

SUSANNA NOCENTINI (*)

LA GESTIONE DEL BOSCO COME SISTEMA BIOLOGICO
COMPLESSO: UNA QUESTIONE DI TEORIA E DI METODO

(*) DAGRI - Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze;
susanna.nocentini@unifi.it

La prassi forestale per lungo tempo è stata caratterizzata da un paradigma lineare: la coltivazione e la gestione del bosco si sono incentrate sul rapporto provvigione/rinnovazione, considerate rispettivamente fonte di reddito e presupposto per la continuità della produzione. Coerentemente con questo paradigma l'assestamento forestale ha messo a punto una serie di metodi per guidare il bosco verso lo stato normale, saldamente ancorati alla visione meccanicistica della natura. Considerare il bosco come un sistema biologico complesso e adattativo richiede il superamento del paradigma riduzionista e meccanicista, per adottare l'approccio sistemico in selvicoltura e assestamento. Si esaminano gli obiettivi e le basi teoriche dei metodi di assestamento classici in relazione alla nuova prospettiva teorica. Si conclude che gestire le foreste come sistemi biologici complessi è possibile solo se c'è anche un cambiamento nei metodi, così da renderli coerenti con il nuovo paradigma di riferimento.

Parole chiave: assestamento forestale; selvicoltura sistemica; complessità; bosco normale.

Key words: forest regulation methods; systemic silviculture; complexity, fully regulated forest.

Citazione: Nocentini S., 2019 - *La gestione del bosco come sistema biologico complesso: una questione di teoria e di metodo.* L'Italia Forestale e Montana, 74 (1): 11-23. <https://doi.org/10.4129/ifm.2019.1.02>

1. INTRODUZIONE

Per la maggior parte del secolo scorso, l'utilizzazione delle risorse naturali ha fatto riferimento a quello che gli ecologi hanno definito il "paradigma classico" (Meffe e Carroll, 1997). Questo paradigma tratta le popolazioni, le comunità e gli ecosistemi come se funzionassero in un ambiente statico seguendo traiettorie prevedibili. L'interesse scientifico si è così concentrato sulla definizione delle leggi che regolano le relazioni fra nascite, morti e accrescimento delle popolazioni (Hilborn *et al.*, 1995). Secondo questa concezione, finché il tasso di utilizzazione non eccede il tasso di rinnovazione, la risorsa non si esaurirà: la continuità della produzione dipende quindi dalla possibilità di predire con precisione il tasso di rinnovazione.

In analogia con questo paradigma, i sistemi selvicolturali hanno mirato a garantire la rinnovazione dei popolamenti secondo un preciso modello strutturale e compositivo, mentre l'assestamento forestale ha cercato di organizzare la sel-

vicoltura nel tempo e nello spazio in modo da ottenere un prodotto annuo, massimo e possibilmente costante (Ciancio e Nocentini, 1994; Puettmann *et al.*, 2009). Ambedue queste discipline hanno costruito un insieme di analisi e procedure che trovano il loro fondamento scientifico nei meccanismi biologici ed ecologici della rinnovazione delle specie arboree e nelle leggi che regolano l'accrescimento dei soprassuoli forestali.

Il paradigma classico della gestione forestale ha trattato le popolazioni e gli ecosistemi come se agissero in un ambiente immutabile e secondo traiettorie prevedibili. In questo approccio la selvicoltura è basata sul controllo dei processi naturali (Ciancio e Nocentini 1996, Puettmann *et al.*, 2009) e la foresta è stata considerata una entità strumentale, un insieme di alberi che può essere organizzato nel tempo e nello spazio in modo da ottenere gli obiettivi prefissati (Nocentini, 2011).

Il riconoscimento del bosco come sistema biologico complesso e adattativo (Ciancio e Nocentini, 1996; Puettmann *et al.* 2009; Messier *et al.*, 2013a; Filotas *et al.*, 2014), con la definizione della selvicoltura sistemica (Ciancio e Nocentini, 1996), ha cambiato il paradigma di riferimento: da un modo di pensare logico, razionale, analitico e riduzionista, basato sulla visione meccanicista della natura, si passa a un modo di pensare intuitivo, sintetico e olistico, basato sulla teoria della complessità (Ciancio e Nocentini, 1996; Puettmann *et al.*, 2009; Messier *et al.*, 2013a).

Con la consapevolezza che le future condizioni potranno rapidamente cambiare, il paradigma deterministico della gestione forestale classica ha perso uno dei suoi punti saldi: un futuro certo e prevedibile. Inoltre, se la foresta è un sistema biologico complesso, allora la sua organizzazione e le sue reazioni non sono né totalmente prevedibili, né totalmente casuali (Anand *et al.*, 2010; Nocentini *et al.*, 2017). Passare al paradigma della complessità richiede quindi un cambiamento nei metodi della gestione forestale.

Qui si analizzano i presupposti teorici di alcuni metodi chiave dell'assestamento forestale con l'obiettivo di definire un possibile approccio metodologico per gestire le foreste, coerente con la nuova visione scientifica. Non rientra nello scopo di questo lavoro esaminare in dettaglio tutti i metodi di assestamento proposti nel corso del tempo: quello che si vuole qui mettere in luce sono invece i rapporti fra l'idea guida dei diversi metodi e la teoria della gestione forestale.

