G. And

-
- Orlandini, S., 2008; *Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes*. Int. J. Climatol. 28: 1751-1760;
- Bartolini, G., di Stefano, V., Maracchi, G. and Orlandini S., 2011. Mediterranean warming is especially due to summer season. Evidences from Tuscany (central Italy). Theor. Appl. Climatol. DOI 10.1007/s00704-011-0481-1;
- Baskent, E. Z. Keles, S. Kadogullar, A.I. Bingol, O. 2011; *Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water, and soil*. Environmental Modeling & Assessment. 16: 2, 145-152. 24 ref;
- Burton I., Robert W. Kates, Gilbert F. 1993. *The Environment as Hazard*. Guilford Publications;
- Becker, M., Landmann, G., Levy G., 1989. *Silver fir decline in the Vosges mountains (France): Role of climate and silviculture*. Water, Air, and Soil Pollution 48: 77-86;
- Beniston M. and Stephenson, DB., 2004. *Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions*. Global and Planetary Change 44: 1-9, DOI:10.1016/j.gloplacha.2004.06.001;
- Bigler, C. Gricar, J., Bugmann, H. and Cufar, K., 2004. *Growth patterns as indicators of impending tree death in silver fir*. Forest Ecology and Management 199: 183-190;
- Bovio G., 2007. *Metodo degli effetti riscontrabili per la determinazione del livello di danneggiamento conseguente a incendi forestali*. In Ciancio ed al. (Curatori) Valutazione Dei Danni Da Incendi Boschivi. AISF CFS, Pp.85-95;
- Brewer, S., Alleaume, S., Guiot, J. and Nicault, A., 2007. *Historical droughts in Mediterranean regions during the last 500 years: a data/model approach*. Clim. Past, 3, 355-366. www.clim-past.net/3/355/2007/;
- Brunetti M., Maugeri M. and Nanni, T., 2000. *Variations of temperature and precipitation in Italy from 1866-1995*. Theoretical and Applied Climatology 65: 165-174;
- Brunetti M., Buffoni L., Maugeri M. and Nanni, T., 2000b. *Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865-1996*. Theoretical and Applied Climatology 66: 49-60;
- Brunetti M., Buffoni L., Mangianti, F., Maugeri M. and Nanni, T., 2001. *Climate variations in Italy in the last 130 Years*. In: Visconti, G. et al (eds.), *Global Change and protected Areas*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 11-17;
- Brunetti M., Maugeri M. and Nanni T., 2002. *Atmospheric circulation and precipitation in Italy for the last 50 years*. International Journal of Climatology 22: pp. 1455-1471;
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. and Nanni T., 2004. *Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years*. J. Geophys. Res., 109 (2004) D05102, doi: 10.1029/2003JD004296;
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. and Nanni, T., 2006. *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series*. Int. J. Climatol. 26: pp. 345-381;
- Buffoni L., Maugeri M. and Nanni, T., 1999. *Precipitation in Italy from 1833-1996*. Theoretical and Applied Climatology 63: pp. 33-40;

