

IL RUOLO DELLE DOUGLASIETE PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Sabrina Raddi ⁽¹⁾, Orazio la Marca ⁽²⁾, Giulia Rinaldini ⁽¹⁾, David Pozzi ⁽³⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze;

⁽²⁾ Già professore ordinario di Dendrometria all'Università degli Studi di Firenze, coordinatore scientifico del GO Do.Na.To; ⁽³⁾ Libero professionista, coordinatore tecnico del GO Do.Na.To

Summary

Climate change is impacting forest ecosystems with more frequent heat waves, droughts and storms. Douglas-fir can help to mitigate and to adapt to these new conditions in order to achieve management goals, maintain desired forest ecosystem services and reduce the risks of forest degradation. Moreover, the role of natural regeneration could pave the way to intermixing native and non-native tree species, that may adapt better to future climate conditions, establishing resilient and productive climate smart forests.

Le foreste forniscono un contributo essenziale per risolvere molti pressanti problemi ambientali, tra cui la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici (UNFCCC, 1992), facilitando la transizione verso una società a basse emissioni di carbonio (C). La lotta ai cambiamenti climatici rimane una sfida complessa che richiede - come emerge anche dall'ultimo rapporto IPCC (2022a), di trovare i giusti ed equi compromessi tra gli obiettivi di sviluppo sostenibile potenzialmente in contrasto, come ad esempio la lotta alla povertà (SDG2) e la lotta alla deforestazione (SDG15).

Le foreste forniscono una molteplicità di servizi ecosistemici a vantaggio della collettività che si concretizzano in benefici ambientali, economici, sociali e di coesione territoriale (Costanza et al., 2017; Romano, 2021). Ne deriva che la pianificazione forestale e territoriale oltre a considerare il valore economico totale dei boschi (Bernetti e Sacchelli, 2013) debba, con un approccio strategico, includere l'analisi della vulnerabilità dei sistemi ai rischi connessi con i cambiamenti climatici ed i nuovi regimi di disturbo previsti per l'area mediterranea (Spanu et al., 2020). Il Mediterraneo risulta infatti essere una zona particolarmente sensibile da un punto di vista climatico (IPCC, 2022b), dove per il prossimo futuro ci si attende una maggiore incidenza e frequenza di eventi estremi (Michaelides et al., 2018). L'aumento delle temperature e la riduzione delle precipitazioni comporteranno una maggiore frequenza di anni siccitosi (Tramblay et al., 2020) e di ondate di calore (Perkins-Kirkpatrick e Gibson, 2017) con un forte impatto negativo per molti settori economici anche in Toscana (García-León et al., 2021). Inoltre, gli ecosistemi terrestri ridurranno la loro capacità di fissare carbonio con la massima contrazione nella fascia equatoriale e una coda rilevante (pari a un quarto rispetto all'attuale) anche alle nostre latitudini (Duffy et al., 2021). Questo risultato è particolarmente preoccupante non solo perché va a colpire ecosistemi altamente produttivi ma anche perché la fotosintesi è l'unico processo biologico capace di ridurre le concentrazioni di anidride carbonica (CO₂) presente in atmosfera. La gravità delle conseguenze sulla vita sulla Terra insite in queste evidenze scientifiche spingono ad adottare urgentemente tutte le possibili soluzioni che limitino l'aumento di temperatura entro i +2°C dai livelli preindustriali, rinnovando l'impegno di aderire alle risoluzioni emerse dalla COP26 di Glasgow nel novembre scorso.

Le soluzioni basate sulla conservazione e gestione degli ambienti naturali - note come *natural climate solutions* possono coprire nell'arco di un decennio circa un terzo della riduzione delle emissioni di gas serra necessaria per stabilizzare l'aumento della temperatura terrestre entro il limite dei +2°C. Le azioni più efficaci a livello mondiale riguardano le foreste ed in particolare, in ordine decrescente di importanza: (i) aumentare la copertura forestale, (ii) evitare la deforestazione e (iii) migliorare la gestione delle foreste naturali (Griscom et al., 2017). La lotta alla deforestazione è particolarmente importante sia perché include ecosistemi intatti di eccezionale valore (Watson et al., 2018), sia perché le emissioni associate alla deforestazione ammontano attualmente a circa la metà della fissazione da parte degli ecosistemi terrestri

(Friedlingstein et al., 2020). L'incremento della copertura forestale ed arborea (in termini di estensione, densità, provvigione, *agroforestry*, foreste urbane, ecc.) insieme con la gestione sostenibile delle foreste può innescare modelli di bioeconomia circolare con un'elevata capacità di mitigazione delle emissioni di gas serra e un alto valore aggiunto associato anche alla realizzazione di biomateriali, bioedilizia e alla bioenergia, che permettono di progredire nel processo di autonomia da materie prime ed energia e di riduzione degli impatti ambientali (FAO, 2022). In questo senso, la gestione selvicolturale per il clima (CSF, *Climate Smart Forestry*) proposta dalla Strategia forestale europea promuove l'intera catena di valore dalla foresta ai prodotti legnosi ed energia con gli obiettivi di «(i) ridurre e rimuovere le emissioni di gas serra; (ii) adattare e creare foreste diverse per la loro resilienza ai cambiamenti climatici; ed (iii) aumentare in modo sostenibile la produttività e il reddito delle foreste». Nel 2015 l'effetto di mitigazione delle foreste europee e dei suoi prodotti (legno e bioenergia) copriva il 13% delle emissioni Ue28 con 569 Mt CO₂ anno⁻¹; con i giusti incentivi potrebbe arrivare a superare le 1000 Mt CO₂ anno⁻¹ nel 2050 (IPCC, 2022b). Un valore pari a circa 2,5 volte le attuali emissioni annue in Italia (Romano et al., 2021). I progetti di sviluppo rurale finalizzati a recuperare la potenzialità della filiera foresta-legno, come il progetto Do.Na.To., stanno già offrendo un reale contributo in tal senso.

Il progetto Do.Na.To. - Douglasie Naturali Toscane - nasce per promuovere e valorizzare le douglasiete toscane, con importanti obiettivi strategici come ridurre i costi ambientali ed economici della coltivazione della douglasia verde (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*) grazie a una selvicoltura che promuove la rinnovazione naturale, alla pianificazione sovra-aziendale e alla valorizzandone del legname con forme d'impiego innovative di maggiore durata e più remunerative rispetto alle attuali destinazioni che possono sostenere le filiere toscane foresta-legno (Fratini, 2015).

In Europa, la douglasia è la specie arborea non nativa più abbondantemente coltivata data la sua elevata capacità di accrescimento, l'ampia gamma di prodotti ritraibili, la buona adattabilità ambientale resistendo all'aridità e al vento meglio di altre conifere montane, oltre a non presentare gravi problemi fitosanitari (Savill et al., 2002; Bastien, 2019; Roversi, 2016). Pertanto viene considerata una specie meritevole di grande attenzione per il contributo che può offrire alla realizzazione degli obiettivi di sviluppo sostenibile, e alla mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici in area montana (Kownatzki et al., 2011). Attualmente i Paesi con la maggiore superficie percentuale a douglasia sul totale dei loro boschi sono i Paesi Bassi (5%), seguiti da Francia (3%) e Germania (2%). In Toscana la douglasia è stata introdotta da oltre 150 anni (Ciancio et al., 1981) e forma oggi boschi con gli alberi più alti d'Italia, integrati in modo armonioso nel paesaggio, esaltandone l'aspetto montano in una fascia fitoclimatica povera di conifere indigene di prima grandezza. Le douglasiete costituiscono un elemento di diversità nel paesaggio appenninico della Toscana, aumentandone la valenza turistico-ricreativa, naturalistica, di regimazione dei deflussi e produttiva del territorio, contribuendo così alla sostenibilità e all'economia delle aree interne alto-collinari e soprattutto montane. In Toscana, le douglasiete - pur coprendo circa 0,5% della superficie boscata regionale, sono la seconda formazione artificiale dopo le pinete di pino nero. Gran parte delle superfici (90%) ricadono nelle province di Firenze, Prato, Lucca e Arezzo per lo più impiantate dal secondo dopoguerra alla fine degli anni '80 in suoli freschi e fertili, come investimento in alternativa all'abbandono (Ciabatti et al., 2009). Mostra un carattere non-invasivo nei confronti degli ecosistemi naturali, tanto da essere classificata dai botanici come neofita casuale (Celesti-Grapow et al., 2010, *Acta Plantarum*, 2007) o difficilmente spontaneizzata in Toscana (Arrigoni e Viegi, 2011), richiedendo per il suo insediamento condizioni senza una forte competizione delle specie erbacee e una buona disponibilità di luce. Può rinnovarsi in condizioni disturbate come aree di margine o in presenza di copertura rada, dove tende a formare una mescolanza per gruppi (Ciabatti et al., 2009), in buche originatesi naturalmente in seguito a schianti da vento o dove si trova consociata con specie più eliofile come il pino nero, come nel caso della Tenuta di Podernuovo (la Marca et al., 2017).

Scopo di Do.Na.To. è anche evidenziare il ruolo che specie forestali altamente produttive – anche se non native, ma introdotte con successo da lungo tempo in Italia come la douglasia – possono avere per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici in Toscana, con particolare riferimento alla bibliografia nazionale ed internazionale. Si evidenzia che l'analisi della letteratura è un primo passo per la raccolta delle conoscenze e delle lacune esistenti, ma non si possono formulare raccomandazioni generalizzate. Ad

esempio, la discussione sul ruolo della douglasia per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici non può prescindere dall'analisi del rischio nei confronti di specie protette o minacciate e di habitat prioritari da effettuarsi caso per caso (Bindewald et al., 2021).

La mitigazione del cambiamento climatico si ottiene aumentando gli assorbimenti e riducendo le emissioni di gas serra in tutti i settori di attività al fine di realizzare la neutralità climatica. Per un bilancio completo della mitigazione bisogna tenere in considerazione sia la permanenza nell'ecosistema (legata a sua volta alla probabilità dei disturbi) che il destino del carbonio esportato (Magnani et al., 2022). Le douglasiete, data la loro elevata produttività hanno un elevato potenziale di mitigazione sia come riserva strategica di carbonio nell'ecosistema, sia per la loro capacità di produrre prodotti apprezzati dall'industria del legno nelle filiere foresta-legno (Brunetti e Zanuttini, 2016) e nella bioeconomia circolare (Paletto et al., 2017). Al pari di altri ecosistemi ad elevata produttività, si collocano ai primi posti per lo stoccaggio di carbonio con un alto potenziale di mitigazione adottando cicli medio-lunghi. Le douglasiete di Vallombrosa hanno ancora a 70 anni incrementi medi di circa $15-17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ e correnti che arrivano a $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ (Bertini et al., 2019); stoccando 250 t C ha^{-1} nei fusti e circa 35 t C ha^{-1} nel suolo (Vittori-Antisari et al., 2018). Può essere un riferimento il bilancio del carbonio di una douglasietta di 68 anni rinnovatesi naturalmente dopo incendio presso Vancouver (Roach et al., 2021). In questo ecosistema sono presenti oltre 550 t C ha^{-1} con il 40% del carbonio totale stoccato negli alberi e il 27% (155 t C ha^{-1}) nel legno dei fusti (oltre a una considerevole quantità di carbonio nei rami, cortecce e foglie, tutti comparti ecologicamente importanti per l'apporto di nutrienti al terreno). Per quanto riguarda gli accumuli, le tavole di crescita nord-americane mostrano turni ottimali su un ampio intervallo di età da 40 a 100+ anni. Ciò è in linea con le osservazioni di Metsaranta et al. (2018) tratte dagli scambi di carbonio in douglasiete di impianto sull'Isola di Vancouver (Canada, temperatura media annua $9,1^\circ\text{C}$; precipitazioni 1500 mm all'anno) ottenute aggregando misure biometriche, misure dirette dei flussi di carbonio con torri *eddy-covariance* e dati dendrocronologici. La produttività netta dell'ecosistema (NEP) di queste douglasiete risulta ancora elevata a 60 anni fissando circa $5,5 \text{ t C}$ (pari a $20,1 \text{ t CO}_2$) per ettaro e per anno e fissando negli alberi circa $10,3 \text{ t C}$ (pari a $37,8 \text{ t CO}_2$) per ettaro e per anno come produttività primaria netta (NPP, fig. 1a). Valori, questi ultimi, prossimi a quelli riportati per la pioppicoltura italiana (Freer-Smith et al., 2019). In una valutazione complessiva, le considerazioni relative alla mitigazione devono prendere in considerazione non solo la produttività ecologica dell'ecosistema, ma anche l'energia utilizzata nell'intero processo produttivo con l'analisi di ciclo di vita (*life cycle analysis* che include gestione selvicolturale, trasporto, trasformazione industriale del legno, ...), oltre alla mitigazione ottenuta dall'uso del legno in sostituzione di materiali non rinnovabili e prodotti con un'elevata emissione di gas serra, come cemento, acciaio e vetro (Nabuurs et al., 2019).

Un altro punto gestionale importante riguarda il valore medio netto di valore mercantile dei prodotti legnosi ritraibili dalle douglasiete, che aumenta fino all'età di circa 90 anni per poi appiattirsi, indicando un ampio margine per l'individuazione del punto ottimale di utilizzazione (Schütz et al., 2015, fig. 1b). Quest'ultima analisi suggerisce anche la possibilità di una convergenza tra obiettivi ecologici ed economici con la formazione di douglasiete ad elevato valore paesaggistico ed ecosistemico. Convergenza che risulta ancora maggiore se è accompagnata dalla rinnovazione naturale. Inoltre, non sono da sottovalutare gli effetti positivi di un'accorta gestione selvicolturale che permette di mantenere un incremento medio crescente di valore mercantile fino a poco oltre i 100 anni, quando ancora non vi sono importanti perdite per attacchi di carie del legno. La gestione selvicolturale include la scelta e la regolazione della densità di impianto, l'applicazione di diradamenti selettivi a favore degli alberi che più si avvantaggiano del diradamento migliorando le condizioni di esposizione alla luce nella chioma (classi codominanti e intermedie) e la potatura di circa 100 alberi di buona forma e capacità di accrescimento (operazione quest'ultima che aumenta notevolmente il valore del legname); tematiche queste ampiamente affrontate e discusse durante le attività del progetto Do.Na.To. (la Marca et al., 2022).

Un'altra opzione per costituire boschi resilienti ed adatti ad affrontare i cambiamenti climatici è il passaggio da un sistema coetaneo classico a taglio a raso con rinnovazione artificiale posticipata ad un sistema disetaneo, dove il valore dei prodotti legnosi si ha concentrando la crescita (che si attesta mediamente su incrementi di $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$) su un numero relativamente esiguo di piante di grandi dimensioni. La bassa densità assicura la rinnovazione naturale e la disetaneità garantisce un'alta stabilità del popolamento

ai danni da vento per lo sviluppo di chiome più profonde e di alberi con un minor rapporto di snellezza. Le esigenze piuttosto alte di luce per la rinnovazione della douglasia richiedono di mantenere densità relativamente basse nei boschi disetanei con valori guida ad ettaro di $27 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ di area basimetrica e provvigioni di $350 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Schütz e Pommerening, 2013).