2. L'ASSESTAMENTO FORESTALE CLASSICO

A partire dalla seconda metà del XVIII secolo sono stati messi a punto una serie di metodi per guidare il bosco verso lo stato normale, cioè verso quel bosco che per struttura e accrescimento è in grado di fornire “con il minimo dispendio e per un tempo illimitato, la massima quantità di beni materiali e immateriali per l'uomo” (Patrone, 1972). Secondo Tahvonon (2004) il concetto di “bosco normale” (*regulated forest*) ha giocato un ruolo importante, implicitamente o esplici-

tamente, nelle scienze e nell'attività forestale. Per esempio, Reed (1986, in Tahvonen, 2004) scrive: "L'idea di foresta normale è collegata a quella di prodotto annuo massimo e costante (*sustained yield*), e ha avuto un posto centrale nel pensiero forestale fin da quando esistono le scienze forestali".

Recknagel, già nel 1917, descriveva 18 metodi di assestamento, e molti altri sono stati definiti da allora (Davis *et al.*, 2001). Secondo Patrone (1944) i metodi di assestamento, in senso stretto, sono metodi di calcolo della *ripresa*¹. Secondo Knuchel (1953) la determinazione dell'ammontare della ripresa e la regolazione programmata della sua raccolta sono i più importanti compiti dell'assestamento. I metodi di assestamento presuppongono spesso anche specifici criteri di suddivisione e organizzazione della foresta; affrontano la questione della determinazione della ripresa in termini di superficie, volume o numero di alberi (o una combinazione di questi) da utilizzare ogni anno in relazione al modello di bosco normale (Patrone, 1944). Criteri diversi hanno ispirato il "metodo selvicolturale" descritto da Knuchel (1953), e il metodo del controllo di Gurnaud (1886, 1890).

3. I METODI PLANIMETRICI: DAL BOSCO ALLA PIANTAGIONE

Con i metodi planimetrici la ripresa viene determinata in termini di superficie; cioè il piano prescrive quanti ettari dovranno essere interessati dalle utilizzazioni, indipendentemente dalle caratteristiche della massa utilizzata. Questi sono i metodi più semplici e più antichi: scriveva infatti Huffel (1926) che l'idea di fissare la dimensione del taglio indicando l'estensione che si doveva percorrere era talmente naturale che essa doveva essere stata immediata per i primi uomini che si preoccuparono di regolare le utilizzazioni. I metodi planimetrici mirano a organizzare la foresta in modo che ogni classe di età occupi una superficie pressoché uguale.

Questi metodi consentono di avviare verso lo stato normale solo popolamenti a struttura coetanea e con rinnovazione pronta e sicura. Per questo motivo sono stati applicati con qualche risultato solo ai cedui. L'applicazione alle fustaie, generalmente caratterizzate da una rinnovazione meno pronta e sicura, non poteva dare invece risultati certi. Così, per rendere prevedibile la rinnovazione del bosco l'assestamento ha trasformato boschi in piantagioni. Come esempio si può citare il caso della Foresta di Vallombrosa dove la superficie interessata da soprassuoli di origine artificiale di abete bianco è passata dai 217 ettari del 1876 (Giacomelli, 1878) ai 680 ettari del 1960 (Patrone, 1960; Bottalico *et al.*, 2014), la maggior parte dei quali in sostituzione di boschi misti a prevalenza di latifoglie. Oppure il caso del Centro Europa, dove larga parte dei boschi misti è stata trasformata in piantagioni di abete rosso, fenomeno iniziato nel XIX secolo ma che

¹ Secondo Huffel (1926) il termine *possibilité* (ripresa) comparve per la prima volta nel linguaggio forestale francese nel testo dell'ordinanza del 1376 e venne ripreso successivamente nelle ordinanze del 1402, 1515 e 1583. In particolare nell'ordinanza di Enrico III del 1583, la *ripresa* venne definita come la parte di produzione che può essere prelevata dalla foresta sulla base di un regolamento specifico (*règlement particulier*), stabilito per l'utilizzazione. Il concetto di *ripresa* è quindi strettamente legato all'elaborazione di un regolamento, di un piano delle utilizzazioni e quindi di un assestamento.

ancora alla fine del secolo scorso non aveva sostanzialmente invertito rotta (Leopold, 1936a, 1936b; Wolfe e Berg, 1988).

Nonostante queste trasformazioni, anche dove il metodo è stato applicato con costanza per lunghi periodi di tempo, lo stato normale non è stato generalmente raggiunto, a conferma dell'impossibilità di prevedere con esattezza sia la risposta del bosco alla coltivazione, sia la costanza delle condizioni generali in cui avviene la coltivazione. Esempio è ancora il caso dell'abetina di Vallombrosa che, dopo oltre un secolo di applicazione del metodo planimetrico organico, era ben lontana dalla normalità cronologica (Ciancio e Nocentini, 2000a; 2000b). Oppure il caso della Foresta di Colditz, in Sassonia, per la quale Cotta aveva redatto nel 1821 un piano che prevedeva la normalizzazione in classi cronologiche e che a distanza di 100 anni (1921), mostrava ancora una marcata anormalità (Heske, 1938, in Heilbron, 1990).

4. I METODI VOLUMETRICI: LA QUINTESSENZA DELLA PREVEDIBILITÀ

I metodi volumetrici indicano la quantità di massa legnosa che deve essere utilizzata annualmente, senza specificare dove prelevarla. Nell'applicazione più semplice e più antica si percorreva la foresta utilizzando gli alberi più grossi (nel caso di boschi disetanei o "irregolari") o i popolamenti più vecchi (nel caso di boschi coetanei), fino a raggiungere il volume prescritto (Huffel, 1926).