-
- Bunn, Andrew G., Lisa J. Graumlich and Dean L. Urban, 2005. *Trends in twentieth-century tree growth at high elevations in the Sierra Nevada and White Mountains, USA*. Holocene 15, pp. 481-488;
- Buttafuoco, G., Caloiero, T. and Coscarelli, R., 2011. Spatial and temporal patterns of the mean annual precipitation at decadal time scale in southern Italy (Calabria region) Theor. Appl. Climatol. DOI 10.1007/s00704-011-0398-8;
- Caloiero, T., Coscarelli, R., Ferrari, E. and Mancini, M., 2011 – *Trend detection of annual and seasonal rainfall in Calabria (Southern Italy)*. Int. J., Climatol. 31: 44-56;
- Camuffo, D., et al, 2010. *500-year temperature reconstruction in the Mediterranean Basin by means of documentary data and instrumental observations*. Climatic Change, 101: 169-199;
- Capor, K., Ambrosi, P., 2006. *State and trends of the carbon market 2006, World Bank and International Emissions Trading Association*, Washington, Stati Uniti;
- Certini, G., Corti, G. and Ugolini, F.C., 2000. Influence of soil properties on the mortality of silver fir in Tuscany, Italy. Forstw. Cbl. 119: 323-331;
- Cesaro L., 2009. *Le produzioni forestali, in Annuario dell'agricoltura italiana INEA*. in Volume LXII;
- Cesaro L., Romano, R., 2010. *Le produzioni forestali, in Annuario dell'agricoltura italiana INEA*. in Volume LXIII;
- Cesaro L., 2010. *I cambiamenti in itinere dei programmi di sviluppo rurale per contrastare i cambiamenti climatici*, Anno 6, N. 21, Giugno, pp. 31-34;
- Chakraborty S, 2005. *Potential impact of climate change on plant–pathogen interactions*, Australasian Plant Pathology, 34 443–448, Australia;
- Chauchard, S., Beilhe, F., Denis, N. And Carcaillet, C., 2010. *An increase in the upper tree-limit of silver fir (Abies alba Mill.) in the Alps since the mid-20th century: A land-use change phenomenon*. For. Ecol. Man. 259: 1406-1415, doi: 10.1016/j.foreco.2010.01.009;
- Ciccarese L., Brown S., Schlamadinger B., 2005. *Carbon sequestration through restoration of temperate and boreal forests*. Chapter 7: 111-120. In: John Stunturf e Palle Madsen (editori). Restoration of temperate and boreal forests. CRC Press/Lewis Publishers. CRC Press. Boca Raton, USA. 569 p. ISBN 1-56670-635-1;
- Ciccarese L., Pettenella, D. 2008. *Compensazione delle emissioni di gas-serra. Gli investimenti forestali di carattere volontario*. Sherwood, 14 (8): pp. 5-9;
- Ciccarese L. 2009. *Foreste e politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici: quali opportunità di mercato per i proprietari forestali?* In: Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura 16-19 ottobre 2008, Taormina;
- Ciccarese L., Pettenella D., 2009. *Il settore primario e la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra*. Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, n. 15 (8/2009);
- Ciccarese L., Pettenella D., 2010, *Agricoltura, selvicoltura e cambiamenti climatici*. Agriregionieuropa, Anno 6, N. 21, Giugno 2010, pp. 1-8;
- Ciccarese, L., Pettenella D., 2010b. *Policies and measures of carbon sequestration in the global*

carbon market: which equilibrium between transaction costs and shared rules of good practices? Revue forestière française 6;

Ciccarese, L. P. Elsasser, D. Pettenella, A. Horattas, G. Valatin, 2011. *Emergence of innovative market opportunities due to carbon sequestration in EU forest enterprises*. In: Weiss, G.; Ollonqvist, P.; Pettenella, D.; Slee, B. (Hrsg.): *Innovation in Forestry: Territorial and Value Chain Approaches* Wallingford (UK): CABI;

Ciccarese L. Kloehn S., 2010. *La capacità fissativa di carbonio nei prodotti legnosi: una stima per l'Italia*. *Agriregionieuropa* 6: 1-10. Disponibile al sito http://agriregionieuropa.univpm.it/pdf.php?id_articolo=614;

Collins, M., Tett, S., Cooper, C., 2001. *The internal climate variability of hadcm3, a version of the Hadley centre coupled model without flux adjustments*. *Climate Dynamics* 17, 61–68;

Cook, E.R., Glitzenstein, J.S., Krusic, P.J. and Harcombe, P.A., 2001. *Identifying functional groups of trees in West Gulf coast forests (USA): A tree-ring approach*. *Ecological Applications*, 11 (3), 2001, pp. 883–903;

Corona P., Ferrara A., La Marca O., 1997. *Sustainable management of forests for atmospheric CO₂ depletion: the Italian case*. *Journal of Sustainable Forestry* 3/4: pp. 81-91;

Corona P., Barbati A., 2010. *Orizzonti operativi della pianificazione e della gestione forestale a supporto delle politiche sui cambiamenti climatici*. In: Sanesi G., Mairota P. (a cura di) *Foreste e ciclo del carbonio in Italia: come mitigare il cambiamento climatico*, Fondazione Gas Natural, pp. 147-162;

Corona P., Berti S., 2010. *Selvicoltura: produzioni forestali, certificazione e filiera legno*. *L'Italia Forestale e Montana* 2: 149-155. DOI: 10.4129/ifm.2010.2.07;

Cowie A.L., Kirschbaum M.U.F. e Ward M., 2007. *Options for including all lands in a future greenhouse gas accounting framework*. *Environmental Science and Policy* 10 (4), 306-321;

D'Aprile, F., 1994. *Indagine Preliminare per lo Studio su Basi Ecologico-Selvicolturali dei Boschi del Comune di Cavriglia (AR)*. Tesi di laurea, Università di Firenze, A.A. 1993-1994, pp. 730;

D'Aprile, F., 1997. *Gestione multifunzionale delle foreste e tecniche pianificatorie*. *Linea Ecologica* 4: pp. 5-9. Roma;