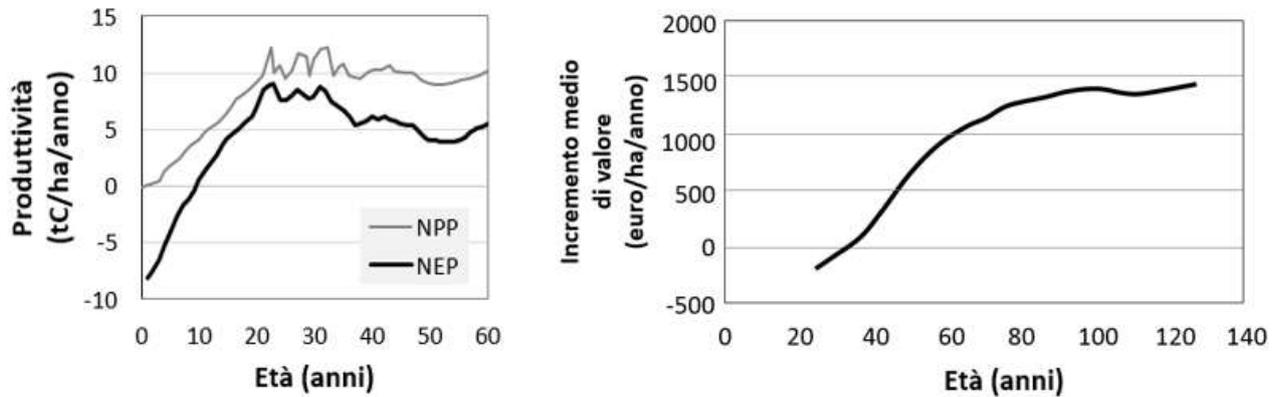


Figura 1 – Variazione con l'età del bosco: (fig. 1a, destra) della produttività ecologica in termini di NPP (produttività primaria netta) e NEP (produttività primaria netta dell'ecosistema) di una douglasietà canadese, modificato da Metsaranta et al., 2018; (fig. 1b, sinistra) dell'incremento medio di valore mercantile di douglasiete svizzere, modificato da Schütz et al., 2015

Nei tagli di sementazione effettuati durante il progetto Do.Na.To. si è osservata una buona rinnovazione di douglasia (per ora prevalentemente allo stadio di plantula e da valutarne l'affermazione nei prossimi anni) con il rilascio di area basimetrica inferiore a $20 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, confermando le osservazioni di Petit e Claessens (2013) nelle douglasiete della Regione vallona in Belgio. Nei tagli effettuati nell'ambito del progetto Do.Na.To. già con $35 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ la douglasia diventa una specie numericamente accessoria; prevale qui l'insediamento di specie più tolleranti dell'ombra, soprattutto abete bianco, acero di monte e carpino nero. I vantaggi ecologici della rinnovazione naturale sono molteplici e alla base della formazione di boschi più resilienti, ricchi di biodiversità e geneticamente meglio adattati all'ambiente, essendo il risultato di processi di selezione locale fin dalle prime fasi vitali ed occupando ogni specie le condizioni micro-stazionali in cui risulta più idonea. Con la rinnovazione naturale il sistema radicale risulta essere più efficiente, senza danni al fittone e, per la douglasia, meglio interconnesso alla rete micorrizica e all'apparato radicale delle piante rilasciate. Inoltre, nel caso di rinnovazione naturale ottenuta con tagli successivi o in boschi disetanei con tagli di curazione si aggiungono potenzialmente i benefici legati alla copertura del suolo durante l'affermazione della rinnovazione in termini di mitigazione, date le minori perdite di carbonio per erosione di suolo o per respirazione microbica del suolo. La douglasia per la sua elevata produttività e le sue altre caratteristiche biologiche può quindi essere considerata a tutti gli effetti una valida opzione per affrontare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici in corso e un'opportunità per perseguire una transizione ecologica in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Bibliografia

- ACTA PLANTARUM (dal 2007). *Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco - Scheda IPFI, Acta Plantarum*. Accesso on line del 22/05/2022.
- ARRIGONI P.V., LIEGI L. (2011). *La flora vascolare esotica spontaneizzata della Toscana*, Centro stampa, Giunta Regione Toscana.
- BERNETTI I., SACCHELLI S. (2013). *Il valore economico totale spazializzato dei boschi della Toscana: risultati e discussione*, in *Il valore economico totale dei boschi della Toscana*, a cura di A. Marinelli, E. Marone, FrancoAngeli srl, Milano, pp. 55-70.

- BASTIEN J.-C. (2019). *Potential of Douglas-fir under climate change*, in *Douglas-fir – an option for Europe*, in *EFI What Science Can Tell Us 9*, editori H. Spiecker, M. Lindner, J. Schuler, European Forest Institute, pp. 40-45.
- BERTINI G., FERRETTI F., ..., MAGNANI F. (2019). *Quantifying tree and volume mortality in Italian forests*, «Forest Ecology and Management», 444, pp. 42-49.
- BINDEWALD A., BRUNDU G., ..., LAPIN K. (2021). *Site-specific risk assessment enables trade-off analysis of non-native tree species in European forests*, «Ecology and Evolution», 11, pp. 18089–18110.
- BRUNETTI M., ZANUTTINI R. (2016). *Contributi tecnologici alla valorizzazione industriale del legname di douglasia*, in *Realtà e prospettive nella coltivazione della douglasia in Italia*, I Georgofili Quaderni 2016-I, Firenze, pp. 87-106.
- CELESTI-GRAPOW L., ALESSANDRINI A., ..., BLASI C. (2010). *Inventory of the non-native flora of Italy*, «Plant Biosystems», 143, pp. 386-430.
- CIABATTI G., GABELLINI A., ..., PERUGI A. (2009). *I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione*, in *ARSIA Regione Toscana*.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S. (1981). *Le specie forestali esotiche e le relazioni fra arboricoltura da legno e selvicoltura*, «Annali dell'Istituto sperimentale per la selvicoltura», Arezzo, XII-XIII, pp. 1-103.
- COSTANZA R., DE GROOT R., ..., GRASSO M. (2017). *Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?* «Ecosystem Services», 28, pp.1-16.
- DUFFY K.A., SCHWALM C.R., ..., SCHIPPER L.A. (2021). *How close are we to the temperature tipping point of the terrestrial biosphere?* «Sci. Adv. », 7, eaay1052.
- FAO (2022). *The State of the World's Forests (SOFO)*, Roma.
- FRATINI R. (2015). *Risorse forestali della Toscana e aspetti riguardanti il mercato del legno locale*, «Agriregionieuropa», 11, anno 42.
- FREER-SMITH, P., MUYS, B., ..., ORAZIO, C. (2019). *Plantation forests in Europe: challenges and opportunities*, in *From Science to Policy*, European Forest Institute.
- FRIEDLINGSTEIN P., O'SULLIVAN M., ..., ZAEHLE S. (2020). *Global Carbon Budget 2020*, «Earth Syst. Sci. Data», 12, pp. 3269-3340.
- GARCÍA-LEÓN D., CASANUEVA A., ..., NYBO L. (2021). *Current and projected regional economic impacts of heatwaves in Europe*, «Nature Communications», 12, 5807.
- GRISCOM B.V., ADAMS J., ..., FARGIONE J. (2017). *Natural climate solutions*, «PNAS», 114, 11645-11650.
- IPCC (2022a). *AR6 WGIII CHAPTER 17 Accelerating the transition in the context of sustainable development, 17.3.3.1 Agriculture, Forestry and Other Land Uses*, in *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*, pp. 33-35.
- IPCC (2022b). *AR6 WGIII CHAPTER 7 Agriculture, Forestry, and Other Land Uses, 7.4.2. Forests and other ecosystems*, in *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*, pp. 48-61.
- KOWNATZKI D., KRIEBITZSCH W.-U., ..., ELSASSER P. (2011). *Zum Douglasienanbau in Deutschland Ökologische, waldbauliche, genetische und holzbiologische Gesichtspunkte des Douglasienanbaus in Deutschland und den angrenzenden Staaten aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht*, in *vTI Sonderheft 344*, Braunschweig, Germany.
- LA MARCA O., POZZI D., ..., CAPPONI C. (2017). *La rinnovazione naturale della douglasia in Toscana. Primi risultati*, «Sherwood», 228, pp.15-19.
- LA MARCA O., POZZI D., ... RADDI S. (2022). *Prospettive future per la coltivazione della Douglasia (Pseudotsuga menziesii var. menziesii) in Toscana*, in *Atti dei Georgofili, Convegno Do.Na.To., 22 giugno 2022*, Acc. dei Georgofili, Firenze.
- MAGNANI F., RADDI S., VACCHIANO G. (2022). *Quantificare il carbonio fissato dagli alberi. Principali problematiche e metodologie di stima*, in *DOSSIER Alberi e mitigazione della crisi climatica*, «Sherwood», 258, pp. 37-40.
- METSARANTAA J.M., TROFYMOW J.A., ..., JASSAL R.S. (2018). *Long-term time series of annual ecosystem production (1985–2010) derived from tree rings in Douglas-fir stands on Vancouver Island, Canada using a hybrid biometric-modelling approach*, «Forest Ecology and Management», 429, pp. 57–68.

- MICHAELIDES S., KARACOSTAS T., ..., NISANTZI A. (2018). *Reviews and perspectives of high impact atmospheric processes in the Mediterranean*, «Atmospheric Research», 208, pp. 4-44.
- NABUURS G.-J., VERWEIJ P., ..., HENDRIKS K. (2019). *Next-generation information to support a sustainable course for European forests*, «Nature Sustainability», 2, pp. 815–818.
- PALETTO A., BECAGLI C., ..., DE MEO I. (2017). *Use of participatory processes in wood residue management from a circular bioeconomy perspective: An approach adopted in Italy*, «Energies», 15, 1011.
- PERKINS-KIRKPATRICK S.E., GIBSON P.B. (2017). *Changes in regional heatwave characteristics as a function of increasing global temperature*, «Scientific Reports», 7, 12256.
- PETIT S., CLAESSENS H. (2013). *La régénération naturelle des douglasaies a le vent en poupe, le point sur les itinéraires techniques existants*, «Forêt Wallonnen», 126, pp. 41-52.
- ROACH W.J., SIMARD S.W., ..., RYAN T.L. (2021). *Tree diversity, site index, and carbon storage decrease with aridity in Douglas-fir forests in Western Canada*, «Front. For. Glob. Change», 4, 682076.
- ROMANO D., ARCAESE C., ..., VITULLO M. (2021). *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019, in National Inventory Report 2021*, ISPRA Rapporti 341/2021.
- ROMANO S. (2021). *Transizione ecologica o green washing? Alcune riflessioni sulla gestione delle risorse forestali in Italia alla luce del PNRR*, «I Tempi della Terra», 10, pp. 126-139.
- ROVERSI P.F. (2016). *Avversità degli alberi e delle foreste*, in *Rapporto sullo stato delle foreste in Toscana*, Compagnia delle Foreste, pp. 94-102.
- SAVILL P., EVANS J., AUCLAIR D., FALCK J. (2002). *Plantation silviculture in Europe*, Oxford Univ. Press.
- SCHÜTZ J.-P., AMMANN P.L., ZINGG A. (2015). *Optimising the yield of Douglas-fir with an appropriate thinning regime*, «Eur. J. Forest Research», 134, pp.469–480.
- SCHÜTZ J.-P., POMMERENING A. (2013). *Can Douglas fir (Pseudotsuga menziesii (MIRB.) FRANCO) sustainably grow in complex forest structures?* «Forest Ecology and Management», 303, pp. 175–183.
- SPANU D., MEREU V., ..., ZAVATARELLI M. (2020). *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia*, CMCC Foundation, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Lecce, Italy.
- TRAMBLAY Y., KOUTROULIS A., ..., POLCHER J. (2020). *Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios*, «Earth-Science Reviews», 210, 103348.
- UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change. Convention on climate change*, online <http://www.unfccc.de/resource/conv/index.html>.
- VITTORI ANTISARI L., PAPP R., ..., MARINARI S. (2018). *Effects of douglas fir stand age on soil chemical properties, nutrient dynamics, and enzyme activity: A case study in Northern Apennines, Italy*, «Forests», 9, 641.
- WATSON J.E.M., EVANS T., ..., LINDENMAYER D. (2018). *The exceptional value of intact forest ecosystems*, «Nature Ecology & Evolution», 2, pp. 599–610.

PROSPETTIVE FUTURE PER LA COLTIVAZIONE DELLA DOUGLASIA (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*) IN TOSCANA

Orazio la Marca ⁽¹⁾, David Pozzi ⁽²⁾, Giulia Rinaldini ⁽³⁾, Claudia Capponi ⁽⁴⁾ e Sabrina Raddi ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Già professore ordinario di Dendrometria all'Università degli Studi di Firenze, coordinatore scientifico del GO Do.Na.To; ⁽²⁾ Dottore Forestale, libero professionista, coordinatore tecnico del GO Do.Na.To;

⁽³⁾ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze;

⁽⁴⁾ Libero professionista, Pistoia

Summary

At the end of the Do.Na.To. (Douglasiete Naturali Toscane) project the Authors underlined some important aspects related to Douglas-fir cultivation in Tuscany (Italy) and about its high potentialities regarding wood production, and mitigation/adaptation to climate change. The set-up of (i) demonstration areas for silvicultural treatment, (ii) monitoring network for seed dissemination and seed germination, as well as (iii) monitoring natural regeneration contributed to acquire and spread knowledge on this species in our Country. Finally, Douglas-fir cubic volume data for the oldest populations in Italy had highlighted yield and growth values never recorded before and the possibility to obtain particularly-large lumber-products appreciated for bio-economy transition. With respect to the expectations, the project objectives have largely been fulfilled.

Premessa

Le foreste di Douglasia coprono un areale di quasi 20 milioni di ettari in una fascia stretta e lunga della parte occidentale del nord America caratterizzata da un'ampia varietà climatica accomunata generalmente da estati piuttosto secche (Spieker et al., 2019). Questa pianta, introdotta in Europa dapprima a scopo ornamentale e per arricchire gli arboreti a partire dal 1827, rappresenta la seconda specie arborea non autoctona più comune nelle foreste europee dove oggi ricopre più di 800.000 ettari, di cui circa la metà in Francia.

In Toscana la Douglasia è presente praticamente lungo tutto l'arco appenninico a formare boschetti isolati su ex coltivi o pascoli o in complessi più estesi che, in taluni casi (vedi Tenuta di Podernovo, Consuma, Montepiano, alta Val Bisenzio, e complesso ex Vita Maier, in Casentino) raggiungono anche centinaia di ettari accorpati. L'inventario forestale regionale stima la presenza di circa 5.500 ettari di boschi puri o prevalenza di Douglasia e 1.900 ettari circa di soprassuoli in cui la Douglasia è la specie accessoria più importante. L'età attuale dei popolamenti si concentra nelle classi cronologiche dai 40 ai 60 anni con modeste superfici fino a 80 anni e qualche particella ultracentenaria. Gli impianti più vecchi derivano per lo più da parcelle sperimentali; quelli meno vecchi da piantagioni a scala aziendale realizzate dopo la diffusione dei primi risultati della coltivazione, in particolare dopo la pubblicazione degli studi alsometrici di Cantiani (1965).

Oltre agli impianti in purezza di origine antropica, in molte realtà si hanno impianti misti con Douglasia per effetto della colonizzazione da parte di questa specie di pinete, di cedui di latifoglie, in qualche caso anche di fustaie nella fase di rinnovazione. Ci fu un periodo in cui la Douglasia veniva impiantata nei progetti di coniferamento di boschi cedui, per migliorare la loro posizione economica.

In Toscana, la proprietà si divide fra le riserve forestali già ex Foreste dello Stato, oggi in parte gestite dal Raggruppamento Carabinieri Biodiversità, in parte trasferite alle Regioni e gestite dalle Unioni di Comuni, infine foreste di proprietà privata. La posizione è submontana e montana, compresa tra i 500 e i 1200 m.

