

Heute mit



Energiequelle Holz

Holzindustrie

»Holzbautagung« lockt 230 Teilnehmer

Am 14. und 15. September fand die fünfte „Aachener Holzbautagung“ statt. Die Veranstalter waren erfreut über 230 Teilnehmer aus Baupraxis, Zulieferindustrie und Wissenschaft. ► Seite 698

Holzhandel

Große Preisspanne beim KVH-Einkauf

Die Verkaufspreise der KVH-Hersteller standen im September weiterhin unter (leichtem) Druck, und zwar im Handelsabsatz (Stangenware -0,7 % und Listenware -1,5 %) etwas stärker als im Direktabsatz (-0,4 % bzw. unverändert). ► Seite 698

Forstwirtschaft

Weniger Zuwachs und Kohlenstoffbindung

Unbewirtschaftete Wälder verlieren bis zu 40 % der Holzproduktion und Kohlenstoffbindung, wie eine neue Studie aus Österreich zeigt. ► Seite 700

Wald klimapositiv bewirtschaften und dafür werben

Das Wort „klimapositiv“ ist recht neu, und das gilt insbesondere für den Bereich der Forst- und Holzwirtschaft. Es bedeutet, dass ein Unternehmen oder ein Produkt nicht nur keine negativen Auswirkungen auf das Klima hat, also klimaneutral ist, sondern der Atmosphäre sogar mehr klimaschädliche Emissionen entzieht, als es verursacht. Unter dem Titel „Klimapositive Waldwirtschaft“ hat sich ein neuer Arbeitskreis im Raum Offenburg (Baden-Württemberg) gebildet. Das Hauptanliegen der Aktivisten ist es, das Thema Wald mit einfachen Maßnahmen und Botschaften der Öffentlichkeit und Politik zu vermitteln. ► Bericht auf S. 700



Zu den Mitgliedern des Arbeitskreises gehört auch die Firma Holz Ziegler aus Oberkirch. Mit momentan rund 20 Firmen-LKW ist das Unternehmen vor allem im Handel mit Sägereistholz tätig. Ein neuer Sattelzug des Unternehmens wirbt vollflächig für klimapositive Waldwirtschaft.

Foto:
J. Krauhausen

Wärmeplanung im Bundestag

VHI sieht durch Holzenergienutzung Holzbauziele gefährdet

Am 13. Oktober fand im Bundestag die erste Lesung zum Wärmeplanungsgesetz statt, wonach Wärmenetze in Deutschland langfristig ausschließlich mit erneuerbarer Wärme oder unvermeidbarer Abwärme betrieben werden sollen.

Zur ersten Lesung erklärte Sandra Rostek, Leiterin des Hauptstadtbüros Bioenergie, die Vorzüge der Bioenergie bei der Defossilisierung der Wärmenetze würden mit dem aktuellen Entwurf nicht ausreichend ausgeschöpft: „Eine pauschale Deckelung des Biomasseanteils in Wärmenetzen ist unsinnig und ignoriert die lokal unterschiedlichen Gegebenheiten. Der geplante Deckel für Biomasse gefährdet darüber hinaus das Langfristziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung und verhindert, dass die Kommunen und Unternehmen vor Ort entscheiden, welche Technologien für klimaneutrale Wärmenetze jeweils am sinnvollsten sind. Unnötige Kostensteigerungen und Verzögerungen beim Wärmenetausbau wären die Folge ei-

nes Biomassendeckels. Besonders im ländlichen Raum und in waldreichen Gebieten fallen auch langfristig große Mengen energetisch nutzbarer Biomasse an, z.B. durch den notwendigen Waldumbau zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel.“ Auch strikte Vorgaben, bis zu welcher Leitungslänge Bioenergie eingesetzt werden darf, machten wenig Sinn.