D'Aprile, F., 1998a. *Forest Planning Based on Ecologic Parameters of the Forest: the Ecological Normality*. In *Proceedings of the International Conference Indicators for Sustainable Forest Management*. IUFRO, F.A.O., CIFOR. Melbourne;

D'Aprile, F., 1998b. *Pianificazione forestale su base ecologico-selvicolturale: la "Norma Ecologica"*. In *Atti del Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura*, 24-27 Giugno, pp.67-80. Venezia;

D'Aprile, F., 2003. *Major communication and transport works: Impact evaluation on water resources - In Proceedings of the International Transdisciplinary Conference on Decision Support for Multipurpose Forestry*. IUFRO, University of Natural Resources and Applied Life Sciences of Vienna, U.S. Forest Service. April, pp. 23-25, Vienna;

D'Aprile, F., 2003b. *Silvicultural Techniques and Forest Planning Methods Based on Dynamics of the Forest Structure in Middle Italy*. In *Proceedings of the International Transdisciplinary*

Conference on Decision Support for Multipurpose Forestry. IUFRO, University of Natural Resources and Applied Life Sciences of Vienna, U.S. Forest Service. April, 23-25, Vienna;

- D'Aprile, F., 2007. *Impacts on forest resources caused by the 'High Speed' train line in Tuscany (Italy)*. In Proceedings of the IUFRO European Congress Forests and Forestry in the Context of Rural Development, poster session. IUFRO, Warsaw Agricultural University. Sept 6-8, 2007, Warsaw;
- D'Aprile, F., Tapper, N., Baker, P. and Bartolozzi, L., 2008. *Risposte di accrescimento radiale dell'abete bianco (Abies alba Mill.) in Toscana ed influenza del clima: prime emergenze*. In Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Vol. I, 541-546. Taormina, 16-19 Ottobre 2008;
- D'Aprile, F., Tapper, N., Baker, P. and Bartolozzi, L., 2009a. *Climate Influence and Radial Growth of Silver Fir (Abies alba Mill.) in Tuscany: First Results*. Geophysical Research Abstracts. Program CL8: Regional Climate Modelling and Impacts. European Geosciences Union (EGU). General Assembly, Vienna, April, 19-24;
- D'Aprile, F., Tapper, N., Baker, P. and Bartolozzi, L., 2009b. *Risposte di accrescimento radiale dell'abete bianco (Abies alba Mill.) in Toscana ed influenza del clima: prime emergenze*. In Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Vol. I, pp. 541-546. Taormina;
- D'Aprile, F., Tapper, N., Baker, P. and Bartolozzi, L., 2010. *Variability in trends of monthly mean temperature amongst sites in the Tuscan Apennine Alps*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-5681-3. European Geoscience Union (EGU) General Assembly 2010, Vienna;
- D'Aprile, F., Tapper, N., Bartolozzi, L. and Bottacci, A., 2011. *Non-stationary similarity in trends of monthly rainfall in the Tuscan Apennine Alps*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 13, EGU2011-1170-1, 2010. European Geoscience Union (EGU) General Assembly 2011, Vienna;
- D'Arrigo, R., Wilson, R., Liepert, B., Cherubini, P., 2007. *On the "Divergence Problem" in Northern Forests: A review of the tree-ring evidence and possible causes*. Global and Planetary Change, 60: 289-305;
- Dettori S., Marone E., Portoghesi L., 2009. *Filiera delle produzioni forestali non legnose: produzione e raccolta tra sostenibilità e tracciabilità*. In: Atti, Terzo Congresso nazionale di Selvicoltura. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Siciliana, Firenze, pp. 742-751;
- Dobbertin M. et al., 2011. *The impact of climate change on Scots pine and oak forests in dry inner-alpine valleys of Switzerland*, Geophysical Research, Vol. 13, EGU2011-13034;
- Dobbertin, M., 2005. *Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review*. Eur. J. Forest Res. (2005) 124: pp 319-333;
- Domonkos, P., Tar, K., 2003. *Long-term changes in observed temperature and precipitation series 1901-1998 from Hungary and their relations to larger scale changes*. Theoretical and Applied Climatology 75:pp 131-147;
- Douguédroit, A., De Saintignon, M.F., 1970. *Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne de latitude moyenne: Exemple des Alpes françaises du Sud*. Rev.