In accordo con quello che Heilbron (1990) definisce "lo spirito quantificatore del XVIII secolo" la gestione forestale alla fine del settecento si rivolse alla matematica e alla geometria per organizzare la produzione. L'esempio più eclatante di questo spirito si ebbe in Germania. Lo scopo era quello di incastrare "pezzi sparsi di sapere ... dentro sistemi" e di trasformare "ogni tipo di attività prima lasciata alle consuetudini ... in una scienza" (Bechstein, 1797). Il risultato fu la quantificazione e la razionalizzazione applicate sia alla descrizione della natura sia alla regolazione della pratica economica. Così le prime indicazioni di un metodo di calcolo della ripresa in termini di volume si ritrovano verso la seconda metà del XVIII secolo in Germania, in procedimenti che sfociarono poi nel metodo di Hartig (1795).

Contemporaneamente in Austria si affermò il cosiddetto *metodo camerale austriaco*, un metodo di calcolo della ripresa basato sulla determinazione dell'incremento del bosco e della provvigione normale. Il metodo camerale austriaco è il primo metodo che fa diretto riferimento, attraverso la provvigione normale, alla nozione di *bosco normale*, per questo motivo gli è stata riconosciuta una importanza storica e concettuale notevole (Samuelson, 1976; Amacher, 2009). Il metodo camerale austriaco fa parte di quei metodi che i tedeschi chiamarono *Formelmethoden* perché si basano sull'uso di formule matematiche per calcolare la provvigione normale. È anche il primo metodo che utilizza una formula per calcolare la ripresa in modo abbastanza semplice e rapido.

I metodi volumetrici richiedono una profonda conoscenza dei meccanismi che regolano l'accrescimento dei popolamenti forestali. Per questo motivo sti-

molarono lo sviluppo dell'auxologia forestale come disciplina scientifica e contribuirono alla nascita delle scienze forestali. Le tavole di assestamento sono state uno dei principali prodotti di questa attività di ricerca; come strumenti di uso comune nella gestione forestale, le tavole alsometriche sono state sviluppate soprattutto fra il 1795 e il 1965 (Skovsgaard e Vanclay, 2008; Pretzsch *et al.* 2013). Essendo per lo più basate su dati raccolti in aree permanenti, esse rispecchiano l'accrescimento del bosco nelle condizioni ambientali del passato (Pretzsch, 1996, 1999). Questo presuppone che l'accrescimento forestale possa essere modellizzato in modo continuo, ma, come evidenziano Skovsgaard e Vanclay (2008), nonostante numerosi esempi dimostrino che la produttività di una stessa stazione cambia nel tempo (e.g. Spiecker *et al.*, 1996; Valentine, 1997), è ancora largamente ritenuto che la produttività sia costante in stazioni con clima, topografia e suoli uniformi, ma questo non è sempre vero.

Oggi è giusto riconoscere l'importanza dell'approccio "Camerale" nello stimolare la ricerca nel campo dell'accrescimento forestale e della sua modellizzazione. Ma si deve anche riconoscere che se questi studi possono essere utili quando l'obiettivo principale è quello di accrescere la nostra comprensione del funzionamento e delle dinamiche attuali, lo è molto meno per lo studio del futuro, dove dobbiamo invece evidenziare cosa non si conosce (Bell, 2003). Se già nel 1926 Huffel si chiedeva se le conoscenze in questi campi fossero sufficientemente certe e complete per togliere ogni rischio a questi metodi, oggi possiamo affermare con certezza che essi rappresentano la quintessenza dell'approccio deterministico: sono saldamente e indissolubilmente legati alla prevedibilità dei processi che determinano l'accrescimento del bosco.

5. I METODI DENDROMETRICI: LA NATURA INGABBIATA NELLE CURVE

I metodi di assestamento che fanno riferimento al numero e alla dimensione degli alberi da utilizzare sono stati definiti metodi dendrometrici. Essi sono stati proposti e applicati esclusivamente alle fustaie disetanee. Secondo Huffel (1926) i metodi "per piede d'albero" furono i primi a essere impiegati nell'assestamento delle fustaie disetanee per il semplice fatto che erano i più semplici e immediati. I trattatisti della prima metà del secolo scorso descrivono vari metodi che si rifanno al criterio dendrometrico (Pardé, 1930; Patrone, 1944), anche se molti di questi erano ritenuti già allora desueti (Huffel, 1926).

L'origine e lo sviluppo di questi metodi, si basano sugli studi avviati da De Liocourt (1898) alla fine del XIX secolo, tendenti a individuare le leggi che regolano la distribuzione degli alberi in classi di diametro.

Questa linea di ricerca è proseguita per tutto il XX secolo, nell'ambito della modellizzazione dei popolamenti disetanei (Peng, 2000), con l'obiettivo di identificare la "struttura sostenibile, in equilibrio o dello stato stazionario" del bosco disetano (Adams and Ek, 1974; Adams, 1976; Susmel, 1956, 1980; Lorimer e Frelich, 1984; Hansen e Nyland, 1987; Chapman e Blatner, 1991; Gove e Fairweather, 1992; Peng, 2000).