Do.Na.To.: la diffusione delle conoscenze sulla coltivazione della Douglasia

Il progetto Do.Na.To., l'acronimo sta per "Douglasiete Naturali Toscane", in quanto è nato per diffondere tra portatori di interesse le tecniche di rinnovazione naturale della specie, con capofila la Società Agricola Futuro Verde srl di Capannori (LU), che gestisce uno dei più importati complessi italiani di Douglasia, la

Tenuta di Podernovo alla Consuma (FI), conta quindici partner, fra soggetti pubblici gestori di superfici forestali (cinque Unioni dei Comuni, Casentino, Mugello, Val di Bisenzio, Appennino Pistoiese e Pratomagno ed il Raggruppamento Carabinieri Biodiversità di Vallombrosa), tre istituti di ricerca (UNIFI-DAGRI, CNRIBE, CREA), due aziende private oltre la capofila Futuro verde srl (Soc. Agro Forestale Santini Lamberto e Fattoria di Marena), una società editoriale (Compagnia delle Foreste), una società di formazione (D.R.E.Am. Italia) ed infine una istituzione culturale (Accademia dei Georgofili). Ognuno di questi all'interno del progetto ha avuto funzioni specifiche, che vanno dall'attuazione di interventi a carattere dimostrativo sulla gestione razionale ed innovativa per il nostro paese dei soprassuoli di Douglasia, alla formazione professionale sulle tecniche selvicolturali e le procedure di valorizzazione delle produzioni, al monitoraggio dei risultati conseguiti dal progetto e alla disseminazione degli stessi. Un'importante azione realizzata nell'ambito del suddetto progetto ha riguardato il restauro degli arboreti sperimentali di Faltona (AR) realizzato nei primi anni 70 del secolo scorso dall'allora Istituto Sperimentale per la Selvicoltura), che raccoglie e mette a confronto le capacità di adattamento al nostro clima di oltre 100 provenienze di Douglasia che, unitamente all'arboreto di Vallombrosa (FI) in località Spedalinga, anch'essa interessata dal progetto, rappresenta una fra le più importanti collezioni a livello europeo del germoplasma della specie. Con il materiale genetico prelevato proprio da questi due arboreti, Do.Na.To. ha promosso la realizzazione di due impianti clonali (uno in Mugello e l'altro sulla Montagna Pistoiese) che consentiranno non solo di salvaguardare il germoplasma delle migliori provenienze della specie per il nostro ambiente, ma anche, a medio termine, di disporre di materiale di propagazione qualificato con il quale rifornire la filiera vivaistica.

L'allestimento in differenti condizioni ambientali di aree dimostrative del trattamento selvicolturale, in uno con le attività organizzate in campo a scopo divulgativo ed anche formativo, ha rappresentato una strategia vincente per attivare un dibattito costruttivo tra addetti ai lavori e tra portatori di interesse. In questo ambito la presenza di soprassuoli tra loro differenti per età, condizioni ambientali, per densità, trattamento selvicolturale pregresso e futuro, ha consentito di evidenziare luci ed ombre relativamente alle scelte di carattere gestionale nella coltivazione di questa specie.

In questo ambito ogni area dimostrativa racchiude una particolare tematica che contribuisce ad arricchire il dibattito intorno a questa specie.

Aver posto a confronto popolamenti maturi mai diradati, con altri sottoposti a differenti tipologie di diradamento, popolamenti prossimi ai turni consuetudinari con soprassuoli di età avanzata (prossime a 100 anni), ha consentito valutazioni di carattere selvicolturale e auxometriche di notevole interesse che possono portare ad opzioni selvicolturali diversificate nella gestione di questi soprassuoli, nella scelta delle produzioni ottenibili e nell'impiego di assortimenti legnosi ritraibili dalla Douglasia.

Tra le aree dimostrative, relativamente alla presenza di rinnovazione naturale, particolare rilievo assumono le aree presenti nell'Azienda Podernovo (FI) in cui la Douglasia è consociata a Pino nero. Qui la Douglasia ha manifestato ottime capacità di rinnovazione naturale da completare nel caso si voglia realizzare un soprassuolo coetaneiforme, oppure un buon inizio per realizzare un soprassuolo irregolare. Sempre a Podernovo esistono esempi di abbondantissima e affermata rinnovazione naturale conseguente a tagli a raso su strisce larghe 30-40 m, intercalate a soprassuoli maturi, effettuate in annate di abbondante produzione di seme (la Marca et.al. 2017). Le aree dimostrative di Vallombrosa si sono rivelate scrigni di conoscenze soprattutto per i dinamismi ecologici e dendro-auxologici che è stato possibile osservare su soprassuoli pressoché centenari e per la capacità dimostrata da un soprassuolo di Douglasia di colonizzare in parte una faggeta quando si è trovata in fase di rinnovazione.

L'area dimostrativa che ha riscosso un particolare interesse è stata senza dubbio quella che accoglie una collezione di provenienze di Douglasia a Faltona (AR) in cui è stato possibile vedere l'esito della coltivazione nello stesso ambiente di provenienze di Douglasia che si sono differenziate geneticamente e che si sono adattate a condizioni ambientali tra loro molto diverse. A un così vasto areale non poteva non corrispondere una differenziazione di questa specie in entità sottospecifiche in conseguenza della grande diversità di ambienti ai quali si è adattata (Ducci e Tocci 1987).

Quest'area dimostrativa rappresenta certamente un monito all'importanza che la scelta delle provenienze ha in occasione dell'introduzione di una specie in un Paese lontano dai luoghi di origine, ed anche

all'importanza di organizzare una produzione vivaistica basata su arboreti impiantati con materiale selezionato.

Le aree dimostrative in zone ad alta densità di Fauna ungulata, come l'alto Appennino Pistoiese e la Val di Bisenzio, ma anche quelle realizzate nell'Alpe di Catenaiola (AR), rappresentano un'altra tessera del complesso mosaico delle problematiche che il progetto Do.Na.To ha affrontato e che potranno dare, si spera, una qualche risposta sulla resilienza della Douglasia all'impatto che oggi rappresenta la fauna ungulata nella fase di rinnovazione del bosco.

Le attività dimostrative di campagna e quelle divulgative organizzate nel corso dello svolgimento del progetto Do.Na.To. hanno contribuito a diffondere i risultati conseguiti dal gruppo di lavoro e mostrato alcuni popolamenti forestali che si prestano a essere sottoposti ad interventi selvicolturali innovativi per il nostro Paese¹, finalizzati a ottenere la rinnovazione naturale. Durante le attività di divulgazione delle conoscenze in campo, è stato possibile prendere visione della presenza di rinnovazione naturale di Douglasia, sia come conseguenza di interventi selvicolturali mirati, sia come fenomeno naturale in popolamenti sufficientemente radi di Pino nero, Abete rosso, Castagno o Cerro, limitrofi a douglasiete mature, oppure in condizioni di margine a popolamenti di Douglasia. Le giornate dimostrative hanno rappresentato l'occasione per esaminare alcuni processi successionali con Abete bianco o con Faggio in soprassuoli di Douglasia di circa 90 anni in cui le condizioni di luce non hanno consentito la rinnovazione della Douglasia.

Nell'ambito del progetto si sono eseguiti rilievi della rinnovazione naturale sia all'interno delle aree dimostrative che nelle tagliate a raso in concomitanza con la produzione di seme dell'autunno 2020 nella Tenuta di Podernuovo. La maggiore rinnovazione naturale si osserva nelle tagliate a raso di bassa quota intorno a 550 m di quota dove si superano le 100 mila plantule per ettaro: 98 mila plantule di Douglasia e 15 mila plantule di altre specie con una prevalenza di Castagno (67%) seguito da Cerro (24%) e Salicome (10%). Il numero di plantule diminuisce in quota pur rimanendo sempre abbondantissima anche a 1000 m: 40 mila plantule di Douglasia e 6 mila plantule di altre specie, in prevalenza Pino silvestre. Campionando la rinnovazione con transetti in croce nelle tagliate, l'incidenza dei quadrati di campionamento privi di plantule è nullo a bassa quota e pari al 13% a 1000 metri. L'altezza media della rinnovazione è in generale di 10 cm al primo anno contro i 40 cm della rinnovazione artificiale.

Nel caso dei tagli di sementazione o dei tagli a raso a buche i risultati sono incoraggianti se il carico degli ungulati non è eccessivo e vanno verso una rinaturalizzazione dei soprassuoli, formando dei boschi misti ad elevata biodiversità.

La Douglasia è considerata una pioniera semi-tollerante dell'ombra, la cui rinnovazione è favorita dai tagli successivi. Nel rilievo della rinnovazione effettuato con transetti di 50 m x 1 m dopo i tagli di sementazione nelle douglasiete dell'Alpe di Catenaiola nel 2019 sono state ritrovate 20 mila plantule per ettaro nell'area Do.Na.To #14 (una douglasietta mista a Pino nero e Abete bianco con un'area basimetrica post-intervento di $G = 11 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), 13 mila plantule ad ettaro nell'area Do.Na.To #15 (una douglasietta con G post-intervento di $35 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e 2,4 mila plantule ad ettaro nell'area Do.na.to. #16 soggetta a taglio a raso con riserve (G rilasciata di $14 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ nel 2019). Il dinamismo è maggiore in termini di abbondanza e di ricchezza specifica nei tagli di sementazione in douglasiete consociate con altre conifere. Nel 2022, il numero di piantine per ettaro aumenta a 28 mila (57% Douglasia) di cui 10 mila con altezza maggiore di 20 cm nell'area #14, mentre si riduce a 5800 (di cui 7% Douglasia) nell'area #15. In entrambi i casi la rinnovazione si è insediata nel 40% dei quadrati campionati nel 2019 e si riduce leggermente nel 2022 intorno al 32-34%, principalmente per lo sviluppo dello strato erbaceo (rovo e felce nel primo caso e rovo nel secondo). Con il taglio a raso con riserve si osserva la presenza di semenzali nel 14% dei quadrati di campionamento nel 2019 e 22% nel 2022. La presenza della Douglasia è in aumento soprattutto sotto la copertura delle douglasie rimaste dove la concorrenza con la copertura erbacea è minore: infatti si passa da 400 plantule (nel 2019) a 33 mila plantule ad ettaro (nel 2022, di cui 99% Douglasia). In queste condizioni, la rinnovazione di altre specie è sporadica e comprende Salicome, Carpino e Ontano. Nell'area sono presenti anche semenzali da pre-rinnovazione di 68 cm di altezza (*min-max*: 33-151 cm) di 4-12 anni e con buoni accrescimenti longitudinali mediamente pari a circa 20 cm per il 2021.

¹ Sono state impiantate 23 aree dimostrative, mediamente tre per ogni complesso forestale esaminato

Nel taglio di sementazione effettuato a Vallombrosa (area Do.Na.To. #11) ci sono circa 5 volte più plantule dentro le recinzioni rispetto a fuori; l'Abete bianco prevale sull'acero in condizioni protette (69% vs 33%, rispettivamente), viceversa fuori dalle recinzioni (19% Abete bianco vs 61% Acero), la Douglasia costituisce solo il 6% delle plantule. I transetti hanno mostrato la presenza di circa 12,6 mila plantule alla fine di maggio 2022 (76% Acero di monte, 13% Abete bianco, 5% Castagno e 5% Pioppo tremulo); un numero molto maggiore rispetto al rilievo del Febbraio 2022 con 1400 plantule di Abete bianco. In quest'area vi è una forte presenza del cinghiale che disturba il suolo e la pre-rinnovazione di Abete bianco è fortemente danneggiata: per il 50% brucata e deperiente, 25% brucata e 25% deperiente presentando decolorazione fogliare.

Nei tagli di rinnovazione effettuati sull'Appennino pistoiese la rinnovazione si è insediata nell'88% dei quadrati nel taglio a raso con riserve (area Do.Na.To. #18) e sul 20% dei quadrati nel taglio a buche (area Do.Na.To. #20). Nel primo caso vi è una prevalenza di Douglasia (84%) sull'Abete bianco (16%) con Salicone sporadico; l'altezza media della rinnovazione è molto ridotta (5 cm, con valori massimi di 8 cm per l'Abete bianco e 13 cm per la Douglasia) ed i danni da brucatura da cervo sono forti sul 20% delle plantule di Abete bianco e presenti sul 2% delle plantule di Douglasia. Nel taglio a buche l'altezza della rinnovazione è leggermente maggiore sia nei valori massimi (13 cm nell'Abete bianco e 23 cm nella Douglasia) che medi (6 e 10 cm, rispettivamente), ma l'abbondanza, per la presenza della felce, è molto inferiore con circa 7200 plantule per ettaro equi-partite tra le due specie.

La presenza di recinzioni installate in queste tre zone (Vallombrosa, Alpe di Catenaia, Appennino pistoiese) fornirà maggiori informazioni sul dinamismo della vegetazione e della rinnovazione arborea in particolare, nonché sul disturbo arrecato dalla fauna ungulata.

La plasticità pedoclimatica

In accordo con gli studi condotti su questa specie nei principali Paesi europei è stato possibile verificare il buon esito della coltivazione in stazioni con precipitazioni di almeno 700 mm e distribuzione ben ripartita nell'anno. Di seguito si riportano i dati relativi all'umidità dell'aria e alle precipitazioni nella zona di indigenato e in una stazione toscana in cui la Douglasia ha dato buoni risultati per quanto riguarda l'adattamento e la crescita.

Le due stazioni della zona nord americana, della zona costiera dell'Oregon e dello Stato di Washington, nonché dell'isola di Vancouver, ritenute le provenienze della Douglasia verde che hanno dato i migliori risultati in Italia, mostrano precipitazioni di poco inferiori ai 1000 mm anno⁻¹, di cui una modesta quantità cade nel pieno periodo vegetativo e umidità relativa dell'aria che non scende mai sotto il 60% (Spiecker et al., 2019).

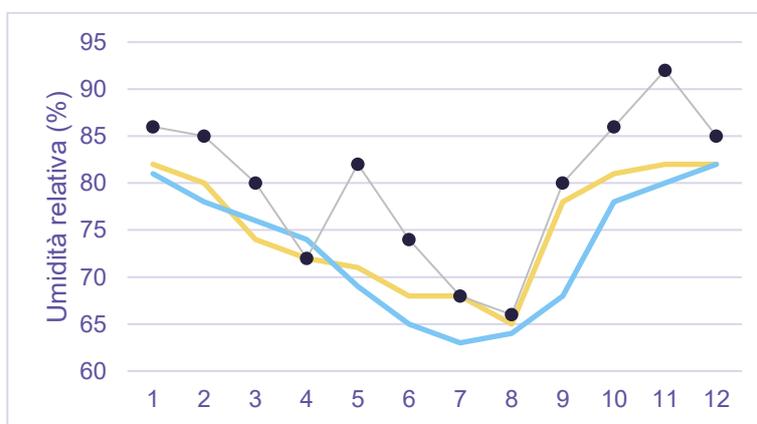


Figura – Umidità relativa nel corso dell'anno alla Consuma (●), Vancouver (●) e Portland (●)

La stazione di Consuma (FI), ubicata a poca distanza da Vallombrosa, storica sede delle prime introduzioni di Douglasia in Italia, posta a 955 m s.l.m. (Lat. N 43,784, Long. E 11,585), presenta precipitazioni che superano di circa il 30% quelle indicate per Vancouver (Canada) e Portland (USA), per di più caratterizzata

da un regime pluviometrico con due picchi in corrispondenza dei solstizi, quindi una distribuzione maggiormente favorevole durante il periodo vegetativo di questa specie, e umidità atmosferica relativa costantemente superiore, sebbene con andamento confrontabile con quella registrata, a quelle registrate nelle stazioni americane sopra riportate. Va detto che l'andamento delle precipitazioni durante l'anno di alcune stazioni europee note per la presenza di *Douglasia* introdotta dagli Stati di Washington e dell'Oregon è del tutto diverso da quelle di Portland e Vancouver (vedi Brasov e Timisoara in Romania; ed entro certi limiti anche Friburgo in Germania). Nelle suddette stazioni le distribuzioni delle precipitazioni risultano costantemente crescenti a partire da Gennaio fino a Giugno, dopo per lo più decrescono fino a fine anno. Il picco delle precipitazioni quindi si ha per lo più durante il periodo in cui si concentra la crescita della *Douglasia*. Mentre in stazioni più mediterranee, come Dijon e Limoges in Francia e Consuma in Italia le precipitazioni sono meno accentuate durante il periodo estivo, mentre nel suddetto periodo la temperatura e il fotoperiodo è decisamente più favorevole alla crescita delle piante. Il grafico che segue ripreso da Spiecker et al. (2019) ed integrato con i dati della Consuma confronta l'andamento delle precipitazioni.