Der Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI) sieht dagegen die Notwendigkeit, den energetischen Einsatz von Holz zu begrenzen, „denn es gibt für nahezu jedes Holzsortiment auch stoffliche Verwertungswege, durch die der Kohlenstoff gebunden bleibt und der Klimaschutzeffekt daher gesteigert wird. Diese Nutzungskonkurrenz ist bei der Rolle der Holzwärme – etwa im Wärmeplanungsgesetz – zu berücksichtigen“, so fordert VHI-Geschäftsführerin Anemon Strohmeier. „Der VHI erkennt nicht, dass die (effiziente) Holzwärme eine Rolle bei der Wärmewende spielt. Indes: Sie muss wohl gezielt eingesetzt werden, eine

Flächenlösung ist sie nicht. Dieser lokale Bezug wird zutreffend durch einen sogenannten Biomassendeckel auch durch das Wärmeplanungsgesetz adressiert. Dabei fällt aus Sicht der stofflichen Holzverwendung dieser Deckel bereits großzügig aus, da der nationale Holzmarkt mengenmäßig beschränkt ist.“ Und weiter: „Nachdem bereits mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) die Holzwärme im Gebäudereich deutlich ausgebaut werden wird, ist es sachlich richtig, den Anteil holziger Biomasse an der erzeugten Wärmemenge in Wärmenetzen, wie im Gesetzentwurf vorgesehen, zu begrenzen. Notwendig wäre aber aus Sicht der stofflichen Verwerter sogar eher eine weitere Herabsetzung des Anteils, um die stoffliche Holzverwendung nicht noch weiter zu schwächen, nicht Kraftwerksüberkapazitäten aufzubauen und gesellschaftlich wichtige Entwicklungen wie das Bauen mit Holz, in das mit der Holzbauintiative so hohe Erwartungen für die Schaffung bezahlbaren Wohnraums gesetzt werden, nicht zu gefährden.“

Nadelholzsäger erwarten 2023/24 keine Besserung

Am 12. Oktober fand in Wien die 71. „Internationale Nadelholzkonzferenz“ statt. Mit über 330 Teilnehmern aus 33 Ländern war die Veranstaltung deutlich stärker besucht als in den Vorjahren. Seit Mitte 2022 ist die europäische Sägeindustrie mit einer nachlassenden Nachfrage konfrontiert. Erwartet wird, dass die Produktion in Europa in diesem Jahr um mehr als 8 % und der Verbrauch um etwa 11 % gegenüber 2022 zurückgehen werden. Dementsprechend wurde die Produktion in Europa reduziert. Die aktuell schleppende Baukonjunktur dürfte bis weit in das Jahr 2024 hinein anhalten. Kurzfristig wird kein Aufschwung an den Märkten für Nadelholz erwartet, so das Resümee des Fachverbands Holzindustrie Österreich, der die Veranstaltung organisierte. Wenn auch für 2024 keine Besserung der wirtschaftlichen Situation erwartet wird, sieht sich die Branche doch gut aufgestellt und erwartet, dass langfristige Entwicklungen vor allem das Bauen mit Holz deutlich begünstigen werden. ► Ausführlicher Bericht folgt.

Möbelhersteller suchen Lösungen in Pordenone

Guter Start für Zuliefermesse »Sicam« – Carlo Giobbi sieht keine Konkurrenz durch »Interzum Forum Italy«

ms/fi. Die Möbelzuliefermesse „Sicam“ in Pordenone schwimmt seit vielen Jahren auf einer Erfolgswelle. Auch zur diesjährigen Ausgabe vom 17. bis 20. Oktober war das Messegelände im Norden Italiens wieder komplett ausgebucht. Und das, obwohl durch eine Erweiterung der Halle 5 mehr Platz geschaffen wurde. Laut Carlo Giobbi, Inhaber und Geschäftsführer von Veranstalter Expositcam srl, Mailand, wurden erneut mehr als 600 Aussteller gezählt. Die Messe war an den ersten beiden Tagen (bis Redaktionsschluss) wieder sehr gut besucht.

„Alle Produktbereiche sind auf der Messe bestens vertreten und die Top-Player werden wie immer in großer Zahl anwesend sein. 33 % der Aussteller kommen aus dem Ausland“, verriet Giobbi im Vorfeld im Gespräch mit der „HZ“-Schwesterzeitschrift „HK“.