-
- Geog. Alp. 58(3): pp. 453-472;
- Douguédroit, A., De Saintignon, M.F., 1974. *A propos du Alpes françaises du Sud. Un nouveau mode de représentation des températures moyenne en montagne: l'orothermogramme.* Rev. Geog. Alp. 6(22): pp. 205-207;
- Drigo R., Chirici G., Lassere B., Marchetti M. 2007. *Analisi su base geografica della domanda e dell'offerta di combustibili legnosi in Italia.* L'Italia forestale e montana, Fasc. n. 5/6: pp. 303-324;
- Dury, M., Hambuckers, A., Warnant, P., Henrot, A., Favre, E., Ouberdous, M. and Francois, L., 2011. *Responses of European forest ecosystems to 21st century climate: assessing changes in interannual variability and fire intensity*, iForest 4: 82-99. Doi: 10.3832/ifor0572-004;
- Easterling, D.R., Evans, J.L., Groisman, P.Y.A., Karl, T.R., Kunkel, K.E. and Ambenje, P., 2000. *Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review.* Bulletin of the American Meteorological Society 81:pp. 417-425;
- Eastburn D. M., McElrone A. J. and Bilgin D. D. 2011; *Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions*, Plant Pathology (2011) 60, 54-69 Doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02402.x;
- ECOFYS, 2006. *The Gold Standard: Voluntary emission reductions (VERs).* Manual for Project Developers, Version 5. Ecofys. Disponibile al sito: www.cdmgoldstandard.org;
- EEA, 2010. *State of the environment report*, No 1/2010, ISBN: 978-92-9213-117-3;
- EEA, 2009. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009: Tracking progress towards Kyoto targets.* Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. EEA Report 9/2009, pp. 188+165;
- EEA, 2008. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008: Tracking progress towards Kyoto targets.* Copenhagen: European Environment Agency. EEA Report 5/2008, 182 pp;
- Federici, S., Vitullo, M., Tulipano, S., De Lauretis, R., Seufert, G. (2008). *An approach to estimate carbon stocks change in forest carbon pools under the UNFCCC: The Italian case.* iForest 1: 86-95;
- Filipiak, M. et Ufnalski, K., 2004. *Growth Reaction of European Silver Fir (Abies alba Mill.) Associated with Air Quality Improvement in the Sudeten Mountains.* Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 13, 3: 267-273;
- Founda, D., Papadopolous, K.H., Petrakis, M., Giannakopolous, C. and Good, P., 2004. *Analysis of mean, maximum, minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events.* Global and Planetary Change 44: 27-38;
- Garrett, K. A.. 2008. *Climate change and plant disease risk.* In Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence, Pages 143-155. National Academies Press, Washington, D.C.;
- Gentilesca, T., Todaro, L., 2008. *Crescita radiale e risposte climatiche dell'abete bianco (Abies alba Mill.) in Basilicata.* Forest@, 5: pp. 47-56;

-
- Giordano E., Scarascia Mugnozza G., 2009. *Formazioni forestali potenzialmente vulnerabili ai cambiamenti climatici e strategie di adattamento*. ATTI del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura . ISBN 978-88-87553-16-1;
- Giorgi, F., 2006, *Climate change hot-spots*. Geophys. Res. Lett., 33, L08707, doi: 10.1029/2006GL025734;
- Gordon, H., O'Farrell, S., 1997. Transient climate change in the CSIRO coupled model with dynamic sea ice. *Monthly Weather Review* 125 (5), 875–907;
- Graumlich, L.J., L.B. Brubaker and C.C. Grier. 1989. *Long-term trends in forest net primary productivity. Cascade Mountains, Washington*. *Ecology* 70, pp. 405-410;
- Graumlich, L. 1991. *Subalpine tree growth, climate and increasing CO₂: an assessment of recent growth trends*. *Ecology* 72, pp. 1-11;
- Groot N., Phillips O., Lewis S., Gloor M., and Purves D. 2011; *Spatial variation in tree mortality*, EGU General Assembly 2011;
- Gualdi, S. et Navarra, A., 2005. *Scenari climatici nel bacino mediterraneo*. *Forest@ 2* (1): pp. 19-30;
- Hamilton, K., Sjardin, M., Marcello, T., & Shapiro, A. 2009. *Fortifying the foundation: State of the voluntary carbon markets*;
- Hadjinicolaou, P., Tyrlis, E., Zittis, G., Tanarhte, M. and Lelieveld, J., 2011 – Simulation of recent past and 21st century climate in the eastern Mediterranean and the Midle East with the PRECIS regional climate model. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 13, EGU2011-9429-1, 2010. General Assembly 2011, European Geoscience Union (EGU), Vienna;
- Heino R., et al. 1999. *Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe*. *Climatic Change* 42, pp. 151–181;
- Horton, E.B., Folland, C.K. and Parker, D.E., 2001. *The changing incidence of extremes in worldwide and central England temperatures to the end of the twentieth century*. *Climatic change* 50: pp. 267–295;
- Hulme, M., T.J. Osborn and T.C. Johns, 1998. *Precipitation sensitivity to global warming: Comparison of observations with HadCM2 simulations*. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3379-3382.
- Hurrell, J.W., Van Loon, H., 1997. *Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation*. *Clim. Change*, 36, pp. 301-326;
- Iannetta M., 2007. *Il Progetto RIADE sulla desertificazione*. Agiregionieuropa, giugno 2007;
- IUFRO, (International Union of Forest Research Organizations), 2009. *Making forests fit for Climate Change, a global view of climate-change impacts on forests and people and options for adaptation*;
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*. Penman J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