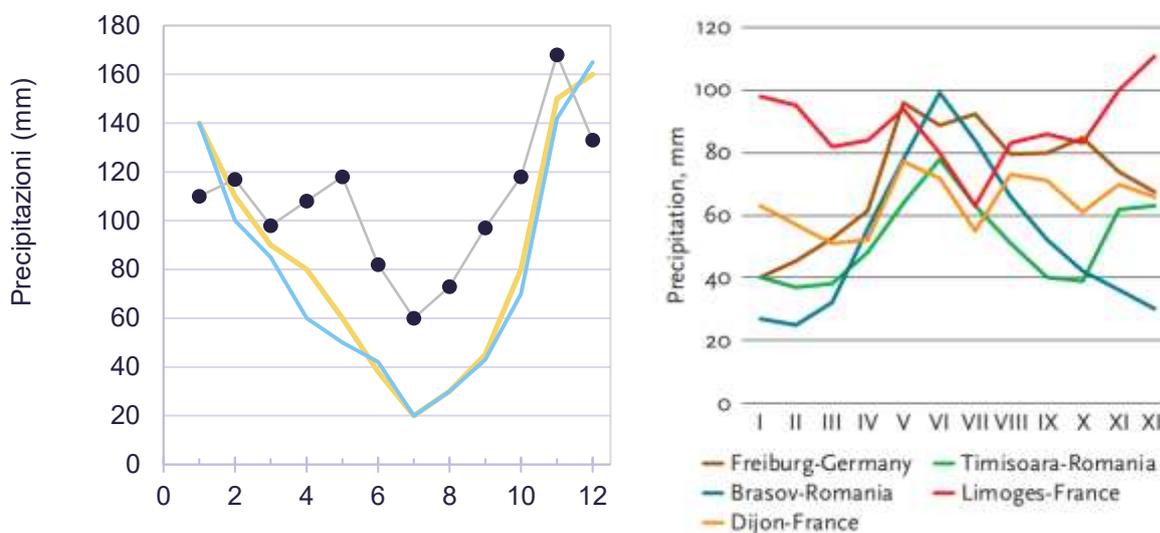


Figura – Andamento annuale delle precipitazioni, a destra: Regione del Pacifico NW a Vancouver (●); Portland (●) e Consuma (IT, ●); a sinistra: altre località europee tratte da Spiecker et al. (2019)

Per quanto riguarda ancora le precipitazioni, è rilevante osservare che l'area della costa occidentale del Pacifico è caratterizzata da una notevole variabilità: da 760 a 3000 mm anno⁻¹. Per la zona montana della Catena costiera la variabilità è ancora più accentuata: da 600 a 3000 mm anno⁻¹ (da Lavender e Hermann, 2014 in Spiecker et al., 2019).

L'area delle Montagne rocciose, evidentemente riparata dalla Catena costiera ha precipitazioni annue che da nord a sud variano tra 560-1020 mm e 410-760 mm. Lo studio climatico è arricchito da importanti dati riguardanti le giornate senza gelo (*frost free period*) estremamente variabili da 195-260 giorni nella zona costiera a 80-180 giorni nella Catena costiera per ridursi a 50-130 giorni nelle montagne rocciose. Questa enorme variabilità climatica è del tutto prevedibile per una specie che ha un areale così vasto (oltre 20 milioni di ettari) ed esteso in latitudine (dal 50° parallelo N fino a oltre il 40° la varietà *menziesii* e ancora più a sud per la var. *glauca*).

La stazione Consuma ben si inserisce nella forbice dei valori ambientali (precipitazioni e umidità relativa dell'aria) sopra riportati con la variante di avere precipitazioni più abbondanti di Vancouver e Portland e, per di più, meglio distribuite durante il periodo vegetativo.

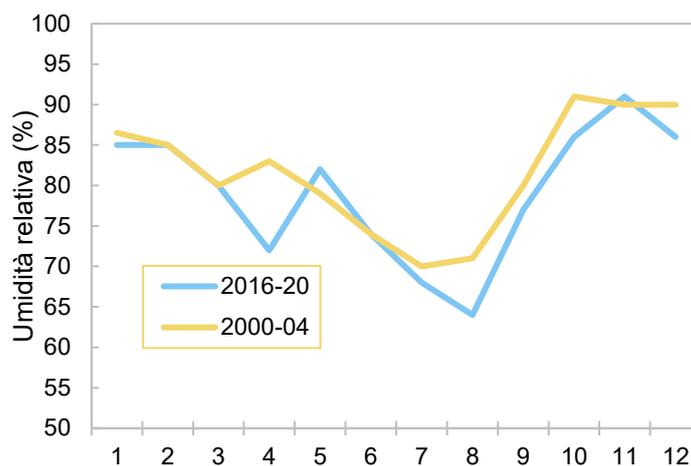


Figura – Andamento nell'anno dell'umidità relativa dell'aria alla Consuma (prov. FI)

Da una breve indagine comparativa del quinquennio 2000-2004 e 2016-2020 condotta sull'igrometria della stazione Consuma (FI), a dimostrazione di una tendenza ad una riduzione dell'umidità dell'aria negli ultimi 20 anni, è risultato che l'umidità media annuale del periodo 2000-2004 (u.rel = 82,5) è stata significativamente più alta rispetto al quinquennio 2016-2020 (u.rel = 79,7). In particolare, nei mesi di Aprile, Agosto e Ottobre l'umidità media mensile nel periodo 2000-2004 è stata significativamente maggiore di quella degli stessi mesi del periodo 2016-2020. Per gli altri mesi le differenze non sono risultate statisticamente significative. Si tratta di un ulteriore dato sintomatico dei cambiamenti climatici in atto che, almeno per il momento, sembrerebbe “positivamente assorbito” dalla Douglasia (nel senso che non si sono manifestati evidenti segnali di deperimento da parte di questa specie). D'altra parte è noto (Bernetti, 1995) il basso coefficiente di traspirazione della Douglasia (173 grammi di acqua per ogni grammo di sostanza organica fissata contro i 300 g e 344 g del Pino silvestre e della Rovere).

In Toscana la sperimentazione iniziata da Pavari in base alle affinità pedoclimatiche tra zone di introduzione e zone di indigenato della Douglasia ha interessato abbondantemente tutte le Province delle aree interne, compreso Grosseto. Secondo detto Autore (1934), la Douglasia vegeta bene su terreni acidi originati da arenarie eoceniche, su terreni provenienti da graniti e rocce silicee, su marne e galestri, purché in suoli profondi. Salvo rare eccezioni questa specie rifugge i terreni a reazione alcalina, quelli molto compatti o superficiali, i terreni idromorfi e comunque anche quelli che subiscono periodici allagamenti. In questi ultimi casi vale la pena di procedere con opere di regimazione idraulica e di drenaggio. In Toscana l'optimum della coltivazione si è avuta su suoli bruni acidi con abbondante presenza di sostanza organica. Si tratta di suoli dotati di una buona ritenzione idrica ma senza ristagni di acqua, a reazione acida.

Esperienze personali consentono di affermare che su terreni di origine calcarea in cui il calcare non è attivo, in presenza di substrati, anche di modesto spessore, con accumuli di sostanza organica, la Douglasia mostra un buon adattamento. In queste situazioni un ottimo indicatore fitosociologico è rappresentato dalla presenza e dal vigore vegetativo della felce (*Pteris aquilina*) (la Marca et al., 1998).

Secondo il primo catalogo italiano delle conifere a rapido accrescimento fino al 1965 la Douglasia era presente in quasi tutte le Regioni italiane su superfici più o meno estese (Ciancio et al., 1982). La Toscana, come era facile prevedere, per l'azione dimostrativa esercitata dagli impianti di Douglasia eseguiti a scopo sperimentale e per il dibattito sviluppatosi intorno alla coltivazione di questa specie da parte dei docenti della Facoltà di Agraria e non solo, ha fatto la parte dell'alfiere. Poi sono venuti i grandi impianti eseguiti dalle cartiere che, anche sull'eco dei risultati ottenuti nel nord Europa, intuirono le grandi potenzialità di questa specie. Anche l'ex ASFD e successivamente le Regioni e i privati impiegarono la Douglasia soprattutto nell'Appennino centro settentrionale e in Calabria, sia in impianti puri, sia in opere di coniferamento di cedui. Difficile dire ad oggi quale sia la superficie effettivamente occupata nel nostro paese da questa specie. L'IFN 1985 riporta circa 10.000 ettari che in quello del 2005 parrebbero diminuiti a poco più di 2.500 (ma questo è un dato evidentemente falsato essendo espressa la sola superficie degli impianti definiti di “arboricoltura da legno”, mentre quelli “forestali” sono evidentemente inclusi nella superficie delle “altre conifere”); in attesa

che l'INFC 2015 faccia, si spera, chiarezza su questo dato, si può accettare quanto riportato da Mercurio e Minotta (2000) che quotano a 20.000 ettari la superficie nazionale a Douglasia, indicando nella Toscana la regione più ricca di soprassuoli.

La selvicoltura della Douglasia

I modelli colturali che ci sentiamo di proporre oggi, alla luce delle esperienze dendro-auxologiche, tecnologiche e dell'impiego del legname, dipendono dalle densità di impianto, dalla durata dei turni, dal numero e dalla frequenza dei diradamenti e dagli obiettivi aziendali. Volendo schematizzare:

- per impianti artificiali con 1600-2000 piante per ettaro, possiamo individuare un modello a ciclo breve con turni di almeno 40 anni (ovvero il minimo previsto dal Regolamento forestale della Toscana), un diradamento o nessun diradamento per la produzione di materiale di scarsa qualità o per il mercato delle biomasse;
- per impianti artificiali con 1100-1600 piante per ettaro si può prevedere un turno intorno ai 55-60 anni, non meno di 2-3 diradamenti, la potatura fin dai primi interventi intercalari delle piante di avvenire. Questo modello mira alla produzione di legname di qualità, la possibilità di ottenere rinnovazione naturale sia con tagli a raso su superfici modeste sia con tagli di sementazione;
- per impianti artificiali come sopra è possibile prevedere anche turni che si avvicinano ai 100 anni finalizzati a produrre assortimenti di pregio sia per dimensioni, sia per caratteristiche del legname e, conseguentemente, per impiego. Nel nostro Paese si hanno soltanto sporadiche esperienze in questo ambito. I risultati incrementali, da verificare con idonea sperimentazione, laddove esistono i presupposti tecnico-economici, risultano incoraggianti. Anche in questo caso la rinnovazione naturale è oltremodo possibile ed è facilitata dalle condizioni strutturali ed ecologiche di un popolamento che a queste età spinge il livello delle chiome oltre i 25 m dal suolo creando condizioni ecologiche che meritano di essere indagate;
- un ulteriore modello è rappresentato dal "bosco misto irregolare", ovvero da una struttura tendenzialmente disetanea in cui è consigliabile raggiungere elevati livelli provvigionali per poter asportare, indicativamente ogni 6-7 anni, con un intervento che si avvicina al taglio di curazione della classica fustaia disetanea, almeno 100 m³ di legname concentrato per lo più su piante di grandi dimensioni diametriche. Si tratta di un modello colturale che prelude la presenza permanente del bosco, in cui gli interventi selvicolturali sono poco impattanti anche nei riguardi dell'opinione pubblica, in cui la rinnovazione è assolutamente naturale e inevitabilmente, con una maggiore biodiversità, se paragonata al bosco di impianto artificiale, non facile da impostare e altrettanto impegnativo da mantenere, che però somma numerosi vantaggi di carattere idrogeologico, ambientale, paesaggistico.

Nei soprassuoli a struttura coetaneiforme i diradamenti rappresentano la *conditio sine qua non* per migliorare innanzitutto la stabilità dei soprassuoli e per ottenere legname di qualità. Secondo Angelier (2007) la Douglasia, se impiantata in buone condizioni stazionali e sottoposta a regolari diradamenti, resiste abbastanza bene alle tempeste di vento. In Italia ha manifestato una notevole fragilità quando, in impianti con elevate densità (circa 2000-2500 piante per ettaro), per mancanza di diradamenti, ha raggiunto rapporti ipso-diametrici elevati. In queste condizioni la Douglasia mantiene la chioma soltanto nella parte terminale del fusto per cui le probabilità che si verificano schianti dovuti alla neve e al vento è risultata elevata (la Marca, 1983). Per l'epoca del primo diradamento, in impianti eseguiti con 1600 piante per ettaro Bernetti (1995) consiglia di intervenire quando il popolamento raggiunge i 15-20 m. la Marca - sia per il primo diradamento, sia per la frequenza con la quale ripeterli, oltre a valutazioni di ordine tecnico-colturali, consiglia di intervenire in modo da evitare che i valori del rapporto di snellezza superino la soglia di 85-90. Numerosi autori (Susmel, 1962; Ciancio e Nocentini, 1978; Cutini e Nocentini, 1991; Menguzzato, 1989) hanno proposto diradamenti basati su valori compresi tra 17 e 20 del fattore di Hart-Becking $s\% = 100 \cdot (\text{distanza} / H_{\text{dominante}})$.

Tutti i modelli colturali sopra riportati si prestano ad ottenere la rinnovazione naturale. Questa si verifica in corrispondenza di annate di "pasciona" che, purtroppo, non si verifica tutti gli anni. Si è potuto osservare che tagli a raso su strisce della larghezza approssimativamente uguale all'altezza delle piante confinanti con

la tagliata, provocano abbondantissima rinnovazione dell'ordine di diverse decina di migliaia di piante (la Marca et al., 2017; la Marca e Pozzi, 2016). In simili situazioni, data l'alternanza di abbondante fruttificazione della specie bisognerebbe procedere con il prelievo di selvaggioni da impiegare in attività di rimboschimenti in ambito aziendale e non solo, per avere materiale vivaistico proveniente da piante già ambientate nei luoghi di coltivazione. Nelle tagliate di Podernovo si è osservato come l'ingresso della rinnovazione naturale avvenga massivamente in presenza di seme nella prima e anche nella seconda stagione di disseminazione successiva al taglio, mentre dalla terza in avanti le possibilità di insediamento diminuiscono progressivamente con l'avanzare della flora infestante, in particolare del rovo, mentre in presenza di ginestra dei carbonai qualche piantina riesce comunque ad insediarsi anche a distanza di molti anni dal taglio. Questa scalarità è in linea con quanto riportatoci dal personale forestale dell'O.N.F. nelle visite di studio effettuate nelle douglasiete trattate a tagli successivi della Borgogna. La rinnovazione naturale richiede la programmazione di sfolli prima che subentrino pericoli per l'allettamento delle piante. In conseguenza della rinnovazione naturale si ha il vantaggio di poter ottenere tronchi con anelli incrementali regolari fin di primi anni di vita delle piante e tendenzialmente con nodi piccoli o del tutto assenti per alcuni metri da terra. I boschi a rinnovazione naturale di Douglasia manifestano una maggiore biodiversità rispetto alla monocoltura di impianto.

Aspetti produttivi

Il primo studio alsometrico per la Douglasia in Italia si deve a Cantiani (1965). Detto studio, oltre ad aver documentato le capacità produttive di questa specie per il nostro Paese, contiene indicazioni selvicolturali di estremo interesse, puntualmente adottati negli impianti che seguirono: tra queste l'adozione di minori densità di impianto e l'importanza dei diradamenti. Lo studio include anche un interessante confronto sulle produzioni ottenute negli impianti di Douglasia sia nella zona di indigenato, sia nei principali Paesi in cui la specie è stata introdotta. I risultati misero in evidenza che l'Italia poteva vantare produzioni più elevate rispetto a tutti i Paesi esaminati. Le ricerche condotte in tempi più recenti sulla Douglasia in Italia e all'estero sancirono definitivamente l'opportunità di adottare distanze di impianto superiori a quelle utilizzate negli impianti di Abete. Uno studio comparativo condotto su impianti di Douglasia basato su oltre 100 parcelle impiantate a distanze comprese tra 500 a 4.000 piante per ettaro (Klädtker et al., 2012), ha evidenziato la maggiore crescita delle singole piante al diminuire della densità e un più basso rapporto ipsodiametrico con il conseguente aumento della stabilità delle piante. Di contro la quantità e la qualità del legno risultò diminuire per la notevole dimensione dei rami (e, conseguentemente dei nodi nei segati). In conclusione l'adozione di densità di impianto variabili tra 1000 e 2000 piante per ettaro apparve la soluzione ottimale tra qualità, stabilità, produzione legnosa, aspetti economici e crescita diametrica delle piante. Da un analogo studio condotto in Italia, senza considerare la qualità del legname, con densità variabili da 833 e quasi 3000 piante per ettaro (la Marca 1984) risultò che la densità ottimale da un punto di vista economico si attestava intorno a 1100 piante per ettaro. In Italia su impianti eseguiti alle densità tradizionali (con 2000-2500 piante per ha), furono sperimentati primi tagli di diradamento "geometrici" che prevedevano l'asportazione di interi filari di piante ed anche diradamenti misti: geometrici per aumentare il rendimento del lavoro in bosco e per creare linee di penetrazione alle macchine per la fase di esbosco e selettivi per selezionare il futuro popolamento da portare a fine ciclo (la Marca e Piegai, 1985).