Mehr Platz schaffte das Team um Giobbi durch die Erweiterung von Halle 5 um rund 3000 m². Damit war es möglich, mehr Aussteller aufzunehmen, gleichwohl verblieben auch diesmal einige Unternehmen auf der Warteliste. Durch die Erweiterung wurde es zudem möglich, „zusätzliche Besucherwege mit neuen Verbindungen zwischen den Hallen zu schaffen“. So wurden die Zugänge zum Buffet, zum Bistro und zum Restaurant geändert, um die Warteschlangen zu verkürzen.

Aber auch für die Anreise mit dem eigenen PKW versprach Giobbi Erleichterungen: „Da die Nachfrage nach Parkplätzen für Besucheraussteiger steigt, haben wir von der Gemeinde Pordenone zusätzliche Flächen am Interporto erhalten, der über eine eigene Autobahnausfahrt verfügt und den wir mit einem eigenen Shuttle-Service für ‚Sicam‘-Besucher bedienen werden.“

Beim Besucherinteresse rechnete er im Vorfeld mit ähnlichen Zahlen wie 2022: „Letztes Jahr hatten wir 8475 registrierte Unternehmen aus fünf Kontinenten. Mehr als 37 % der Fachbesucher kamen aus dem Ausland, aus fast 120 Ländern.“ Giobbi erwartet „einen Zustrom interessanter Anbieter aus mehreren asiatischen Ländern, während die Lage in Russland und der Ukraine weiterhin sehr problematisch ist. Wir versuchen jedoch, mindestens eine Delegation ukrainischer Unternehmen auf der Messe zu haben. Leider müssen wir auch feststellen, dass es immer schwieriger wird, Visa für Fachkräfte aus einigen Ländern, wie etwa der Türkei und Indien, zu erhalten.“

Auf Nachfrage äußerte sich Giobbi auch zu dem von der Köln-Messe geplanten Kongress mit Ausstellung in Bergamo, dem „Interzum Forum Italy“, am 6. und 7. Juni 2024. Thomas Rosolia,

CEO der Koelnmesse Italia srl, rechnet nach Information vom 10. Oktober mit 300 Ausstellern auf 6000 m² in zwei Messehallen und 6000 Besuchern. Giobbi: „Es handelt sich um eine neue Veranstaltung, die in Form eines Ausstellungskongresses organisiert wird, was sicherlich die mit der Neuheit verbundenen Risiken verringert. Wir wissen noch nicht, ob es sich eher um eine Konferenzveranstaltung für den Komponentensektor handeln wird oder ob der Ausstellungsaspekt überwiegen wird. Wir wissen noch nicht einmal, welchen Produktkategorien sie gewidmet sein wird. Ich glaube nicht, dass es derzeit eine Veranstaltung gibt, die mit der ‚Sicam‘ konkurriert ... Ich sehe nicht, welchen Sinn es machen würde, in Italien eine konkurrierende Veranstaltung zur ‚Sicam‘ ins Leben zu rufen. Vor allem nicht, welchen Vorteil das für die Unternehmen der Branche hätte.“

Es nicht beim Unmut belassen, sondern etwas tun

Der noch junge Arbeitskreis »Klimapositive Waldwirtschaft« will Öffentlichkeit und Politik über Waldwirtschaft informieren

jk. Hauptziel des im Frühjahr in der Region um Offenburg (Baden-Württemberg) gegründeten Arbeitskreises „Klimapositive Waldwirtschaft“ ist es, das Thema Wald mit einfachen Botschaften und Maßnahmen zu vermitteln. Man zielt auf die Öffentlichkeit und auf die Politik. Im Arbeitskreis treffen sich seit dem Frühjahr in der Region Vertreter vor allem des Privatwaldes, der Bioenergie-Branche und der Forstwirtschaft sowie engagierte Künstler und Privatpersonen, die sich dem Wald verbunden fühlen.