-
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press Edition. Cambridge, United Kingdom;
- Iovino F., Marchetti M., 2010. *Selvicoltura: conservazione del suolo, risorse idriche, lotta alla desertificazione*. L'Italia Forestale e Montana/ Italian Journal of Forest and Mountain Environments, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. Anno LXIV – n. 4: pp. 235-248;
- Jacoby, G.C., R.D. D'Arrigo and T. Davaajamts, 1996. *Mongolian tree rings and 20th century warming*. Science, 273, pp. 771-773;
- Johnson S.E. and Abrams, M.D., 2009; *Age class, longevity and growth rate relationships: protracted growth increases in old trees in the eastern United States*. Tree Physiology, 29: 1317-1328;
- Jokinen, P. and Jylha, K., 2011; *Migration of climatic zones in Europe based on regional climate model simulations*. Geophysical Research, Vol. 13, EGU2011-7568-1, 2010. General Assembly 2011, European Geoscience Union (EGU), Vienna;
- Juroszek P. and Von Tiedemann A., 2011; *Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate*, Plant Pathology (2011) 60, 100–112 Doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02410.x;
- Kim, S.-J., Flato, G., Boer, G., 2003; *A coupled climate model simulation of the last glacial maximum. Part 2. Approach to equilibrium climate*. Dynamics 20, 635–661;
- Kilpelainen A., Ashraful A., Strandman H. and Kellomaki S., 2011; *Life cycle assessment tool for estimating net CO₂ exchange of forest production*. GCB Bioenergy (2011), doi: 10.1111/j.1757-1707.2011.01101.x;
- Klein Tank, A.M.G. and Können, G.P., 2003; *Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe 1946–99*. Journal of Climate 16(22): pp. 3665–3680.
- Koutavas, A., 2008; *Late 20th century growth acceleration in greek firs (Abies cephalonica) from Cephalonia Island, Greece: A CO₂ fertilization effect?* Dendrochronologia, 26: 13-19;
- Kloptic, M. and Boncina, A., 2011. *Stand dynamics of silver fir (Abies alba Mill.)-European beech (Fagus sylvatica L.) forest during the past century: a decline of silver fir?* Forestry, doi: 10.1093/forestry/cpr011;
- Kumar V.P., Bindi, M., Crisci, A. and Maracchi, G., 2005; *Detection of variations in air temperature at different time scales during the period 1889–1998 at Firenze, Italy*. Climatic Change 72: pp.123–150;
- Kysely, J., Gaal, L., Beranová, R. and Plavcová, E., 2010; *Climate change scenarios of precipitation extremes in Central Europe from ENSEMBLES regional climate models*. Theor. Appl. Climatol. DOI: 10.1007/s00704-010-0362-z;
- La Motta S., Stefanoni M., 2009; *Policies and measures*. Chapter 4. in: Angeloni M., Dramis G., Perrella G., Bordet M., Caminiti M.N., La Motta S., Contaldi M., De Lauretis R. Castellari S. (general coordinators and editors). *Italy's Fifth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change*. Ministry for the Environment, Land and Sea.