Lo studio alsometrico italiano più recente (la Marca, 2017b) è stato pubblicato durante i lavori del progetto Do.Na.To. Le aspettative produttive indicate da Cantiani sono state superate in ragione dei migliorati modelli colturali adottati e, soprattutto, in ragione della maggiore fertilità dei terreni che, a partire dagli anni '60 del secolo scorso, si sono resi disponibili in Italia per gli impianti di arboricoltura da legno (terreni ex agricoli). In estrema sintesi oggi con turni intorno ai 50 anni è possibile avere provvigioni che variano in funzione della fertilità tra 900 e 660 m³ ha⁻¹ (massa principale) e a 65 anni provvigioni comprese tra 1080 e 790 m³ ha⁻¹ (massa principale). Per stime sulle produzioni comprensive dei diradamenti (massa totale) i suddetti valori possono essere incrementati di circa il 30%. Nella realtà toscana i turni più frequentemente adottati oscillano tra 40 e 50 anni. In genere se si fa riferimento a impianti con 2000-2500 piante per ettaro i diradamenti effettuati sono almeno due. Se si fa riferimento ai pochi impianti effettuati con 1100 piante per ettaro è possibile che ci sia stato un solo intervento intercalare. Oggi alcuni Enti impongono densità di impianto di

1600 piante per ettaro poste a distanza di m 2,5x2,5 nella convinzione, erronea, che la densità si regolarizza per effetto delle piante che non attecchiscono. Mentre si deve osservare che la mortalità delle piantine nei rimboschimenti risponde a specifiche cause avverse, per cui quando si verifica interessa per lo più gruppi di piante. Esistono comunque aziende (poche in verità) che preferiscono arrivare al taglio di rinnovazione senza alcun taglio intercalare. In questi casi, pur non considerando le non poche piante morte in piedi, la massa è decisamente più elevata rispetto a popolamenti sottoposti a diradamenti, nelle stesse condizioni di fertilità. La differenza è data da valori diametrici decisamente più bassi nel soprassuolo non diradato (rispetto a quello che ha avuto uno o due tagli intercalari). Ciò influisce sull'incidenza del legname da opera ritraibile e in definitiva sul minor valore economico del soprassuolo nel suo insieme.

Tavola produzione Douglasia la Marca			
età anni	I	II	III
15	221	191	161
20	361	311	263
25	481	414	350
30	585	504	426
35	677	583	493
40	760	655	554
45	835	719	608
50	904	779	659
55	968	833	705
60	1027	884	748
65	1082	932	788

L'effetto positivo dei diradamenti è di tutta evidenza se si confronta il modello proposto da Angelier (2007) per la Francia e quello che risulta dallo studio di la Marca (2017b) per la Toscana. Se confrontiamo i dati della seconda classe di fertilità francese (H a 50 anni = 33 m) con le aree di Podernovo di età compresa tra 45 e 50 anni, nonostante i due diradamenti effettuati (in qualche caso anche tre) si nota immediatamente che i diametri medi nella coltivazione francese, con ben 4 diradamenti e uno sfollo entro i 50 anni, raggiungono valori di 61 cm contro 36-38 cm dei popolamenti toscani. Se infine si fa riferimento alla massa totale prodotta nei due contesti sopra esaminati, al di là del differente metodo utilizzato per l'attribuzione della fertilità, adottando in ambedue i casi un turno di 64 anni, si hanno risultati pressoché identici: 1139 m³ ha⁻¹ nel caso della Francia, contro 1199 m³ ha⁻¹ nel caso della seconda classe di fertilità della Toscana (massa intercalare stimata il 30% rispetto a quella principale).

Per quanto riguarda l'opportunità di eseguire i tagli intercalari, a parte tutte le altre considerazioni selvicolturali ed ecofisiologiche, va osservato che se in un bosco coetaneo vogliamo ottenere la massima efficienza carboritativa dobbiamo non far mancare i tagli intercalari ogni volta che le piante entrano tra loro in forte competizione. Questi interventi allungano il periodo di buona vitalità del bosco, stimolano l'incremento legnoso, e rendono il bosco più resistente nei riguardi di avversità di origine biotica e abiotica. Una volta raggiunta la massima produzione legnosa vanno fatte valutazioni molto accurate sulla destinazione del prodotto ritraibile in modo da favorire l'ottenimento di assortimenti legnosi da destinare a un impiego duraturo del legno: legname per scopi strutturali, per l'industria del mobile, per la costruzione di case bioclimatiche a esclusivo o prevalente partecipazione del legno. In generale queste valutazioni non risultano in contrasto con valutazioni prettamente economiche in quanto all'aumentare della durata di vita del legname, corrispondono prezzi crescenti. Si tratta ad ogni modo di adottare "turni tecnici" con la variante rispetto ai turni tecnici tradizionali in cui si cercava la massimizzazione del prodotto $P_t \times V_t$ (ossia del prezzo, P, per il volume, V, a una data età t), di introdurre un fattore "D_t" (riferito alla durata, D all'età t). Ad ogni modo va detto che non vanno considerate come anatema gli impieghi del legno per il mercato delle biomasse. Ciò nella considerazione che, se non è possibile un impiego alternativo caratterizzato da un ciclo di vita più lungo rispetto a quello delle biomasse, si tratta di un uso che con l'impiego di tecnologie appropriate sulla

limitazione di particolato in atmosfera, non crea particolari impatti e comunque surroga l'impiego di combustibili fossili in attesa di nuove e più ecosostenibili sorgenti energetiche effettivamente sfruttabili.



Foto – Particella 323 “Pian degli Alberi” nel 2017

Le aree dimostrative di Do.Na.To. aventi circa 90 anni, facenti parte ormai delle parcelle sperimentali storiche presenti a Vallombrosa, dal punto di vista incrementale hanno evidenziato una crescita sostenuta fino a tarda età e masse in piedi che a 93 anni oscillano tra 1500 e 1600 m³ ha⁻¹, valori che mai erano stati registrati nel nostro Paese in nessuna formazione forestale. Il confronto con i dati rilevati dal CREA di Arezzo su aree permanenti periodicamente monitorate per circa 35 anni, pubblicati da Ferretti (1998), sostanzialmente confermano i suddetti dati di produzione, nonostante che le aree denominate “Giganti di Vallombrosa” siano state impiantate partendo da densità quasi doppie rispetto a quelle della tavola di produzione realizzata da la Marca (2017b). Da un sommario esame del valore di macchiatico dei popolamenti “Giganti di Vallombrosa”, tenuto conto delle favorevoli condizioni morfologiche delle particelle esaminate e della presenza di viabilità forestale che le lambisce, tenuto conto altresì delle favorevoli congiunture di mercato del legname di Douglasia in questo momento, si può affermare, senza timore di essere smentiti, che il valore di macchiatico supera abbondantemente i 100.000 € ha⁻¹. Un valore del tutto inatteso per un soprassuolo arboreo.

Dati dendrometrici rilevati nei soprassuoli "Giganti di Vallombrosa"						
<i>Località Pian degli alberi</i>						
Quota 840 m s.l.m. Impianto anno 1926.						
Età al 2017: anni 91. Esposizione N; Pendenza 25%. Rinnovazione naturale registrata (dati per ettaro): Douglasia 200; Castagno 400; Abete bianco 12.600						
Part. 323	Douglasia	Area basimetrica (m² ha⁻¹)	Castagno	Area basimetrica (m² ha⁻¹)	Tiglio	Area basimetrica (m² ha⁻¹)
N (ha ⁻¹)	302	79,57	26	2,92	2	0,063
dg (cm)	57,92		37,8		22	
hg (m)	49,16					
V (m ³ ha ⁻¹)	1581,3					

<i>Località Stefanieri</i>						
Quota 1120 m s.l.m. Impianto anno 1926- 27.						
Età al 2017: anni 91. Esposizione: NE; Pendenza 30%. Rinnovazione naturale registrata (dati per ettaro): Douglasia 1.200; Abete bianco 5.800; Faggio 200. Semenzali (dati per ettaro): Douglasia 3600; Abete bianco 1400.						
Part. 383	Douglasia	Area basimetrica (m ² ha ⁻¹)	Castagno	Area basimetrica (m ² ha ⁻¹)	Tiglio	Area basimetrica (m ² ha ⁻¹)
N (ha ⁻¹)	248	71,93	26	2,92	2	0,063
dg (cm)	60,77		37,8		22	
hg (m)	50,82					
V (m ³ ha ⁻¹)	1469,82					

Le analisi del fusto effettuate su un campione di piante abbattute in un popolamento di 90 anni nella Foresta di Vallombrosa hanno manifestato innanzitutto culminazioni degli incrementi medi e correnti sostanzialmente differenti rispetto ai tradizionali studi alsometrici italiani (la Marca, 2017b; Cantiani; 1965), del nord Europa Hummel e Christie (1953); Wiedemann e Schober (1957); Pardé (1958) e americani (Mc. Ardle et al. 1949, 1961).

I suddetti studi, basati su monoculture di Douglasia di impianto artificiale quelli europei e su popolamenti di origine naturale quello americano, hanno manifestato culminazioni dell'incremento corrente alquanto precoci rispetto a quanto emerso su singole piante di 90 anni sia appartenenti al piano dominante, sia a quello intermedio. Anche l'incremento medio secondo lo studio alsometrico di Mc. Ardle et al. culmina poco oltre i 50 anni per rimanere elevato per una larga finestra temporale.

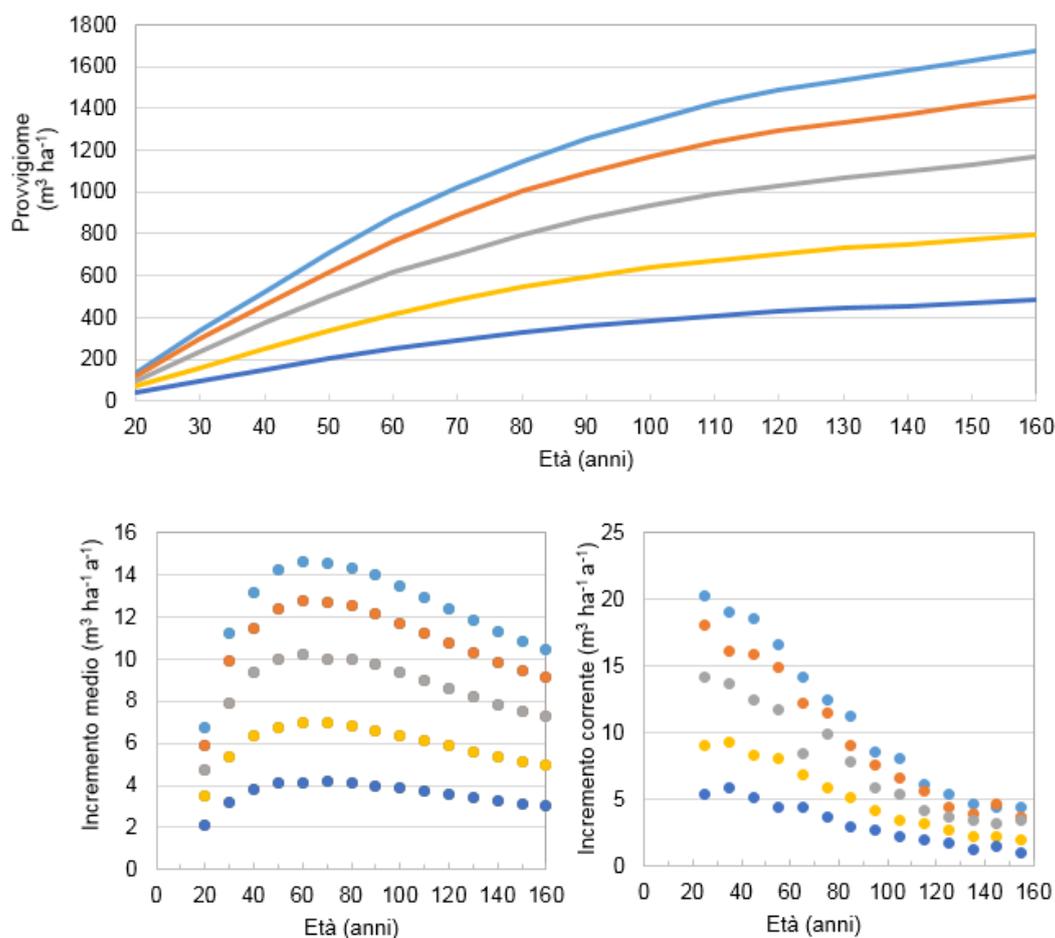


Figura – Tavole alsometriche tratte da Mc Ardle et al. (1949, 1961)

Questi dati aprono nuove prospettive sulla auxologia della *Douglasia* nel nostro Paese ed anche sugli aspetti tecnico-economici in considerazione delle dimensioni degli assortimenti legnosi ritraibili, della qualificazione di detto materiale e del loro impiego potenziale.

La fruttificazione della *Douglasia*

La *Douglasia* è una specie monoica la cui fruttificazione inizia abbastanza precocemente fin dai 15 anni e diventa ottimale a partire dai 40 anni. La produzione abbondante di seme si verifica ogni 4-7 anni e dipende per lo più dalle condizioni climatiche che si verificano durante il ciclo riproduttivo che si estende su due anni: il primo anno si differenzia la gemma a fiore, il secondo anno a metà primavera avviene la fioritura con un periodo di impollinazione che si prolunga per appena 8-10 giorni. Dopo la fecondazione gli strobili si chiudono e maturano da fine Agosto a inizio di Settembre. A Settembre inizia la disseminazione. Da letteratura entro Novembre cade già il 70-80% del seme, mentre uno stillicidio si ha fino a Febbraio dell'anno successivo. Trattandosi di seme alato la disseminazione anemocora può raggiungere i 300 m, l'80% non supera però i 100 m e il 60% meno di 30 m. La germinazione avviene dopo che il seme ha attraversato il periodo di freddo invernale che in questo modo esclude la dormienza, ha bisogno di una buona idratazione e una temperatura sufficiente a livello del suolo (Angelier 2007).

Dalle osservazioni effettuate dal Laboratorio Semi del DAGRI (Università degli Studi di Firenze) il 2018 è risultato un anno di pasciona; posta questa produzione pari a 100, nell'ultimo decennio vi sono state altre quattro annate di buona disseminazione di seme (il 2011, 2013, 2016 e 2020 con una percentuale rispetto alla pasciona del 29%, 18%, 18% e 11%) e tre annate di disseminazione scarsa (2012, 2017 e 2021). Non si hanno rilievi per gli anni 2014, 2015 e 2019. Ne risulta che la disseminazione di seme sia risultata buona nel 63% degli anni. In particolare il 2021 non ha praticamente presentato produzione di strobili, probabilmente per le gelate nella prima decade di Aprile che si sono verificate nel 2020 e 2021.

Il monitoraggio della caduta degli strobili ha mostrato che questi permangono a lungo sulla pianta e disseminano in più ondate. Da Settembre a Dicembre la disseminazione è sostenuta, si abbassa nei mesi più freddi e si ha una seconda ondata a Marzo. Nei 16 mesi di rilievo (Settembre 2020 – Gennaio 2022) mediamente sono caduti al metro quadro 8,3 strobili, risultando in una produzione di 333 semi se ogni strobilo contenesse 40 semi, come suggerito da Sorensen e Cress (1994). Questo valore è vicino alla stima ottenuta dalle trappole per il seme pari a 350 semi al metro quadro. Poco meno della metà dei semi risulta pieno (media = $44\% \pm 1.3\%$ errore standard); in semi pieni germinano per la quasi totalità ($96\% \pm 0.4\%$ errore standard). La frazione di semi pieni diminuisce da Settembre a Dicembre, per poi rimanere costante intorno al 33% da Gennaio all'estate.