Zusammengebracht hat die Gruppe, die an weiteren Teilnehmern interessiert ist, das un-gute Gefühl, dass in der Öffentlichkeit und bei Politikern Unwissenheit und falsche Bilder über Wälder und Waldwirtschaft in der Region herrschen. Das Bedürfnis nach einem gemeinsamen Engagement entstand aus der gemeinsamen Wahrnehmung, dass der Wald von immer mehr Menschen nur noch stark vereinfacht und romantisierend wahrgenommen wird, wodurch viele Men-

schen und deren Interessen ausgeblendet oder ihr Handeln sogar als waldschädigend beurteilt werden.

Ein negativer Auslöser für die Gründung des Arbeitskreises waren die Ansichten von Peter Wohlleben und insbesondere, wie diese unkritisch von großen Teilen der Öffentlichkeit, der Politik und der Medien aufgenommen und teilweise unterstützt wurden. Ein Dauer-Ärgernis ist den engagierten Bürgern des Arbeitskreises die Einstellung, der Wald sei krank und es helfe dem Wald

sen bzw. mangelnde Wissensvermittlung als Hauptursache des gesellschaftlich-politischen Gegenwindes für nachhaltige Waldbewirtschaftung in der Verantwortung der Waldeigentümer ausgemacht hat.

Hauptbotschaft ist, wie es auch schon der Name des Arbeitskreises ausdrückt, dass der nachhaltig bewirtschaftete Wald positive Wirkungen hat; gemeint ist zunächst der natürliche CO₂-Entzug aus der Luft und die CO₂-Festlegung im Holz (Klimaschutz). Man arbeitet mit dem Slogan: „Unser Wald kann mehr – dank einer klimapositiven Waldwirtschaft“.

Als weitere Wirkungen des nachhaltig bewirtschafteten Waldes will man die positiven Wirkungen im Wasserkreislauf, für die Bodenqualität, den Naturschutz sowie für die wirtschaftli-



Seine Mitarbeit und Unterstützung für den Arbeitskreis zeigt Matthias Ziegler, Geschäftsführer der Firma Ziegler-Holz in Oberkirch, u. a. durch die ungewöhnliche und nicht zu übersehende Lackierung eines seiner Lkw. Zum 70-jährigen Bestehen der Firmen wurde der neue Laster vollflächig zum Werbebanner für die Anliegen des Arbeitskreises – im Bild die Gestaltung des Führerhauses. Fotos: J. Krauhausen (3)



Der junge Arbeitskreis hat auch schon ein Logo.

che, soziale und ökologische Wertschöpfung betonen. Die zweite wichtige Botschaft lautet, dass das Waldeigentum Grundlage für eine positive Waldentwicklung ist.

Der Arbeitskreis will sich mit der Zukunft des Waldes im Klimawandel beschäftigen. Es sollen auch Zusammenhänge dargestellt werden in den drei Bereichen: a) Wald- und Wegenutzung, Tourismus, b) Einkommen und c) CO₂-Einsparung durch Substitution. Man will außerdem Wald und Holz bzw. Holzprodukte erlebbar machen.

Vertreter des Arbeitskreises geben zu bedenken, dass man ehrenamtlich arbeite, alles noch sehr neu sei und auch schnell angepasst werden könne. Zu den bisherigen Treffen kamen etwa fünf



Für die forstliche Öffentlichkeitsarbeit will der Arbeitskreis QR-Codes ausprobieren. Die Überlegung dazu: Viele Menschen nehmen sich im Wald nicht mehr die Zeit, Schilder mit langen Erklärtexten zu lesen. Diese Menschen könnten aber bereit sein, einen QR-Code im Wald zu fotografieren, um dann später in Ruhe die angebotenen Informationen nachzulesen, anzuhören bzw. anzuschauen. Kurt Weber (Mitte, blaues Hemd) zeigte den Politikern den neuen Ansatz: Marion Gentges (mit Smartphone in der Hand), Thomas Marwein (ganz rechts) und Yannick Bury (Dritter von rechts, hinter dem Schild mit dem QR-Code).