- Lassere B., Chirici G., Chiavetta U., Garfi V., Drigo R. 2011. *Assessment of potential bioenergy from coppice forests through the integration of remote sensing and field surveys*. Biomass and Bioenergy 2011, vol. 35, n. 1: pp. 716-724;
- Lattazzi, P., (2009), *Gli strumenti di mercato e la riduzione delle emissioni climalteranti*; In *Politiche di forestazione ed emissioni clima alteranti* (a cura di) Paoloni L., Studi e Materiali di diritto agrario; Edizioni Tellus, Roma;
- Law, B. E. Harmon, M. E., 2011. *Forest sector carbon management, measurement and verification, and discussion of policy related to climate change*. Carbon Management. 2: 1, 73-84;
- Leal, S., Eamus, D., Grabner, M., Wimmer, R. And Cherubini, P., 2008. *Tree rings of Pinus nigra from the Vienna basin region (Austria) show evidence of change in climatic sensitivity in the late 20th century*. Can. J. For. Res. 38: 744-759;
- Lenoir, J., Gégout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P. and Brisse, H., 2008. *A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation during the 20th Century*. Science, 320, 1768 (2008);
- Longobardi, A. et Villani, P., 2010. *Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area*. Int. J. Climatol. 30: 1538-1546;
- Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer M. J., Marchetti M., 2010. *Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems*. Forest Ecology and Management, 259: 698-709, doi:10.1016/j.foreco.2009.09.023;
- Lingua, E., 2010. *Aumento della produttività negli ecosistemi forestali: nuove evidenze dalle foreste temperate*. Forest@ 7: 109-110;
- Lumicisi A., Tedeschi V., Vitullo M., Federici S., Pompei E. 2007. *Il ruolo dello Stato e delle Amministrazioni Regionali e Locali nell'applicazione del Protocollo di Kyoto nel settore forestale*. Forest@ 4 (3): 246-249, 2007;
- Manetti, M.C. and Cutini, A., 2006. *Tree-ring growth of silver fir (Abies alba Mill.) in two stands under different silvicultural systems in central Italy*. Dendrochronologia, 23 (2006): pp. 145-150;
- Macias, M., Andreu, L., Bosch, O., Camarero, J. J. and Gutierrez, E. 2006. *Increasing aridity is enhancing silver fir (Abies alba Mill.) water stress in its south-western distribution limit*. Climatic Change 79: 289-313. DOI: 10.1007/s10584-006-9071-0;
- Manning M. R., Edmonds J., Emori S., Grubler A., Hibbard K., Joos F., Kainuma M., Keeling R. F., Kram T., Manning A.C., Meinshausen M., Moss R., Nakicenovic N., Riahi K., Rose S.K., Smith S., Swart R., Van Vuuren D. P. 2007. *Misrepresentation of the IPCC CO₂ emission scenarios*. Nature Geoscience 3, pp. 376 – 377 (2010);
- Macias, M., Andreu, L., Bosch, O., Camarero, J. J. and Gutierrez, E. 2006. *Increasing aridity is enhancing silver fir (Abies alba Mill.) water stress in its south-western distribution limit*. Climatic Change 79: 289-313. DOI: 10.1007/s10584-006-9071-0;

-
- Manton MJ, et al., 2001. *Trends in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the south Pacific: 1961–1998*. International Journal of Climatology 21: pp. 269–284;
- Marracchi G., Benincasa F., Cristoferrì G., Giannini R. 1998; *Tecniche di monitoraggio di alcuni aspetti dell'interazione radiazioni-culture*. Collana tecnico-scientifica, Cnr Ibimet, quaderno 2;
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2006; *Report on the determination of Italy's assigned amount under Article 7, paragraph 4, of the Kyoto Protocol*. Disponibile sul sito internet: http://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/aa-report-notificato.pdf;
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2002;. *III Comunicazione nazionale dell'Italia alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici*, elaborato nell'ambito delle comunicazioni periodiche previste dalla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UnFcc - *United Nations Framework Convention on Climate Change*);
- MCPFE/PEBLDS, 2006. *Joint position of the MCPFE and the Efe/PEBLDS on the Pan-European Understanding of the Linkage between the Ecosystem Approach and Sustainable Forest Management*. Geneve-Warsaw. URL: http://www.pebls.org/files/STRA-CO/2006/STRA-CO%202006%20%20EA%20SFM%20JT%20STMT_E_final.pdf (ultimo accesso: giugno 2010);
- Meehl GA, Washington WM, Arblaster JM, Hu A., 2004. *Factors affecting the Climate Sensitivity in Coupled General Circulation Models*. Journal of Climate 17: pp. 1584-1596;
- Oberhuber., Kofler., 2003. *Effects of climate and slope aspect on radial growth of cembra pine (Pinus cembra L.) at the alpine timberline ecotone on Mt. Patscherkofel (Tyrol, Austria)*. Austrian Journal of Forest Science 120: pp. 39 - 50;
- Pachauri, R.K. and Reisinger, A. 2007. *Climate Change 2007* (Eds. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Geneva, Switzerland. pp 104;
- Pedersen, B.S., 1998. *The role of stress in the mortality of Midwestern oaks as indicated by growth prior to death*. Ecology, 79(1), 1998, pp. 79-93;
- Pederson N., Cook E., Jacoby G., and Hopton M., 2011; *The Influence of Age and Geography on the Climatic Sensitivity and Growth Rates of Southern Temperate Tree Species*, EGU General Assembly 2011, Geophysical Research, Vol. 13, EGU2011-218;
- Petriccione B., Cindolo C., Cocciufa C., Ferlazzo S., Parisi G., 2009. *Gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi forestali*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 570-574;
- Pettenella D., Urbinati C., Bortoluzzi B., Fedigoli M., 2000. *Indicatori di gestione forestale sostenibile in Italia*. Rapporto finale della ricerca affidata al Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università di Padova. Anpa, Serie Stato dell'Ambiente 11/2000;
- Pettenella, D., Zanchi, G., 2006. *Inquadramento generale del protocollo di Kyoto*. Opportunità e