La *Douglasia* e i cambiamenti climatici

L'enorme variabilità climatica dell'area di indigenato della *Douglasia* offre non poche opportunità in fatto di adattamento naturale di questa specie ai cambiamenti climatici e in fatto di possibilità, nei futuri impianti artificiali, di ricorrere a provenienze di ambienti più caldi e più aridi rispetto a quelli in cui attualmente avviene la coltivazione nel nostro Paese.

Indagini effettuate da Ducci et al. (2017) hanno confermato che le provenienze Washington Coast, Oregon Coast, Oregon Coast settentrionale, Oregon NW Coast, comparate alle altre europee in cui fu testata l'adattabilità delle stesse provenienze americane, hanno manifestato un ottimo adattamento alle stazioni appenniniche di Faltona (AR) e Vallombrosa (FI). Anche la provenienza 1128-Gasquet della costa della California ha dato buoni risultati oltre che in Italia, anche in Spagna e in Francia. Inoltre è da ricordare che queste provenienze presentano al loro interno un'ampia variabilità genetica ritenuta la base della loro spiccata adattabilità (Kleinschmit e Bastien, 1992).

Altre zone italiane in cui la *Douglasia* ha fatto registrare buoni risultati sono state l'Appennino calabrese e l'Appennino centro settentrionale. Dalle suddette esperienze è importante segnalare la variabilità fenotipica e adattativa della *Douglasia* e le performances di alcune provenienze italiane di seconda generazione in particolare per gli impianti provenienti da Acquerino (Toscana) e Mercurella (Calabria).

Un altro dato importante dal punto di vista tecnico operativo riguarda la fenologia, nel senso che le provenienze migliori sono quelle caratterizzate da un'entrata in vegetazione tardiva data la sensibilità della

specie alle gelate durante il periodo vegetativo.

Di estremo interesse, ancorché si tratti di risultati preliminari, risultano le indagini condotte da Ducci et al. (op. cit.) sull'efficienza di uso idrico di alcune provenienze, per l'evidente relazione con gli effetti dei cambiamenti climatici (riduzione delle precipitazioni e aumento delle temperature; eventi estremi). Queste hanno evidenziato come per alcune provenienze (tra queste Acquerino) vi sia un aumento della variabilità dell'efficienza di uso idrico a scapito della crescita dell'annata in cui si verifica l'evento estremo e, a quanto sembra, in alcuni casi, anche per 1-2 anni successivi. Un fattore da considerare riguarda il tipo di substrato e più precisamente la capacità di ritenzione idrica da parte del suolo e la sua profondità. Sarà preferibile evitare di piantare Douglasia quando la pluviometria è inferiore a 700 mm anno⁻¹ con meno di 250 mm durante i tre mesi estivi.

Gli Autori del suddetto studio, tenuto conto delle difficoltà di reperire seme dai siti di origine e dei prezzi elevati, ai fini della gestione della filiera vivaistica consigliano di reperire il seme per la produzione di piantine da popolamenti italiani e/o europei, tanto più per le performance migliori delle piantine in quanto provenienti da soprassuoli che, con ogni probabilità, hanno manifestato fenomeni di adattamento e selezione naturale dal momento della prima introduzione. Le difficoltà che già oggi si incontrano per reperire materiale di impianto di Douglasia, l'entità delle superfici giunte a maturità in Italia e, a maggior ragione se la proposta di ampliamento delle superfici coltivate a Douglasia che viene da chi scrive e prima ancora da Bernetti (1995) avrà successo, giustificano l'organizzazione di una filiera vivaistica della Douglasia.

Potenzialità della coltivazione della Douglasia in Toscana

Nel corso del progetto Do.Na.To. è stata presa in esame la possibilità di ampliare la superficie a Douglasia attualmente presente in Toscana. A questo scopo sono state esaminate tutte le superfici attualmente coperte da Douglasia in purezza o come specie principale all'interno del territorio gestito dai partner che hanno partecipato al progetto Do.Na.To. (circa 2000 ha). Per ognuna di esse, dai relativi piani di gestione, è stato redatto un database comprendente l'altitudine, la pendenza e l'esposizione. Successivamente, attraverso l'uso di QGis e della carta pedologica della Regione Toscana, sono stati raccolti i dati relativi a cinque parametri ritenuti importanti indicatori della qualità del suolo: capacità d'uso e fertilità dei suoli, fertilità chimica dell'orizzonte superficiale, pietrosità superficiale, profondità utile per le radici e drenaggio interno. Successivamente sono state inserite nell'indagine anche le aree a Pino nero e nelle quali, una volta giunte al taglio, in base a una comparazione delle caratteristiche pedoclimatiche, morfologiche e altitudinali in cui già vegeta la Douglasia, sia possibile ipotizzare una sostituzione di specie da Pino a Douglasia, conservando le specie arboree insediatesi naturalmente. Tale indagine è finalizzata a fornire un primo dato quantitativo relativamente alla presenza di superfici potenzialmente da dedicare a nuovi impianti di Douglasia, così da incrementare a lungo termine la disponibilità di legname di questa specie, garantirne una costanza nella fornitura di legno e di conseguenza una filiera stabile.

Dall'indagine è emerso innanzitutto che le pinete di Pino nero in gestione ai partner Do.Na.To. che potenzialmente potrebbero essere oggetto di tagli di sostituzione con Douglasia ammontano a 2097 ha e, per quanto riguarda la loro età, si concentrano per circa il 75% tra le classi cronologiche comprese tra 41 e 80 anni. Si tratta quindi di pinete mature che, nel caso si volesse aderire al suddetto programma, potrebbero essere trasformate in douglasiete al ritmo di circa 100 ettari all'anno per 20 anni.

Al termine del suddetto ventennio risulterebbe il raddoppio della superficie a Douglasia in gestione ai partner Do.Na.To. ossia dagli attuali circa 2.000 ha si passerebbe a circa 4.000 ha. Data la dimensione del territorio esaminato, in prima approssimazione possiamo ritenere che la superficie a Douglasia dei suddetti partner sia rappresentativa della presenza totale di questa specie in Toscana. Secondo questa ipotesi, in caso di buon esito delle sostituzioni di specie che qui si propongono, si potrebbe raddoppiare la superficie a Douglasia a livello regionale.

Secondo questa previsione i circa 5.500 ha di boschi puri o a prevalenza di Douglasia presenti in Toscana potrebbero diventare circa 11.000 ha con prospettive economiche e carboritenti di estremo interesse.



Figura – Distribuzione delle superfici delle pinete di pini neri dei Partner Do.Na.To. per classi di età

Proviamo a tradurre in valori numerici:

Produzioni legnose, tra prodotti che si ricaverebbero dai diradamenti e produzioni di fine turno, di oltre 1100 mc per ettaro all'età di 50-60 anni (prudenzialmente nelle proiezioni che seguono si farà riferimento a produzioni di massa totale a 60 anni di $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Se facciamo riferimento a una gestione organizzata a livello sovraziendale (data l'incidenza della proprietà in Terre di Toscana questo obiettivo non dovrebbe essere difficile da raggiungere): $11.000/60 = 183 \text{ ha anno}^{-1}$.

Si avrebbe la possibilità di utilizzare $183 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$, che moltiplicati per circa 1000 mc ha^{-1} fanno circa $183.000 \text{ mc per anno!!}$, corrispondenti a circa il 3% dell'attuale importazione nazionale di tondo di conifere (che in cifra ragguagliata si aggira sui 6 milioni di m^3).

Dato che 1 m^3 di legname corrisponde alla ritenzione di circa 1 tonnellata di CO_2 assorbita dall'atmosfera e dato che in una situazione a regime questa massa rappresenterebbe l'incremento annuo di una superficie di 11.000 ha a Douglasia, ciò vuol dire che la suddetta superficie assorbirebbe dall'atmosfera 183.000 tonn. di CO_2 all'anno. La quantità di CO_2 accumulata su una superficie di 11.000 ha, riferita alla sola massa legnosa epigea viene di seguito riportata:

Pn 60 ha	$34.938,75 \text{ m}^3$	
Pn	$(34938,75/60)*11.000$	$= 6.405.437 \text{ m}^3$

Ciò vuol dire che nell'ipotesi di raddoppio dell'attuale superficie a Douglasia in Toscana, a regime si avrebbero $6.405.437 \text{ m}^3$ di masse legnose stabilmente immobilizzate, corrispondenti approssimativamente ad altrettante tonnellate di CO_2 sequestrate dall'atmosfera.

Se si mette in atto una filiera che privilegi, come viene fatto in altri Paesi produttori di Douglasia, la destinazione di detto legname per usi che prevedono un lungo ciclo vitale, si comprende pienamente l'importanza che questa specie può assumere ai fini delle politiche che si propongono la decarbonizzazione dell'atmosfera e, di conseguenza, la lotta ai cambiamenti climatici.

Sia l'IFT che INFC2005 stimano in circa 18.400 ettari i soprassuoli puri o a prevalenza di Pino nero in Toscana, cui si aggiungono altri 6.500 ettari di soprassuoli in cui il Pino nero è la specie secondaria più importante.

Distretto territoriale	Pinete di Pino nero, laricio e loricato									
	Origine naturale		Origine seminaturale		Origine artificiale		Superficie non classificata per		Totale Pinete di Pino nero, laricio e loricato	
	superficie	ES	superficie	ES	superficie	ES	superficie	ES	superficie	ES
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Toscana	361	100,0	5.420	25,8	11.201	17,9	1.445	50,0	18.427	13,9
Italia	32.792	10,6	50.020	8,6	132.447	5,2	21.208	13,1	236.467	3,9

Tabella – Classificazione per origine di “Pinete di Pino nero, laricio e loricato” in Toscana (INFC2005)

L’invecchiamento delle pinete toscane impone una riflessione sulla gestione di questi soprassuoli, tenendo in considerazione:

- la necessità di favorire la biodiversità;
- l’adattamento degli ecosistemi agli scenari di cambiamento climatico;
- l’aumento di incidenza dei disturbi previsti per i prossimi 30-50 anni;
- la mitigazione delle emissioni di carbonio tramite la sua fissazione nel legno sia in bosco che fuori dal bosco producendo assortimenti impiegabili per usi di lunga durata, come nel settore delle costruzioni o in falegnameria.

Purtroppo, attualmente il legno di Pino nero è principalmente impiegato per la produzione di pellet, ciò in quanto le caratteristiche tecnologiche penalizzano l’impiego di detta specie per impieghi strutturali.

La pianificazione delle operazioni selvicolturali a livello sovraziendale

L’inventario delle superfici pure o a prevalenza di Douglasia in gestione ai partner Do.Na.To. si è visto che ammontano a circa 1910 ha, per lo più concentrati tra i 41 e i 60 anni, con superfici ancora interessanti nelle classi cronologiche di 31-40 e 61-80 anni. Questa distribuzione rispecchia abbastanza fedelmente la sospensione dell’attività di rimboschimento nel nostro Paese negli ultimi 30 anni e, nel caso specifico della Douglasia, anche una certa avversione all’impiego di specie non native. I risultati conseguiti in termini produttivi, le caratteristiche tecnologiche del legname, la gradevole presenza in termini paesaggistici, la resilienza nei riguardi di avversità biotiche e la scarsa appetibilità da parte della fauna ungulata, hanno determinato in Toscana l’inclusione della Douglasia tra le specie forestali del Regolamento forestale regionale, mentre i botanici la classificano come esotica casuale o spontaneizzata. In Europa la specie è considerata naturalizzata in Spagna, Svizzera e Svezia (Amparo Carrillo-Gavilán e Vilà, 2010).

Sta di fatto che allo stato attuale, tenuto conto che la gran parte dei popolamenti di questa specie ha superato l’età minima prevista per il taglio dal Regolamento forestale della Regione Toscana, poiché mancano praticamente del tutto soprassuoli nelle classi cronologiche comprese tra 1 e 30 anni, in caso di massiva utilizzazione dei boschi che hanno superato i 40 anni, si correrebbe il rischio di una interruzione di legname di Douglasia sul mercato regionale. Ciò desta nei portatori di interesse non poche preoccupazioni.



Figura – Distribuzione delle superfici delle douglasiete dei Partner Do.Na.To. per classi di età

Classe di età (anni)	Superficie 2019 (ha)	Superficie 2019 (% totale)
0-10		
11-20		
21-30	11,19	1%
31-40	256,67	18%
41-50	498,65	36%
51-60	363,36	26%
61-80	220,99	16%
81-100	28,92	2%
101-120	3,57	0%
no data	18,48	1%
Totale	1401,83	100%

Tabella – Ripartizione per classi di età delle superfici di Proprietà pubblica tra i Partner Do.Na.To.

Per ovviare alla suddetta eventualità il Progetto Do.Na.To., che già aveva previsto una prima organizzazione del mercato del legname di Douglasia attraverso la creazione di un sito che pubblicizza la vendita di legname da parte dei partner, ha pensato di proporre una pianificazione sovraziendale riferita alla proprietà pubblica da gestire con turni di 60 anni, fatta salva una superficie di circa 200 ha da mantenere a turno non definito, da sottoporre a monitoraggio per scopi scientifici. In totale quindi si avrebbe in gestione una superficie di 1200 ha con una ripresa planimetrica per i prossimi 30 anni di 23 ettari all'anno e una situazione a regime di 20 ha (vedi situazione di seguito riportata).

Il turno di 60 anni proposto nella ipotesi di pianificazione sovraziendale deriva innanzitutto dalla considerazione che l'incremento delle douglasiete toscane si mantiene alto fino a questa età. Questa scelta è nello stesso tempo economica ed ecologica per il fatto che, rispetto al turno di 40 anni, aumenta la percentuale di legname da opera, quindi il ciclo di vita del legname si allunga con beneficio del potere carboritativo del legno, aumenta altresì la qualità del legname per la maggiore incidenza della parte duramificata, diminuisce la superficie da rimboschire ogni anno con indubbi vantaggi di ordine economico, ambientale e paesaggistico.

Anno/Età	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 80	81 - 100	101 - 120	Totale
2019	0	0	11.19	256.67	498.65	363.36	70.13			1200
2029	230	0	0	11.19	256.67	498.65	203.49			1200
2039	230	230	0	0	11.19	256.67	472.14			1200
2049	230	230	230	0	0	11.19	256.67	242.14		1200
2059	170	230	230	230	0	0	11.19	256.67	72.14	1200
2069	170	170	230	230	230	0	0	11.19	158.81	1200
2079	170	170	170	230	230	230	0			1200
2089	200	170	170	170	230	230	30			1200
2099	200	200	170	170	170	230	60			1200
2109	200	200	200	170	170	170	90			1200
2119	200	200	200	200	170	170	60			1200
2129	200	200	200	200	200	170	30			1200
2139	200	200	200	200	200	200	0			1200

Tabella – Simulazione di una pianificazione sovraziendale. Piano dei tagli indicativo per l'assestamento delle superfici a douglasia in gestione ai partner Do.Na.To.

I 200 ha con turno non definito, da individuare tra i soprassuoli più vecchi e in buone condizioni colturali presenti all'interno delle proprietà gestite dagli Enti pubblici, se sottoposti a monitoraggio continuo, consentiranno di accrescere le conoscenze sulla coltivazione di questa specie nel nostro Paese che, come già evidenziato, fa registrare le provvigioni più elevate sia in Europa che negli Stati Uniti.

L'impatto occupazionale di un simile scenario, a grandi linee, può così riassumersi:

Per il taglio, allestimento ed esbosco di 1 ha di douglasiete mature + 1 ha di diradamento all'età di 25 anni + 1 ha di diradamento all'età di 40 anni (per una massa matura di 884 mc e una massa intercalare di mc 103+131= 234 mc) comportano (le previsioni fanno riferimento a rendimenti di lavoro di imprese private che operano in Toscana).