bis 15 Interessierte. Inzwischen hat man sich auch um die Finanzen gekümmert. Von zehn Organisationen bzw. Firmen wurden insgesamt 10 000 Euro zugesagt. Die Zusagen lauten über 500 bis 3 000 Euro. Fünf der Unterstützer sind Forstbetriebsgemeinschaften bzw. die Waldservice Ortenau e. G. Unterstützer ist die Bürger-Energie Oberhamersbach, eine Genossenschaft, die ein Fernwärmenetz auf Basis eines Holzheizwerks betreibt. Finanzielle Unterstützung kommt auch von vier Unternehmen: E-Werk Mittelbaden, Holz-Ziegler GmbH, RES-Gruppe und Windkraft Schonach GmbH.

Erstes sichtbares Ergebnis des Arbeitskreises ist ein Internetauftritt (unserwaldkannmehr.de), der weiter ausgebaut werden soll. Für die Zeit ab Oktober und bis zum Frühjahr 2024 sind ein Gespräch mit drei Ministern bzw. Ministerinnen in Stuttgart (Thema: Bauen mit Holz), eine Waldführung (Wiederbewaldung), ein Vortragsabend („Vom Wald zum Holzprodukt“), Betriebsbesichtigungen (energetische Holznutzung) und eine Waldexkursion angekündigt.

Am 6. Oktober stellte sich der Arbeitskreis in einem neu gestalteten Besprechungsraum der Waldservice Ortenau in Ohlsbach der Öffentlichkeit vor. Der Raum ist eine Demonstration für

die Nutzung des Holzes aus der Region (u. a. Tanne für die Decke und die Tische, Douglasie für den Fußboden und Buche für die Stühle).

Von der Politik waren gekommen: Landesjustizministerin und Landtagsabgeordnete Marion Gentges (CDU), der Landtagsabgeordnete Thomas Marwein (Grüne) sowie die Bundestagsabgeordneten Yannick Bury (CDU) und Martin Gassner-Herz (FDP). Die Wahlkreise der vier Politiker liegen in der Region Offenburg.

In einer kleinen Vorstellungsrunde, die Kurt Weber, Vorstand und Geschäftsführer der Waldservice Ortenau, leitete, schilderte rund ein Dutzend Bürger, die im Arbeitskreis mitarbeiten, welchen Bezug zum Wald sie haben und warum sie sich im Arbeitskreis engagieren. Das Spektrum ist weit gespannt: Es sprachen zwei forstliche Dienstleister, ein Sägereistholz-Händler, Waldbesitzer, Bürgermeister, Förster, ein Planer von Windenergieanlagen, ein Künstler sowie eine Privatperson mit einem rein persönlichen Interesse am Wald. Der Arbeitskreis hat sich bisher bewusst nicht um Personen aus der Säge- und Holzindustrie bemüht. Man will den Eindruck vermeiden, dass es dem Arbeitskreis doch eigentlich „nur“ um die Holznutzung bzw. die Rohstoffversorgung der Holzindustrie gehe.

Unbewirtschaftete Wälder: Weniger Zuwachs und Kohlenstoffbindung

Natürliche Konkurrenz und konkurrenzbedingte Mortalität zwischen Bäumen spielen eine wichtige Rolle

Viktoria Valenta, Silvio Schüler und Thomas Ledermann*

Unbewirtschaftete Wälder verlieren bis zu 40 % der Holzproduktion und Kohlenstoffbindung, wie eine neue Studie zeigt, die unter Mitwirkung des österreichischen Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) durchgeführt wurde.**

Heftig diskutiert wird die Frage, ob Wald zur Minderung des Klimawandels beitragen kann, indem er Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnimmt und den Kohlenstoff in Holz und Biomasse speichert. Hierbei werden oft nur die zwei scheinbaren Gegenpole Holznutzung und Stilllegung thematisiert.