Tra i metodi dendrometrici interessa qui esaminare il metodo basato sulla curva di distribuzione normale delle piante in classi di diametro (o *norma*). Nelle diverse formulazioni del metodo la *norma* poteva essere ricavata secondo diverse procedure. Il *metodo italiano* o *metodo per differenze*, descritto da Perona (1895, in Patrone, 1944), definiva la *norma* partendo dall'ipotesi dell'uguaglianza delle superfici occupate dalle diverse classi diametriche. Secondo Patrone (1944) questo metodo non differiva sostanzialmente dal criterio già proposto da Di Berenger (1871). Huffel (1926) descrisse una variante, applicata a livello sperimentale nella foresta di Rein des Boules, che prevedeva di ricavare la *norma* dal confronto con inventari eseguiti in boschi vicini in condizioni simili e ritenuti normali.

In tutti questi metodi, se la situazione reale rispecchia la situazione normale, allora la ripresa consiste nell'eliminare gli alberi che durante il periodo di curazione passano alla classe diametrica successiva e risultano in eccedenza rispetto al numero normale di quella classe. Se invece vi sono differenze rispetto allo stato normale, le eccedenze o i deficit dovranno essere eliminati durante un periodo di tempo stabilito in base alle condizioni generali del bosco.

I metodi di assestamento per le fustaie disetanee che fanno riferimento al modello di normalità espresso dalla distribuzione degli alberi in classi di diametro sono l'analogo dei metodi che per le fustaie coetanee ricercano la normalità della distribuzione dei soprassuoli in classi cronologiche. Nella gestione delle fustaie disetanee la continuità della produzione è garantita dalla rinnovazione naturale. L'idea che sia possibile costringere il bosco ad adeguarsi alla *norma* presuppone una salda fede nella possibilità di prevedere e dirigere con certezza i meccanismi di autorganizzazione della foresta. Il risultato, teorico, di un tal modo di procedere non potrebbe essere altro che una fustaia "artificiale", anzi, come già affermava Dengler (1930), "artificialissima". L'incongruenza di un tale approccio traspare chiaramente dalle parole di Favre (1980): "Il forestale del Neuchâtel si astiene ugualmente dall'utilizzare a torto certe rappresentazioni grafiche, per esempio quella della curva di variazione del numero di fusti per categorie di diametro, la cui interpretazione servile conduce ai peggiori errori nel trattamento delle foreste".

6. IL METODO DEL CONTROLLO: VIA DAL BOSCO NORMALE

Il metodo del controllo, enunciato alla fine del XIX secolo da Adolphe Gurnaud (1886, 1890), si differenzia nettamente dagli altri metodi di assestamento in quanto la *ripresa* viene *constatata* e non *calcolata a priori* (Biolley, 1920; Ciancio e Nocentini, 1994). Il metodo si fonda sul controllo della reazione incrementale del bosco: a ogni revisione si effettua il cavallettamento totale e, per confronto con l'inventario precedente, si calcola l'incremento prodotto.

Il metodo del controllo, prescindendo nella maniera più assoluta dall'individuazione e dal perseguimento di un modello di normalità, non rappresenta solo un semplice cambiamento di regole tecniche. Secondo Patrone (1979)

l'assestamento dovrebbe consistere in un *bilancio preventivo* che vincola e programma la selvicoltura: il metodo del controllo, invece, si traduce in un *bilancio consuntivo* che ne verifica il risultato. Una strada che poteva degenerare, secondo Patrone (1972) in "un virtuosismo selvicolturale che, perduto ogni legame con l'economia, cade nel diletterantismo." Il capovolgimento del significato di assestamento che Patrone (1972) attribuisce al metodo del controllo rappresenta un vero e proprio mutamento genetico della selvicoltura e dell'assestamento forestale.

La mutazione consiste in una nuova visione del bosco (Ciancio e Nocentini, 1994): anche se l'obiettivo rimane sempre quello di massimizzare e rendere pressoché costante la produzione legnosa, questo metodo si fonda su una concezione del bosco molto diversa e sicuramente più attuale. La verifica a posteriori della reazione agli interventi e l'adattamento continuo della ripresa alla reazione del bosco anticipa alcuni dei concetti che sono alla base delle recenti ipotesi di gestione dei sistemi biologici complessi.

7. IL METODO CULTURALE: LIBERTÀ AL SELVICOLTORE?

La determinazione della ripresa basata solo su considerazioni selvicolturali è stata proposta per la prima volta da Pardé (1930) per la gestione delle fustaie da dirado non suscettibili di "assestamento regolare", e cioè le fustaie di montagna, quelle senili, deperienti, e quelle nelle quali l'oggetto principale della coltivazione non era la produzione di legno ma la *conservazione* del bosco, come a esempio la foresta di Fontainebleau.

In tutti questi casi, secondo Pardé, le utilizzazioni dovevano essere determinate solo su basi selvicolturali. La foresta, se sufficientemente estesa, poteva essere divisa in particelle e si poteva stabilire un periodo di curazione. Le particelle dovevano essere abbastanza grandi da consentire di tornare a brevi intervalli e prelevare ogni volta solo una parte molto limitata della provvigione, formata per lo più da alberi morti o deperienti. In nessun modo poteva essere determinata a priori una ripresa.