Impatto occupazionale relativo a 183 ha anno⁻¹ di tagli di maturità e intercalari:						
Rendimenti medi di 1 operaio forestale: 100 q gg⁻¹ nei tagli di maturità;						
				50 q gg⁻¹ nei tagli intercalari		gg lavoro
		884 mc	=	q	7514	75,14
		234 mc	=	q	1989	39,78
Sommano gg di lavoro per una compresa unitaria di 60 ha					gg di lavoro	114,92
Per 183 ha					gg di lavoro	21030
Impianto e cure colturali per 5 anni = 32 gg ha ⁻¹					per 183 ha	5856
Sommano gg di lavoro per tagli, rimboschimento e cure colturali su 183 ha.						
Ciò vuol dire che ogni anno necessitano gg di lavoro n.					26886	

Attività Vivaistica

Le attività condotte nell'ambito del progetto Do.Na.To., oltre agli aspetti direttamente connessi alla rinnovazione naturale, hanno messo in evidenza la necessità di rivitalizzare una filiera vivaistica della Douglasia, nella constatazione della penuria di piantine che oggi è dato osservare in Italia e in previsione delle superfici da porre in rinnovazione ogni anno in Toscana nei prossimi 30 anni sia nei boschi di proprietà pubblica, sia in quelli di proprietà privata. Ciò indipendentemente dai risultati che il progetto Do.Na.To. ha messo in evidenza per quanto riguarda la rinnovazione naturale e, a maggior ragione se viene attuata la proposta di estendere la coltivazione alle pinete che per caratteristiche pedoclimatiche si prestano a realizzare tagli di sostituzione con Douglasia si avrebbe quanto segue: con una densità di reimpianto di 1.111 piantine ha⁻¹ (distanza in quadro a m 3x3) se nei prossimi 30 anni si mettessero in rinnovazione in Toscana almeno 5.000 ettari di soprassuoli puri di Douglasia (come sarebbe auspicabile per evitare problemi conseguenti all'eccessiva dimensione dei tronchi che renderebbero poi poco gestibile la fase di utilizzazione) dei quali la metà a rinnovazione totalmente artificiale e confermando su queste superfici la coltivazione della specie (come anche questo sarebbe auspicabile, alla luce degli ottimi risultati produttivi conseguiti), si avrebbe un fabbisogno di circa 100.000 piantine anno⁻¹ che ad oggi si farebbe molta fatica a trovare sul mercato nazionale, anche rimettendo insieme tutti i vivai forestali italiani.

Giustamente la Strategia Forestale Nazionale fra i punti prioritari ha messo la rivitalizzazione della vivaistica forestale, speriamo anche per produrre il postime di cui già adesso abbiamo necessario per gestire i boschi esistenti e per il quale siamo costretti a rivolgersi al mercato estero.

Le escursioni all'estero

Alcune visite effettuate in Borgogna (Francia) hanno consentito di verificare l'esito di interventi selvicolturali finalizzati a ottenere la rinnovazione naturale (trattamento a tagli successivi e trattamento a scelta), nonché le potenzialità del patrimonio forestale in possesso dei vari partner e mostrare le strategie da adottare per migliorare anche l'impiego del legname di Douglasia. Un'ulteriore visita di studio è stata effettuata nella foresta comunale della città di Friburgo (Germania), che accoglie impianti forestali di Douglasia fra i più antichi d'Europa, allo scopo di verificare il ruolo che la Douglasia può assumere nell'ambito di un vasto comprensorio forestale (circa 5.200 ha) limitrofo ad una città, gestito per scopi preminentemente turistico-ricreativi e paesaggistici, ma nel quale, comunque, si fa selvicoltura, il che consente non solo l'adeguata conservazione del patrimonio ma anche di conseguire riprese legnose che nel caso dei popolamenti a prevalenza di Douglasia (che attualmente coprono circa 1.000 ettari) garantiscono introiti netti dell'ordine di 500-700 € ha⁻¹ anno⁻¹ (Schmalfluss e Vitkova, 2016).

Conclusioni

Con le indagini eseguite nei complessi forestali in gestione ai partner del progetto, sono stati realizzati due data-base, uno delle unità gestionali caratterizzate dalla presenza di Douglasia e l'altro delle aree dimostrative impiantate.

Un aspetto di particolare interesse, emerso nel corso delle attività del G.O. Do.Na.To., già segnalato da Bernetti (1995) riguarda la resistenza della Douglasia all'aridità estiva anche allo stadio di plantula, e confermato anche in questo progetto dai risultati delle semine in vaso che hanno resistito all'ondata di calore del Ferragosto 2021 effettuate presso DAGRI. Questa specie ha mostrato la possibilità di rinnovazione naturale in tagliate a raso, oltre che in corrispondenza di annate di pasciona in cui la rinnovazione è abbondantissima, anche in annate particolarmente calde e siccitose (2017) e di totale assenza di seme, utilizzando evidentemente quello vitale (banca di seme):

- immagazzinato negli strobili dell'anno precedente al taglio a raso e rilasciato o dagli strobili ancora persistenti sugli alberi o disseminati con l'impatto della caduta degli strobili al suolo. Infatti negli strobili raccolti nelle trappole sono stati trovati in media 7-8 semi di Douglasia con un massimo di 38 semi;
- immagazzinato nel terreno durante le annate in cui il seme è stato prodotto dagli impianti prima del loro taglio a raso.

Si tratta di un dato di estrema importanza che dimostra il carattere spiccatamente pioniero di questa specie, peraltro messo in risalto da Philippe Riou-Nivert del CNPF (2002, 2017) secondo il quale la Douglasia, in presenza di forte stress idrico, mette in atto un meccanismo di autodifesa che comporta il blocco della fotosintesi. Si tratta di osservazioni che meritano gli approfondimenti del caso, soprattutto in relazione al ruolo che questa specie potrebbe svolgere in futuro nell'ambito di ecosistemi forestali sottoposti a stress termo-idrici estivi sempre più pronunciati (cambiamenti climatici).

La Douglasia, in accordo con quanto affermava Pavari (op. cit.) si è rivelata specie alquanto plastica nei riguardi del suolo e nei riguardi delle condizioni climatiche. Sull'Appennino Toscano, fatta eccezione per ambienti particolarmente freddi e ventosi, ha trovato condizioni estremamente favorevoli da 500-600 fino a 1200 m s.l.m. su terreni acidi originati da arenarie eoceniche, su terreni provenienti da graniti e rocce silicee, su marne e galestri, purché in suoli profondi. Salvo rare eccezioni questa specie rifugge i terreni a reazione alcalina (con calcare attivo), quelli molto compatti o superficiali, i terreni idromorfi. Le variate condizioni climatiche degli ultimi anni e le annate particolarmente siccitose, per il momento in Italia non hanno determinato vistosi fenomeni di collasso. In Europa la Douglasia è considerata una delle specie forestali che potrebbe sostituire l'Abete rosso fortemente colpito da danni da vento e da insetti, per la sua maggiore resistenza al vento e all'aridità. La promozione della Douglasia può essere questionabile dal punto di vista conservazionistico, quando questa si introduce in ecosistemi ricchi di specie prioritarie per la conservazione o habitat minacciati in aree protette. La Douglasia presenta alcuni vantaggi di tipo ambientale da non sottovalutare. È miglioratrice della fertilità del suolo riducendo il rapporto C/N, un importante indice di attività microbica e di disponibilità di nutrienti (Prietz et al., 2012). La maggiore disponibilità di azoto è evidenziato anche a livello floristico con una maggiore ricchezza di specie nello strato erbaceo (ma non di abbondanza) nel confronto con peccete, faggete e querceti (Podrázský et al., 2014). Inoltre, la Douglasia

presenta radici fini che si approfondiscono maggiormente nel profilo del suolo rispetto ad altre specie come Rovere, Faggio e Abete rosso creando le condizioni favorevoli per una mescolanza con altre specie arboree e arbustive per separazione di nicchia ecologica, che porta, con le dovute densità e modalità, ad un incremento della produttività complessiva (Lei et al., 2012), come evidenziato ad esempio con la mescolanza con Castagno (Nunes et al., 2011). La creazione di boschi misti presenta molti vantaggi di tipo naturalistico aumentando biodiversità delle comunità di artropodi e funghi e della rete trofica connessa (Schmid et al., 2014). In Germania, le comunità di artropodi sono in generale simili rispetto a quelle dell'Abete rosso, ma mostrano una maggiore abbondanza numerica sulla Douglasia in boschi misti a prevalenza di Abete rosso, Douglasia o latifoglie (Goßner, 2001), sebbene vi sia una minore presenza di ragni nelle chiome delle douglasie d'inverno e quindi una minore disponibilità alimentare per gli uccelli svernanti (Goßner e Utschick, 2001). Nelle douglasiete europee sono stati ritrovati circa 87 specie di insetti fitofagi, circa un terzo di quelli che si ritrovano nell'areale naturale nord-americano. Molte specie sono generaliste (42%) nutrendosi sia di conifere che di angiosperme; molti monofagi derivano da specie tipiche dell'Abete bianco e Pini, senza aver dato luogo in oltre 150 anni di introduzione in Europa ad importanti danni (Roques et al., 2006). Sebbene la biodiversità di insetti sia simile nelle douglasiete e nelle peccete, vi è un'importante differenza: nelle prime prevalgono le specie zoofaghe, mentre nelle seconde le specie xilofaghe. Nell'ambito del progetto Do.Na.To sono stati osservati occasionalmente cerambidi nelle profonde fessure delle cortecce o sulla necromassa al suolo nelle aree dimostrative dell'Appennino Pistoiese e di Vallombrosa. La Douglasia data la sua forte capacità di crescita può, tramite la sua capacità competitiva, rendere più rapido il ciclo vitale delle specie consociate che arrivando più velocemente alla fase di senescenza presentano tutte le caratteristiche di questa fase come attacchi di insetti xilofagi, colonizzazione di varie specie di picidi e di tutta la fauna associata come osservato in diverse aree Do.Na.To (ad es. aree dimostrative ad Acquerino in douglasie miste con Abete bianco e a Podernuovo in pinete di Pino nero miste a Douglasia). La Douglasia per la sua rapidità di crescita in altezza può anche creare habitat nuovi, particolarmente importanti per i rapaci o per specie nidificanti, ma anche per molte specie termofile. La presenza sparsa di Douglasia che sovrasta in altezza il piano della faggeta è compatibile con la biodiversità di artropodi tipica della faggeta, ma aggiunge biodiversità in quanto si creano condizioni idonee che favoriscono artropodi afidofagi e termofili (Goßner e Ammer, 2006). La Douglasia viene colonizzata da molte specie di funghi micorrizici presenti in Europa, creando comunità fungine simili a quelle delle conifere native in cui prevalgono le specie micorriziche e saprofitiche rispetto ai decompositori tipici dei boschi di latifoglie. Tuttavia, per quanto riguarda i funghi le douglasiete (almeno in purezza) hanno una ricchezza specifica inferiore rispetto ai boschi di specie native, mancando soprattutto alcune specie indicatrici (Utschick, 2001).

Le attività svolte nell'ambito del Progetto Do.Na.To. consentono di affermare che la rinnovazione naturale della Douglasia è ormai una realtà consolidata nei paesi d'oltralpe (Francia e Germania). Anche in Toscana sono già presenti diffusamente esempi di rinnovazione, sia spontanea (Pacciani, 2017) che indotta da appropriati trattamenti selvicolturali. In sintesi, la Douglasia può rinnovarsi per via naturale:

- con tagli a raso opportunamente dimensionati all'interno di compagini mature di Douglasia. In questo caso la disseminazione è affidata alle piante di margine alla tagliata;
- con diradamenti ordinari in popolamenti di Douglasia misti a Pino nero, Castagno, Cerro, Abete bianco;
- in condizioni di margine a soprassuoli di Douglasia maturi, dove si diffonde sotto copertura sia del bosco contermini (molto agevolmente nel caso del Pino, del Cerro e del Castagno) che per diversi metri entro la fustaia della stessa specie;
- con tagli successivi molto energici. In Francia il taglio di sementazione rilascia da 20 a 30 m² di area basimetrica per ettaro in concomitanza con un'annata di buona-ottima produzione di seme e presenta un periodo di rinnovazione di 6-7 anni;
- con tagli a scelta mirati a ottenere boschi irregolari in cui si è lavorato in modo appropriato per ottenere strutture articolate e mescolanze con latifoglie e conifere del piano vegetazionale. Il bosco irregolare è possibile sia con provvigioni relativamente basse in cui le specie si consociano a piccoli gruppi, sia con provvigioni elevate in cui la Douglasia rappresenta la specie dominante, con piante che superano i 50 metri di altezza e diametri dominanti oltre 100 cm. In Francia nel primo caso, con i tagli a intervalli di 10 anni, la ripresa è piuttosto modesta ed è condizionata dalla provvigione intorno a 210 m³ ha⁻¹ nella foresta

di Breuil Cheneu; nel secondo, la provvigione può raggiungere i 500 m³ per ettaro e la ripresa a intervalli di 6 anni può raggiungere anche i 100 m³ ha⁻¹ come nella Foresta di Folin, (Susse, 2009);



Azienda Podernovo: rinnovazione naturale dopo la pasciona del 2020 (Foto Aprile 2022)

- in presenza di soprassuoli di 80-90 anni (nei casi da noi osservati non si può parlare di popolamenti vecchi data la vitalità del soprassuolo e la crescita sostenuta), se la densità continua a mantenersi colma (intorno a 250-300 piante ha⁻¹, aree basimetriche comprese tra 70 e 80 m² ha⁻¹, altezze medie intorno a 50 m e provvigioni comprese tra 1450 e 1600 m³ ha⁻¹), si creano condizioni strutturali ed ecologiche particolari soprattutto per la presenza di fusti privi di chiome per oltre 25 m, per la luce che arriva al suolo nelle ore della giornata in cui il sole è lontano dallo zenit. In siffatte condizioni la Douglasia manifesta non poche difficoltà a rinnovarsi, mentre è possibile l'insediamento di specie sciafile eventualmente presenti in zona (soprattutto Abete bianco e Acero di monte, in misura minore Tiglio e Castagno), come osservato a Vallombrosa.



Rinnovazione affermata in bosco trattato a tagli successivi in Francia

Le attività dimostrative effettuate nel corso del progetto Do.Na.To. hanno consentito di osservare che non si ottiene invece la rinnovazione naturale:

- con tagli a buche di appena qualche centinaio di metri quadrati. In questi casi si insedia prevalentemente rinnovazione di specie nitrofile, quali il rovo, di specie sciafile e, sporadicamente, di Douglasia generalmente localizzata (e molto abbondante) nelle aree libere dalle erbe come sotto le chiome delle douglasie che fungono da riserve;



Taglio a buche di piccole dimensioni dopo oltre 20 anni dal taglio: la Douglasia è solo marginalmente presente

- in soprassuoli di Douglasia coetanei, puri o tendenzialmente tali, sottoposti a diradamenti di tipo basso e di intensità media oltre i 40-50 anni. In questi casi è molto probabile che invece della rinnovazione naturale si assista all'insediamento di un tappeto di rovi, più o meno fitto, che finisce per condizionare anche i futuri interventi volti alla rinnovazione naturale;
- con diradamenti deboli in popolamenti di Douglasia di età avanzata (70-80 anni) con elevate provvigioni (circa 1500-1600 m³ ha⁻¹) corrispondenti rispettivamente a 250 e 300 piante per ettaro. In questi casi, come già detto dianzi, si può assistere a fenomeni naturali di sostituzione della Douglasia con specie sciafile quali l'Abete bianco o il Faggio (dipende dalle specie arboree tolleranti dell'ombra che si trovano prossime al soprassuolo di Douglasia).

Per quanto riguarda le produzioni ottenibili, già si sapeva che superavano quelle di qualsiasi altra specie legnosa coltivata a fustaia in Italia e potremmo dire in Europa. In condizioni di media fertilità, sull'Appennino toscano con turni intorno ai 45 anni è prevedibile avere provvigioni in piedi intorno a 700-750 m³ ha⁻¹, oltre alla massa asportata con i diradamenti stimata intorno al 30% della massa principale. Con turni di 60 anni le masse in piedi si attestano mediamente sui 900 m³ ha⁻¹. Le novità in questo campo riguardano l'auxologia di alcuni soprassuolo che si avvicinano al secolo. In due soprassuoli di 90 anni, tra i primi impiantati a scopo sperimentale nel nostro Paese, con densità simili a quelle che venivano adottate agli inizi del 1900 per l'Abete bianco, sottoposti a diradamenti dal basso di debole intensità, hanno fatto registrare masse in piedi di 1450-1600 m³ ha⁻¹ e incrementi annui ancora sostenuti.