-
- limiti per il settore forestale, in: Pilli, R. – Anfodillo, T. - DALLA Valle, E. (eds.) - Stima del carbonio in foresta: metodologie e aspetti normativi;
- Pettenella D., 2007. *Il ruolo del settore agricolo-forestale nei cambiamenti climatici: modelli e politiche*. Agriregionieuropa, Giugno [2007];
- Piervitali, E., Colacino, M. and Conte, M., 1998. *Rainfall over the central-western Mediterranean basin in the period 1951–1995*. Part I: precipitation trends. *Il Nuovo Cimento*, 21C: pp. 331–344;
- Pilli, R., Anfodillo, T., Valle, E., 2007. *L'applicazione del protocollo di Kyoto nel settore forestale: Il ruolo dello Stato e delle Regioni e le necessarie sinergie*. *Forest@* 4 (2): 147-150 www.sisef.it;
- Pinto, P.E., Gegout, J.-C., Hervé, J.-C. and Dhote, J.-F., 2007. *Changes in environmental controls on the growth of Abies alba Mill. in the Vosges Mountains, north-eastern France, during the 20th century*. *Global Ecol. Biogeogr.* 16: 472-484;
- Pignatti, G., 2011. *La vegetazione forestale in Italia di fronte ad alcuni scenario di cambiamento climatic in Italia*. *Forest@* 8: 1-12, doi :10.3832/efor0650-008.
- Pompei, E., Scarascia Mugnozza, G., 2006. *L'inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio e le variazioni di superficie forestale nel tempo*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 536-540;
- Povellato, A., Bosello, F., Giuseppe, G., 2007. *Cost-effectiveness of green house gases mitigation*. *Environ. Sci. Policy*;
- Pritchard, S.G., 2011. *Soil organisms and global climate change*. *Plant Pathology*, 60: 82-99. Doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02405.x;
- Rapetti F., Vittorini S., 1988. *Differenze pluviometriche tra i versanti tirrenico ed adriatico dell'Appennino settentrionale, lungo l'allineamento Livorno*. Modena. 20th Int. Conf. On Alpine Meteor., Sestola (Italy), 18-25 Sept.;
- Rolland, C., 1993. *Tree-ring and climate relationships for Abies alba in the internal Alps*. *Tree-Ring Bulletin*, Vol. 53;
- Rolland C., Michalet R., Desplanque C., Petetin A., Aimé S. 1999. *Ecological requirements of Abies alba in the French Alps derived from dendro-ecological analysis*. *Journal Vegetation Science* 10: pp. 297 – 306;
- Rolland, C., 2002. *Decreasing teleconnections with inter-site distance in monthly climatic data and tree-ring width networks in a mountainous Alpine area*. *Theor. Appl. Climatol.*, 71 (2002), pp. 63-75;
- Romano R., 2010. *Gli investimenti volontari nel campo agricolo e forestale finalizzati alla compensazione delle emissioni di CO₂*; Agriregionieuropa, Anno 6, N. 21, Giugno 2010, pp. 34-36;
- Romano R., 2008. *Il settore forestale nello sviluppo rurale*, in *Politiche forestali e sviluppo rurale*, a cura di Cesaro L. e Romano R. Quaderno 1, Osservatorio Foreste INEA;