Secondo Knuchel (1953) il metodo "selvicolturale" si distingue da tutti gli altri metodi di assestamento perché questi ultimi calcolano prima la ripresa per tutta la compresa, poi la distribuiscono fra le diverse particelle con un piano dei tagli, che è considerato indicativo e subordinato al conseguimento della ripresa prestabilita. Al contrario, con il metodo culturale si definisce per ogni particella la ripresa sulla base di considerazioni selvicolturali. La ripresa globale per tutta la compresa è la somma delle riprese stabilite per ogni particella e il piano dei tagli è vincolante. Questo metodo era applicato diffusamente nella Svizzera occidentale e secondo Knuchel il vantaggio del metodo risiedeva nel fatto che la ripresa veniva determinata sulla base delle condizioni locali e dell'esperienza del selvicoltore; inoltre, tutte le parti della foresta venivano trattate secondo le reali esigenze selvicolturali dei popolamenti. In tal modo, possibili errori grossolani

erano esclusi, ed errori di valutazione potevano essere facilmente individuati effettuando rilievi ripetuti con periodicità decennale.

Come criterio guida per la martellata, Knuchel suggeriva: “dopo il taglio il bosco deve sempre trovarsi in una condizione migliore rispetto a prima”. Per motivi strategici di ordine generale egli consigliava di non utilizzare mai tutto l’incremento del bosco, ma di lasciarne sempre una parte per favorire l’aumento della provvigione, quasi sempre necessario, e per far fronte a possibili utilizzazioni accidentali.

Secondo Hellrigl (1986) questo approccio, che egli definisce “procedimento selvicolturale incondizionato”, prescindendo da qualsiasi punto di riferimento finale anche solo “provvisorio o indicativo”, si pone ai margini estremi del dominio assestamentale classico.

Il metodo colturale formulato da Cantiani (1963) riconduce il procedimento nell’alveo dell’assestamento forestale classico perché dipende, anche se in maniera non esplicita, dall’individuazione di un modello di normalità strutturale e incrementale. Secondo questo metodo deve essere prescritto il tipo di intervento da attuare per *normalizzare* la struttura, potenziare la capacità produttiva e migliorare l’incremento di ciascuna particella. Il metodo colturale diventa così un mezzo per ricondurre i boschi considerati “irregolari” verso una struttura e una provvigione tale da permettere la loro gestione secondo i metodi dell’assestamento classico (Ciancio *et al.*, 1995).

Nel nostro Paese il criterio colturale è stato utilizzato per definire la ripresa in tutte quelle situazioni in cui la struttura del bosco, per vari motivi, non è immediatamente classificabile in uno dei modelli di riferimento della selvicoltura. Spesso queste situazioni di “anormalità” strutturale derivano dalla mancata o incompleta applicazione del trattamento prescritto dai piani precedenti. Un esempio frequente è quello di faggete per le quali l’assestamento prevede il trattamento a tagli successivi uniformi e dove la storia colturale passata (tagli a scelta condotti con vari criteri, incompleta applicazione dei tagli successivi, ecc.) ha prodotto una “anormalità” strutturale delle singole particelle e una conseguente “anormalità” delle classi cronologiche. Per cercare di ricondurre il bosco alla normalità, la ripresa viene determinata particella per particella con criteri colturali ma la sua entità viene confrontata con la ripresa calcolata con metodi provvigionali e l’organizzazione generale della foresta prosegue secondo il modello del bosco normale coetaneo trattato a tagli successivi e suddiviso in classi cronologiche. La libertà del selvicoltore viene così circoscritta entro i limiti della “normalità”.

8. DALL’ASSESTAMENTO FORESTALE ALLA GESTIONE SISTEMICA: UNA QUESTIONE DI TEORIA E DI METODO

Dal rapido esame dei rapporti fra teoria e prassi dell’assestamento forestale classico emerge chiaramente che i metodi di assestamento sono saldamente ancorati alla visione meccanicistica della natura e al paradigma basato sull’approccio deterministico e riduzionistico.

Come hanno efficacemente evidenziato Rist e Moen (2013), la gestione forestale per lungo tempo è stata orientata verso la massimizzazione del reddito da un ristretto insieme di beni e prodotti, e ancora oggi la tendenza a gestire le foreste in modo da massimizzare la produzione di un “servizio” (o insieme di “servizi”) può portare a sistemi meno resilienti e più vulnerabili, sia dal punto di vista ecologico che istituzionale (Rist e Moen, 2013). Una elevata adattabilità e flessibilità sono necessarie per poter affrontare la crescente incertezza legata ai cambiamenti globali (Wagner *et al.*, 2014; Nocentini *et al.*, 2017): la gestione di un sistema complesso come la foresta non può funzionare su basi deterministiche (Ciancio e Nocentini, 1996; Puettmann *et al.*, 2009).

Gestire le foreste come sistemi biologici complessi e adattativi cambia il paradigma di riferimento e di conseguenza è necessario cambiare anche i metodi. Una gestione basata sulla selvicoltura sistemica deve integrare analisi, metodi e procedure operative che sono coerenti con gli attributi dei sistemi complessi e adattativi (Ciancio e Nocentini, 1996, 2011; Ciancio *et al.*, 2003; Nocentini e Coll, 2013).

Con la gestione sistemica i livelli ottimali di utilizzazione devono essere individuati per tentativi ed eliminazione degli errori secondo un approccio adattativo coerente con la concezione del bosco come sistema biologico complesso. La gestione procede secondo un *continuum* coevolutivo fra intervento umano e reazioni del sistema che di fatto esclude il *finalismo* tipico dei processi lineari che portano alla *normalizzazione* del bosco (Ciancio *et al.*, 1994; 1995). Per essere tradotta in pratica la gestione sistemica si deve basare su un metodo che lasci totale libertà al selvicoltore e, al tempo stesso, garantisca la verifica continua delle reazioni del bosco. Il monitoraggio diventa un elemento essenziale per adattare la coltivazione e la gestione alle risposte del sistema: gli ecosistemi forestali sono visti come obiettivi “in movimento” e, di conseguenza, la gestione dovrà essere flessibile, adattativa e sperimentale (Messier *et al.*, 2013b).