I modelli colturali verificati sia in Italia, sia oltralpe, si prestano ad offrire anche ai selvicoltori italiani interessanti spunti per il raggiungimento degli obiettivi tecnico-economici finalizzati alla valorizzazione delle peculiarità aziendali: produttive, paesaggistiche, naturalistiche, gestionali.

Un esempio per tutti può essere rappresentato dal peso finanziario che nel nostro Paese rappresentano i costi della rinnovazione all'anno zero e dall'ipotesi di avere un bosco assestato costituito dalla classica successione di particelle di età scalare dall'anno 1 all'anno T, in cui T individua l'età del bosco maturo, da trattare a taglio a raso. In questo caso l'azienda si trova a gestire un patrimonio boschivo praticamente senza la necessità di anticipare somme importanti per l'intera durata del ciclo produttivo, bensì destinando alle

spese per il rimboschimento e le prime cure colturali una parte degli introiti annui derivanti dai tagli di maturità. Si tratta di un ordinamento aziendale che richiede superfici medio-grandi che consente di passare da un *bosco particellare* in cui il taglio di maturità è periodico (la gran parte delle situazioni italiane) a un *bosco comprensivo* in cui il taglio di maturità è annuale con maggiori possibilità di valorizzare le proprie produzioni, di entrare a far parte di filiere organizzate, di regolarizzare l'impiego di uomini e mezzi.

Il bosco disetaneo di Douglasia, non richiede grandi superfici in quanto con il taglio si ripercorre la medesima particella a brevi intervalli di tempo (secondo il modello francese da 5-6 a 10 anni).



Bosco misto di Querce, Faggio e Douglasia

La Douglasia si presta particolarmente ad essere gestita secondo il suddetto modello selvicolturale sia con provvigioni relativamente basse, in cui le specie si consociano a piccoli gruppi, sia con provvigioni elevate, in cui la Douglasia rappresenta la specie dominante. Nel bosco disetaneo è fondamentale la mescolanza con altre specie, in particolare per i soprassuoli italiani con Pino nero, Abete bianco e latifoglie (Castagno soprattutto e anche Faggio alle quote più elevate).

Va detto però che il tecnico forestale che gestisce impianti con siffatte caratteristiche ha bisogno di muoversi con una certa libertà salvo sottoporre la bontà del proprio operato all'esame dei risultati ottenuti. Sarebbe opportuno che la normativa forestale toscana contemplasse per la Douglasia sia il trattamento a tagli successivi che quello a taglio saltuario/irregolare. Sempre in ambito normativo, un altro punto essenziale dovrebbe riguardare la possibilità per l'azienda che coltiva la Douglasia di optare per la rinnovazione naturale derogando dai tempi, oggi contingentati in 12 mesi, per il reimpianto delle tagliate a raso. Questo lasso di tempo risulta troppo breve per poter valutare le possibilità di affermazione della rinnovazione naturale, nonostante, fra l'altro, che lo stesso regolamento forestale toscano preveda che una delle condizioni per l'autorizzazione delle tagliate a raso è che "siano finalizzate alla rinnovazione naturale"². Sarebbe sufficiente prevedere la possibilità di un "tempo di osservazione" di almeno 36-48 mesi dopo il taglio di maturità, in modo da dare la possibilità all'Azienda di valutare l'insediamento per via spontanea della rinnovazione e, soltanto nel caso in cui ciò si rilevi insufficiente, l'obbligo di procedere con l'intervento di rimboschimento o rinfoltimento. D'altronde questa sarebbe una scelta che non espone a rischi circa la ricostituzione del bosco, garantita dal deposito cauzionale acceso dall'azienda prima dell'inizio dei lavori. In caso di insuccesso della rinnovazione naturale sarebbe interesse della stessa azienda ripiegare sul reimpianto nel minor tempo possibile, per evitare di effettuare il rimboschimento e le cure colturali su un terreno già invaso da vegetazione infestante.

² Cfr, art 37 comma 2 lett. a del DPGR 48/R/03 Regolamento Forestale della Toscana

Per quanto riguarda la fruttificazione, premesso che il periodo di osservazione di cui disponiamo per l'Italia non è sufficientemente lungo per trarre conclusioni su base statistica, in accordo con quanto risulta in bibliografia la produzione di seme è alternante con periodi di pasciona ogni 5 anni, ma varia da 2 a 7 anni (Allen e Owens, 1972). Quando però ci sono annate di buona produzione (ad es. il 2020) si possono avere nei casi migliori (Vallombrosa e Appennino pistoiese) più di 500 semi per metro quadrato! Una buona disseminazione è stata osservata anche per Acquerino e Casentino (con circa 400 semi m⁻² e oltre), oltre che per Mugello e Podernuovo (con circa 300 semi m⁻²); mentre il popolamento più giovane (38 anni) situato ad alta quota (1260 m) sulla Catena del Pratomagno, che presentava prima del dirado quasi 1200 alberi ha⁻¹ e oltre 70 m² ha⁻¹ di area basimetrica, ha mostrato una scarsa produzione di seme (16 semi m⁻²).

Le indagini condotte nell'ambito del Progetto Do.Na.To. relativamente alle possibilità di espandere la coltivazione della Douglasia in stazioni idonee da un punto di vista pedoclimatico, oggi occupate da Pino nero, hanno preliminarmente dato risultati molto positivi tanto da far intravedere la possibilità di raddoppiare le superfici oggi occupate dalla Douglasia in Toscana. Si tratta di previsioni che andrebbero approfondite per le ricadute veramente rilevanti sul piano produttivo, carboritativo, sociale ed economico.

La penuria di materiale vivaistico di accertata qualità sul mercato nazionale ha indotto alla progettazione di due campi catalogo con materiale selezionato che, nel medio periodo, dovrebbero contribuire a migliorare lo stato attuale e a garantire la qualità del postime da impiegare nei futuri impianti. Si spera che qualche altra regione in cui la Douglasia ha dato risultati ragguardevoli segua l'esempio.

L'Europa sta guardando con grande attenzione alla Douglasia. In Francia la superficie investita è oramai prossima ai 500.000 ettari e si incrementa al ritmo di 10.000 ha anno⁻¹ e al 2030 la Douglasia si stima che sarà la conifera più importante sul mercato interno del legname di conifere, mentre in Germania si sta pensando di sostituire con la Douglasia le peccete di bassa quota entrate in crisi a seguito dei cambiamenti climatici e che andranno ad arricchire notevolmente il contingente di douglasiete esistenti, stimato in circa 220.000 ettari. Se due delle nazioni europee più importanti in campo forestale stanno puntando così decisamente sulla Douglasia per produrre legno e per il contrasto agli effetti del cambiamento climatico, tenuto conto del livello della ricerca in questo campo, non è per caso. In Italia, invece, in una sorta di autarchia botanica che vuole salvaguardare i boschi esistenti dalla introduzione delle specie non native, ancora si disquisisce se la Douglasia sia da considerare non nativa o naturalizzata e se metterla o meno all'indice! Riteniamo invece che, soprattutto nelle condizioni in cui ci troviamo siano da considerare i benefici da un punto di vista ambientale, tenendo nella massima considerazione: la resilienza nei riguardi di avversità fitopatologiche, la capacità di crescita oltre le più ottimistiche previsioni fino a tarda età, le buone caratteristiche tecnologiche del legname, la scarsa appetibilità delle giovani piante da parte della fauna ungulata, la capacità di accumulare una notevole quantità di carbonio per tempi che potenzialmente potrebbero diventare anche lunghissimi, la capacità di rivitalizzare aspetti sociali ed economici di cui abbiamo un estremo bisogno, soprattutto in montagna.

Bibliografia

- ALLEN G.S., OWENS J.N. (1972). *The Life History of Douglas Fir*, Environment Canada Forestry Service, 139 pp.
- AMPARO CARRILLO-GAVILÁN M. VILÀ M. (2010). *Little evidence of invasion by alien conifers in Europe*, «Diversity and Distributions», 16, pp. 203-213.
- ANGELIER A. (2007). *Douglasaies françaises*, Office National des Forêts, Paris, Lavoisier, Collection Guide des sylvicultures. 296 p.
- BERNETTI G. (1995). *Selvicoltura speciale*, UTET Torino.
- CANTIANI M. (1965). *Tavola alsometrica della Pseudotsuga douglasii in Toscana. Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria*, Istituto di Assestamento Forestale dell'Università di Firenze, IV, pp. 32-73.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S. (1982). *Le specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la selvicoltura», Arezzo, pp. 330-491.
- CIANCIO O., NOCENTINI S. (1978). *Prove di diradamento su Pseudotsuga menziesii con il metodo del fattore distanziale di Hart-Becking*, «Annali ISSA», Arezzo, 9, pp. 3-33.

- CUTINI A., NOCENTINI S. (1991). *Prove sperimentali di diradamento su popolamenti di douglasia in Toscana*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la selvicoltura», Arezzo, 22, pp. 72-152.
- DUCCI F. et al. (2017). *Gestione delle risorse genetiche della Douglasia in Italia in relazione agli scenari dei cambiamenti globali*, in *Realtà e prospettive nella coltivazione della Douglasia in Italia*, I Georgofili. Quaderni 2016-1.
- DUCCI F., TOCCI A. (1987). *Primi risultati della sperimentazione IUFRO 1969-70 su Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco nell'Appennino centro-settentrionale*, «Ann. Ist. Sper. per la selvicoltura», Arezzo, 18, pp. 215-289.
- FERRETTI F. (1998). *Le prove di introduzione di specie forestali esotiche: l'esperienza condotta a Vallombrosa. primo contributo*, Annali dell'Istituto Sperimentale per la selvicoltura», Arezzo, 29, pp. 93-114.
- GOBNER M. (2001). *Fremdländische Baumarten – Fremdkörper oder chance in unserer Wäldern?* LWF Bericht, 33, pp. 36-40.
- GOBNER M., AMMER U. (2006). *The effects of Douglas-fir on tree-specific arthropod communities in mixed species stands with European beech and Norway spruce*, «Eur. J. Forest Res.», 125, pp. 221–235.
- GOBNER M., UTSCHICK H. (2001). *Douglasienbeständen entziehen überwinternden Vogelarten die Nahrunggrundlage*, LWF Bericht, 33, pp. 41-44.
- HUMMEL F.C., CHRISTIE J. (1953) *Revised Yield Tables for Conifers in Great Britain*, For. Comm., For. Record, 24.
- KLÄDTKE J et al. (2012). *Wachstum und Wertleistung der Douglasie in Abhängigkeit von der Standraumgestaltung*, «Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen», 163, pp. 96–104.
- KLEINSCHMIT J., BASTIEN J.C. (1992). *IUFRO's role in Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) tree*, "Silvae Genetica", 41, pp.161-173.
- LA MARCA O. (1983). *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di confere*, «Ann. Acad. Ital. Sci. For.», 32, pp. 69-114.
- LA MARCA O. (1984). *Sulla densità di coltivazione di alcuni soprassuoli di Douglasia (Pseudotsuga Menziesii Mirb. Franco)*, Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria, 10, pp. 5 - 39. Tip. il Sedicesimo, Firenze.
- LA MARCA O. (2017a). *Realtà e prospettive nella selvicoltura di impianto in Italia: il caso della Douglasia (Pseudotsuga menziesii var. menziesii)*. I Georgofili. Quaderni 2016-1: 13-42.
- LA MARCA O. (2017b). *Tavole di produzione e tavole di cubatura per la Douglasia*, «Sherwood», 226, pp. 20-23.
- LA MARCA O. et al. (1998). *Indagine su un rimboschimento di Douglasia in Gargano*, «Cellulosa e Carta», 1, pp. 2 -15.
- LA MARCA O., PIEGAI, F. (1985). *Indagini sperimentali su diradamenti in giovani soprassuoli forestali*, «Monti e Boschi», 3, pp. 59-72.
- LA MARCA O., POZZI D. (2016). *Dalla selvicoltura d'impianto a quella a rinnovazione naturale*, I Georgofili Quaderni 2016-I, pp. 43-63.
- LA MARCA O., POZZI D., PROCINO L., CAPPONI C. (2017). *La rinnovazione naturale della Douglasia (Pseudotsuga menziesii var. menziesii) in Toscana. Primi risultati*, «Sherwood», 228, pp. 27-31.
- LEI P.F., SCHERER-LORENZEN M., BAUHUS J. (2012). *The effect of tree species diversity on fine-root production in a young temperate forest*, «Oecologia», 169, pp. 1105–1115.
- MC ARDLE R.E., MEYER W.H., BRUCE D. (1949, 1961). *The yield of Douglas-fir in the Pacific Northwest*, USDA For. Serv. Tech. Bull. No 201. Washington. DC. 72 p. (rev.).
- MENGUZZATO G (1989). *Prove sperimentali di diradamento in popolamenti di douglasia sulla Catena Costiera (Calabria)*, «Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», Arezzo, 20, pp. 153-194.
- MERCURIO R., MINOTTA G. (2000). *Arboricoltura da legno*, CLUEB, Bologna.
- NUNES L., COUTINHO J., LOPES D. (2011). *Growth, soil properties and foliage chemical analysis comparison between pure and mixed stands of Castanea sativa Mill. and Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, in Northern Portugal*, «Forest Systems», 20, pp. 496-507.
- PACCIANI A. (2017). *Indagine sulla rinnovazione naturale e sugli incrementi della Douglasia in Toscana*. Tesi di laurea magistrale. GESAAF. Università degli Studi di Firenze.

- PARDÉ J. (1958). *Douglas et tables de production*, «Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières», 15, pp.137-175.
- PAVARI A. (1934). *L'abete di douglas o Douglasia o abete odoroso d'America*, «Alpe», 21, 304-314.
- PODRÁZSKÝ V., MARTINÍK A., MATIJA K., VIEWEGH J. (2014). *Effects of Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco) on understorey layer species diversity in managed forests*, «Journal of Forest Science», 60, pp. 263–271.
- PRIETZEL J., BACHMANN S. (2012). *Changes in soil organic C and N stocks after forest transformation from Norway spruce and Scots pine into Douglas fir, Douglas fir/spruce, or European beech stands at different sites in Southern Germany*, «For. Ecol. Manag.», 269, pp. 134–148.
- RIOU-NIVERT P. (2002). *Des itinéraires diversifiés pour le douglas: 40 ans d'expérience en forêt privée*, CNPF, 27 pp.
- RIOU-NIVERT P. (2017). *Autoécologie et sylviculture du douglas*, «Forêt-entreprise», 234.
- ROQUES A., AUGER-ROZENBERG M.A., BOIVIN S. (2006). *A lack of native congeners may limit colonization of introduced conifers by indigenous insects in Europe*, «Can. J. For. Res.», 36, pp. 299–313.
- SCHMALFUSS N., VITKOVA L. (2016). *Douglas fir in Freiburg city Forest: an introduced tree species in the light of multifunctional management objectives*, in *Introduced tree species in European Forest: opportunities and challenges*, a cura di F. Krumm, L.Vitkova, pp.320-328, www.efi.int.
- SCHMID M., PAUTASSO M., HOLDENRIEDER O. (2014). *Ecological consequences of Douglas fir (Pseudotsuga menziesii) cultivation in Europe*, «Eur. J. Forest Res.», 133, pp. 13–29.
- SORENSEN F.C., CRESS D.W. (1994). *Effects of sib mating on cone and seed traits in coastal Douglas-fir*, *Silvae Genetica*, 43, pp. 338-345.
- SPIECKER H., LINDNER M., SCHULER J. (2019). *Douglas-fir – an option for Europe*, EFI, pp. 124.
- SUSMEL L. (1962). *La Douglasia verde*, «Monti e Boschi», 11/12, pp. 579-590.
- SUSSE R. (2009). *Le traitement des futaies irrégulières*, AFI Besancon, France.
- UTSCHICK H. (2001). *Schutzstrategien für Waldpilze*, LWF Bericht, 33, pp. 14–17.
- WIEDEMANN E., SCHOBER R. (1957). *Ertragstafeln*, M. u. H. Schaper Verlag, Hannover.