-
- Romano, R, 2010. *Gli accordi volontari per la compensazione della CO₂ in Italia; Indagine conoscitiva per il settore forestale*, a cura di Romano, R., Valentina, G., Quaderno 2, Osservatorio foreste INEA;
- Rotzer, T., Grote, R. And Pretzsch, H., 2005. Effects of environmental changes on the vitality of forest stands. *Eur. J. For. Res.*, 124: 349-362, doi 10.1007/s10342-005-0086-2;
- Schlamadinger, *et al.*, 2007; *A synopsis of land-use, land-use change and forestry (LULUCF) under the Kyoto Protocol and Marrakesh Accords*. *Environmental Change & Policy* 10 (4): 271-282;
- Schlamadinger B., *et al.* 2007; *Options for including land use in a climate agreement post-2012: improving the Kyoto Protocol approach*. *Environmental Science & Policy* 10, (4), 295-305;
- Shaw M. W. and Osborne T. M., 2011; *Geographic distribution of plant pathogens in response to climate change*, *Plant Pathology* (2011) 60, 31–43 Doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02407.x *Plant Pathology* 2011 BSPP;
- Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G. H., Koutavas A., Lund S. 2004; *Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch*. *Nature* v.431, pp. 56-59;
- Sturrock, R. N. Frankel, S. J. Brown, A. V. Hennon, P. E. Kliejunas, J. T., Lewis, K. J. Worrall, J. J. Woods, A. J., 2011; *Climate change and forest diseases*. *Plant Pathology*. 60: 1, 133-149;
- Tardif, J., Camarero, J.J., Ribas, M., Gutierrez, E., 2003. *Spatiotemporal variability in tree growth in the Central Pyrenees: Climatic and site influences*. *Ecological Monographs*, 73(2), 2003, pp. 241–257;
- Tiedemann A. Ulber B. 2008. *Verändertes Auftreten von Krankheiten und Schädlingen durch Klimaschwankungen*, In: Tiedemann A v, Heitefuss R, Feldmann F. (2008) *Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz*, ISBN 978-3-941261-00-6; 79-89;
- Toreti, A. et Desiato, F., 2008. *Temperature trend over Italy from 1961 to 2004*. *Theor. Appl. Climatol.* 91, 51-58;
- Trumbore P., Hughen K. A., Overpeck J. T., Larry C., Trumbore S. 1989. *Rapid climate changes in the tropical Atlantic region during the last deglaciation*. *Nature* 380, 51 – 54 (07 March 1996);
- UNCBD, 2000. *COP 5 Decision V/6 Ecosystem approach*. URL: <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7148> (ultimo accesso: giugno 2010);
- UNFCCC, 2005. United Nations Framework Convention on Climate Change, Decision 16/CMP.1. Land use, land use change and forestry. FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.3, p. 3;
- UNFCCC 2007. *Report of the review of the initial report of Italy*. FCCC/IRR/2007/ITA 10 December 2007. <http://unfccc.int/resource/docs/2007/irr/ita.pdf>. **Paragrafo 126, pp. 29;**
- UE, Libro bianco 2009. *"L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo"* COM(2009) 147;
- UE, Libro verde *"La protezione e l'informazione sulle foreste nell UE: preparare le foreste al*

cambiamento climatico” COM(2010)66;

- Vincent, L.A., *et al*, 2005. *Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960–2000*. Journal of Climate 18: 5011–5023;
- Walmsley J.D., Jones D.L., Reynolds B., Price M.H., Healey J.R., 2008. *Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity*. Forest Ecology and Management 257: 1104–1111;
- Wilson, R., Elling, W., 2004. *Temporal instability in tree-growth/climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction*. Trees (2004) 18: pp. 19–28;
- Wimmer, R., 2002. *Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change*. Dendrochronologia, 20/1 2 (2002);
- Yan, Z., Jones, P.D., Davies, T.D., Moberg, A., Bergström, H., Camuffo, D., Coche, C., Maugeri, M., Demarée, G.R., Verhoeve, T., Thoen, E., Barriandos, M., Rodríguez, R., Martín-Vide, J. and Yang, C., 2002. Trends of extreme temperature in Europe and China based on daily observation. Climatic Change 53: pp. 355–392;
- Yeh, H.-Y., Wensel, L.C., Turnblom, E.C., 2000. *An objective approach for classifying precipitation patterns to study climatic effects on tree growth*. Forest Ecology and Management, 139 (2000) pp. 41-50;
- Ziska, L.H., Runion, G.B. 2007. *Future weed, pest and disease problems for plants*. Book Chapter. In: Newton, P.C.D., Carran, R.A., Edwards, G.R., Niklaus, P.A., editors. Agroecosystems in a Changing Climate. Boca Raton, FL: CRC Press. p. 261-287;
- Zoltan, K., Ionel, P., 2007. *Climate–growth relationship of tree species from a mixed stand of Apuseni Mts., Romania*. Dendrochronologia, 24 (2007): pp. 109-115.



**PIANO STRATEGICO DELLO SVILUPPO RURALE
L'AGRICOLTURA A BENEFICIO DI TUTTI**

RETE RURALE NAZIONALE 2007-2013
Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Dipartimento delle politiche competitive del mondo rurale e della qualità
Direzione generale della competitività per lo sviluppo rurale

Via XX Settembre, 20 - 00187 Roma

reterurale@politicheagricole.gov.it
www.reterurale.it