Questo modo di operare recupera l'essenza di due criteri che sono stati considerati al margine o addirittura fuori dall'assestamento classico, e cioè il *criterio culturale*, liberato da qualsiasi riferimento alla normalità del bosco, e l'*approccio adattativo* che era già insito nel metodo del controllo, seppure ancora legato alla visione produttiva del bosco.

L'attenzione non è rivolta alla previsione degli effetti di ogni intervento ma piuttosto alla reazione monitorata da indicatori opportunamente scelti, che non servono per definire la “futura condizione desiderata” ma sono utilizzati come parametri per misurare i cambiamenti nel tempo (Ciancio e Nocentini, 2004; Corona and Scotti, 2011). Il concetto di provvigione minimale, che dovrebbe sempre essere presente nell'unità di gestione (Ciancio e Nocentini, 2011; Nocentini e Coll, 2013; Wagner *et al.*, 2014), tende a mantenere l'ecosistema forestale al di fuori di quell'area critica in cui l'ecosistema potrebbe degradarsi verso un altro stato (Ekins *et al.*, 2003), mantenendo allo stesso tempo aperte più opzioni per il futuro.

In conclusione, la gestione sistemica, rispetto all'assestamento forestale, rappresenta una vera e propria rivoluzione. E non è solo una questione di teoria ma

anche di metodo. Solo rendendo di nuovo coerenti il metodo con la teoria, l'elaborazione di un piano di gestione forestale può diventare un supporto fondamentale per la reale salvaguardia del bosco e di tutti i suoi valori.

SUMMARY

Managing forests as complex adaptive systems: the need for coherence between theory and method

For a long time, forest practice has been characterized by a linear paradigm: forest cultivation and management have been centred on the volume/regeneration relationship, considered respectively source of income and basis for sustained production. According to this paradigm, forest management has worked out a series of forest regulation methods with the aim of obtaining the “fully regulated forest”. These methods are firmly anchored to the mechanistic view of nature. Considering the forest as a complex adaptive system means overcoming the reductionist and mechanist paradigm and entails a shift towards a systemic approach in silviculture and forest management. The objectives and theoretical assumptions of classical forest regulation methods are discussed according to the new systemic paradigm. Managing forests as complex adaptive systems and sustaining their ability to adapt to future changes is possible only if there is also a change in forest management methods so that they are consistent with the new theoretical approach.

BIBLIOGRAFIA

- Adams D.M., 1976 - *A note on the interdependence of stand structure and best stocking in a selection forest*. Forest Science 22, 180-184. <https://doi.org/10.1139/x74-041>
- Adams D.M., Ek A.R., 1974 - *Optimizing the management of uneven-aged forest stands*. Canadian Journal of Forest Research 4, 274-287.
- Amacher G. S., Ollikainen M., Koskela E., 2009 - *Economics of forest resources*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, p. 398.
- Anand M., Gonzalez A., Guichard F., Kolasa J., Parrott L., 2010 - *Ecological Systems as Complex Systems: Challenges for an Emerging Science*. Diversity 2010, 2, 395-410. On line: www.mdpi.com/journal/diversity. <https://doi.org/10.3390/d2030395>
- Bechstein J. M., 1797 - *Anzeige von der Herzoglich-Sächsisch-Gothaischen und Altenburgischen Societät der Forst- und Jagdkunde zu Waltershausen nebst den vorläufigen Statuten derselben*. Diana, 1: 424-429.
- Bell W., 2003 - *Foundations of Futures Studies: History, Purposes and Knowledge* (New Edition). Transaction Publishers, New Brunswick (USA) and London (UK).
- Biolley H., 1920 - *L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle*. Attinger Frères, Neuchatel. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.20785>
- Bottalico F., Travaglini D., Fiorentini S., Lisa C., Nocentini S., 2014 - *Stand dynamics and natural regeneration in silver fir (Abies alba Mill.) plantations after traditional rotation age*. iForest (early view): e1-e11 [online 2014-04-08] <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor0985-007>
- Cantiani M., 1963 - *Sviluppi del metodo culturale nell'assestamento forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 18 (1): 46-48.
- Chapman R.C., Blatner K.A., 1991 - *Calculating balanced diameter distributions associated with specified residual stand densities*. J. Environ. Manage. 33, 155-160. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(05\)80091-X](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(05)80091-X)
- Ciancio O., Corona P., Marchetti M., Nocentini S., 2003 - *Systemic forest management and operational perspectives for implementing forest conservation in Italy under a pan-European framework*. Proceedings, XII World Forestry Congress, Vol. B - Outstanding Paper, Level 1, Quebec City, p. 377-384.
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., Nocentini S., 1995 - *Il metodo culturale: un problema di selvicoltura e di assestamento forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 50 (1): 2-19.
- Ciancio O., Iovino F., Nocentini S., 1994 - *La teoria del bosco normale*. L'Italia Forestale e Montana, 49 (5): 446-462.

- Ciancio O., Iovino F., Nocentini S., 1995 - *Ancora sulla teoria del bosco normale. Perché si insiste a dire no*. L'Italia forestale e montana, 50 (2): 118-134.
- Ciancio O., Nocentini S., 1994 - *Il metodo del controllo del controllo e la selvicoltura su basi naturali: un problema culturale e di gestione forestale*. L'Italia forestale e montana, 49 (4): 336-356.
- Ciancio O., Nocentini S., 1996 - *Il bosco e l'uomo l'evoluzione del pensiero forestale dall'umanesimo moderno alla cultura della complessità. La selvicoltura sistemica e la gestione su basi naturali*. In "Il bosco e l'uomo" (a cura di O. Ciancio). Accademia Italiana di Scienze Forestali, p. 21-115.
- Ciancio O., Nocentini S., 2000a - *Perché un Silvomuseo a Vallombrosa*. L'Italia Forestale e Montana, 55 (6): 397-408.
- Ciancio O., Nocentini S., 2000b - *Il Silvomuseo di Vallombrosa: piano di assestamento dell'abetina dei Monaci Vallombrosani*. L'Italia Forestale e Montana, 55 (6): 409-450.
- Ciancio O., Nocentini S., 2004 - *Biodiversity conservation in Mediterranean forest ecosystems: from theory to operationality*. In: Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe - From Ideas to Operationality, a cura di M. Marchetti. EFI Proceedings No 51, 2004: 163-168.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2011.558705>
- Ciancio O., Nocentini S., 2011 - *Biodiversity conservation and systemic silviculture: Concepts and applications*. Plant Biosystems: An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 145 (2): 411-418. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2011.558705>
- Corona P., Scotti R., 2011 - *Systemic silviculture, adaptive management and forest monitoring perspectives*. L'Italia Forestale e Montana, 66 (3) 219-224. <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.3.05>
- Davis L.S., Norman Johnson K., Bettinger P.S., Howard T.E., 2001 - *Forest management: to sustain ecological, economic, and social values*. McGraw-Hill, New York, NY, 4th ed., 804 p.
- De Liocourt F., 1898 - *De l'Aménagement des Sapinières*. Bulletin Société Franche Comté et Belfort.
- Dengler A., 1930 - *Waldbauaufökologischer Grundelage*. Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-36229-7>
- Di Berenger A., 1871 - *Nuovo metodo di tassare i boschi ed assestarne l'economia*. Biblioteca Scientifica, Agricola, Industriale. Febo Gherardi Libraio-editore, Forlì, 73 p.
- Ekins P., Simon S., Deutsch L., Folke C., De Groot R., 2003 - *A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability*. Ecological Economics, 44 (2-3):165-185. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00272-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00272-0)
- Favre L. A., 1980 - *Cent ans de jardinage cultural contrôlé*. Journal Forestier Suisse, numéro spécial "Contrôle", p. 651-674.
- Filotas E., Parrott L., Burton P. J., Chazdon R. L., Coates K. D., Coll L., Haeussler S., Martin K., Nocentini S., Puettmann K. J., Putz F. E., Simard S.W., Messier C., 2014 - *Viewing forests through the lens of complex systems science*. Ecosphere, 5 (1): 1-23.
<http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00182.1>
- Giacomelli C., 1878 - *Tassazione della foresta inalienabile di Vallombrosa in Toscana*. Annali del Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio. Roma.
- Gove J.H., Fairweather S.E., 1992 - *Optimizing the management of uneven-aged forest stands: a stochastic approach*. For. Sci., 38 (3): 623-640.
- Gurnaud A., 1886 - *La sylviculture française et la méthode du contrôle*. Imprimerie Paul Jacquin, Besançon, 121 p.
- Gurnaud A., 1890 - *La méthode du contrôle et la tradition forestière*. Revue des eaux et forêts, p. 209-218.
- Hansen G.D., Nyland R.D., 1987 - *Effects of diameter distribution on the growth of simulated uneven-aged sugar maple stands*. Can. J. For. Res., 17 (1) 1-8. <https://doi.org/10.1139/x87-001>
- Hartig G.L., 1795 - *Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste, oder zur Bestimmung des Holztrages der Wälder*. Heyer, Gießen.
- Heilbron J. L., 1990 - *Introductory Essay*. In: The quantifying spirit of the Eighteenth Century. (Frangsmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E., eds). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, p. 1-23.
- Hellrigl B., 1986 - *La determinazione della ripresa*. In: Nuove metodologie nell'elaborazione dei piani di assestamento. I.S.E.A., Bologna, p. 819-1068.
- Heske F., 1938 - *German Forestry*. Yale University Press.

- Hilborn R., Walters C. J., Ludwig D., 1995 - *Sustainable exploitation of renewable resources*. Annual Review of Ecology and Systematics, 26: 45-67.
- Huffel G., 1926 - *Economie forestière*. Tome III. Librairie agricole de la maison rustique, Paris, 517 p.
- Knuchel H., 1953 - *Planning and control in the managed forest*. (Translation by M. L. Anderson). Oliver and Boyd. Edimburgh, 360 p.
- Leopold A., 1936a - *Deer and Dauerwald in Germany. I. History*. Journal of Forestry, 34 (4): 366-375.
- Leopold A., 1936b - *Deer and Dauerwald in Germany. II. Ecology and policy*. Journal of Forestry, 34 (5):460-466.
- Lorimer C.G., Frelich L.E., 1984 - *A simulation of equilibrium diameter distributions of sugar maple (Acer saccharum)*. Bull. Torr. Bot. Club 111, 193-199. <https://doi.org/10.2307/2996019>
- Lowood H.E., 1990 - *The Calculating Forester: quantification, cameral science, and the emergence of scientific forestry management in Germany*. In: The quantifying spirit of the Eighteenth Century. (Frangmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E., eds). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, p. 315-342.
- Meffe G.K., Carroll C.R., 1997 - *What is conservation biology?* In: Principles of conservation biology (Meffe G.K. Carroll C.R. eds). Second edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, p. 3-28.
- Messier C., Puettmann K.J., Coates K. D., 2013a - *Managing Forests as Complex Adaptive Systems. Building Resilience to the Challenge of Global Change*. Routledge, London and New York.
- Messier C., Puettmann K.J., Coates K. D., 2013b - *The Complex Adaptive System. A new integrative framework for understanding and managing the world forest*. In: Managing Forests as Complex Adaptive Systems. Building Resilience to the Challenge of Global Change. (Messier C., Puettmann K.J., Coates K. D., eds.) Routledge, London and New York, p. 327-341.
- Nocentini S., 2011 - *The forest as a complex biological system: theoretical and practical consequences*. L'Italia Forestale e Montana, 66 (3): 191-196. <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.3.02>
- Nocentini, S., Buttoud, G., Ciancio, O., Corona, P., 2017 - *Managing forests in a changing world: the need for a systemic approach. A review*. Forest Systems, 26: 1-15. <https://doi.org/10.5424/fs/2017261-09443>
- Nocentini S., Coll L., 2013 - *Mediterranean Forests: Human Use And Complex Adaptive Systems*. In: Managing Forests as Complex Adaptive Systems. Building Resilience to the Challenge of Global Change. (Messier C., Puettmann K.J., Coates K. D., eds) Routledge, London and New York, p. 214-243.
- Pardé L., 1930 - *Traité pratique d'aménagement des forêts*. Les Presses Universitaires de France, Paris, 545 p.
- Patrone G., 1944 - *Lezioni di assestamento forestale*. Firenze, Tip. Mariano Ricci, 294 p.
- Patrone G., 1960 - *Piano di assestamento delle foreste di Vallombrosa per il decennio 1960-1970*. Pubblicazione Azienda di Stato per le Foreste demaniali, Firenze.
- Patrone G., 1972 - *Stravaganza prima: l'essenza dell'assestamento forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 27 (1): 1-22.
- Patrone G., 1979 - *Stravaganza terza; la fustaia da dirado: realtà o fantasma?* Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, vol. 28: 267-306.
- Peng C., 2000 - *Growth and yield models for uneven-aged stands: past, present and future*. Forest Ecology and Management, 132 (2-3): 259-279. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00229-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00229-7)
- Pretzsch H., 1996 - *Growth trends in forests in southern Germany*. In: Spiecker H., Mielikainen K., Kohl M., Skovsgaard J.P. (eds.), Growth Trends in European Forests. Springer-Verlag, p. 107-131. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61178-0_11
- Pretzsch H., 1999 - *Waldwachstum im wandel, konsequenzen fur forstwissenschaft und forstwirtschaft*. Forstw. Cbl., 118: 228-250. <https://doi.org/10.1007/BF02768989>
- Pretzsch H., Biber P., Schutze G., Bielak K., 2013 - *Changes of forest stand dynamics in Europe. Facts from long-term observational plots and their relevance for forest ecology and management*. Forest Ecology and Management, 316: 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.050>
- Puettmann K.J., Coates D., Messier C., 2009 - *A critique of silviculture. Managing for complexity*. Island Press, Washington, 189 p.

- Recknagel A.B., 1917 - *Theory and practice of working plans*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Reed W.J., 1986 - *Optimal harvesting models in forest management - a survey*. Natural Resource Modeling, 1: 55-79. <https://doi.org/10.1111/j.1939-7445.1986.tb00003.x>
- Rist L., Moen J., 2013 - *Sustainability in forest management and a new role for resilience thinking*. *Forest Ecology and Management* 310: 416-427. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.033>
- Samuelson P., 1976 - *Economics of Forestry in an Evolving Society*. *Economic Inquiry* 14: 466-492. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1976.tb00437.x>
- Skovsgaard J.P., Vanclay, J.K., 2008 - *Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands*. *Forestry*, 81 (1): 13-31. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm041>
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. (eds.), 1996 - *Growth Trends of European Forests: Studies from 12 Countries*. Springer Verlag, Berlin.
- Susmel L., 1956 - *Leggi di variazione dei parametri della foresta disetanea normale*. *L'Italia forestale e montana*, 11 (3): 105-116.
- Susmel L., 1980 - *Normalizzazione delle foreste alpine. Basi ecosistemiche, equilibrio, modelli culturali, produttività*. Liviana Editrice, Padova, 437 p.
- Tahvonen O., 2004 - *Optimal Harvesting of Forest Age Classes: A Survey of Some Recent Results*. *Mathematical Population Studies* 11: 205-232. <https://doi.org/10.1080/08898480490513616>
- Valentine H.T., 1997 - *Height growth, site index, and carbon metabolism*. *Silva Fenn.* 31: 251-263. <https://doi.org/10.14214/sf.a8524>
- Wagner S., Nocentini S., Huth F., Hoogstra-Klein M., 2014 - *Forest management approaches for coping with the uncertainty of climate change: trade-offs in service provisioning and adaptability*. *Ecology and Society* 19 (1): 32. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06213-190132>.
- Wolfe M. L., Berg F. C., 1988 - *Deer and forestry in Germany half a century after Aldo Leopold*. *Journal of Forestry*, 86 (5): 25-31.