Welche Bedeutung die natürliche Konkurrenz für die Vorrats- und Zu-

wachsentwicklung und somit für die Kohlenstoffspeicherung in unbewirtschafteten Wäldern hat, wird jedoch außer Acht gelassen. Eine neue Studie unter Mitwirkung des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) liefert eine wichtige Datenbasis und zeigt, dass in unbewirtschafteten Waldbeständen 30 bis 40 % der gesamten Holzproduktion durch konkurrenzbedingte Mortalität an die Totholzfraktion verloren gehen. Die Studie wurde in der wissenschaftlichen Zeitschrift „Forest Ecology and Management“ veröffentlicht.

Wenn über die Zuwachsleistung und die Kohlenstoffaufnahmekapazität verschiedener Baumarten gesprochen wird, bezieht man sich meist auf Einzelbäume, die sich ohne Konkurrenz frei entwickeln können und so auch im hohen Alter ein gutes Wachstum erzielen und damit viel Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen. Im Wald jedoch spielt die Interaktion zwischen den Bäumen eine ganz maßgebliche Rolle und sorgt dafür, dass viele Bäume frühzeitig absterben. Wo in der Naturverjüngung noch tausende Sämlinge um Licht kämpfen, steht nach einigen Jahrzehnten nur ein einziger Baum. „Im-

mer, wenn während der Bestandesentwicklung die Dichte der wachsenden Bäume auf einem Standort zu hoch wird, sterben einige von ihnen ab. Und zwar jährlich zwischen 5 und 20 % aller Bäume, wie die Studie zeigt“, erklärt Mitautor Thomas Ledermann. Für diese wurden Daten von 476 Langzeitversuchsfächen aus großen Teilen Europas verwendet. Sie gehören zu einem internationalen Netzwerk langfristiger Wachstums- und Ertragsversuche und umfassen kontinuierliche Aufzeichnungen des Wachstums, unter anderem in voll bestockten, unbehandelten oder kaum bewirtschafteten Beständen über einen Zeitraum von 100 bis 150 Jahren.

Am Anfang der Entwicklung steigt der Zuwachs von Waldbeständen rasch an und es werden große Mengen Kohlenstoff gebunden. Dadurch erhöht sich der Kohlenstoffvorrat der Bestände. Je nach Baumart und Standort erreichen Zuwachs und Kohlenstoffaufnahme mit etwa 40 bis 120 Jahren ihren Höhepunkt. Danach nehmen Zuwachs und Kohlenstoffaufnahme ab, weil der durch das Absterben älterer Bäumen frei werdende Standraum von den verbliebenen Bäumen nicht mehr so effi-

zient genutzt werden kann. Bis zum Ende seiner Jugendphase hat ein Bestand bereits mehr Kohlenstoff aufgenommen, als nach 100 bis 150 Jahren in den stehenden Bäumen gespeichert ist.

Die Studie bezieht sich ausschließlich auf Daten unbewirtschafteter, gleichaltiger Wälder mit jeweils einer Baumart und berücksichtigt nicht den im Boden gelagerten Kohlenstoff. Nachdem derzeit noch ein Drittel aller Wälder Europas aus einer Baumart besteht und auch Mischwälder oft aus einer Vielzahl kleiner Baumgruppen aufgebaut sind, ist die konkurrenzbedingte Abnahme von Zuwachs und Kohlenstoffaufnahme für viele Situationen relevant.

Ob der Wald in Zukunft eher als Kohlenstoffsenke oder als -speicher fungieren soll, klingt für viele vermutlich nach Haarspalterei. Für die Bewirtschaftung des Waldes und die Minderung des Klimawandels ist der Unterschied jedoch enorm. „Durch die Bewirtschaftung werden die Bäume vor dem natürlichen Absterben entnommen, wodurch die Eingriffe zu einem optimalen Zeitpunkt für den Klimaschutz erfolgen. Das Holz kann zu Holzprodukten verarbeitet werden und diese speichern weiterhin

den Kohlenstoff. Oder es werden fossile Brennstoffe ersetzt“, sagt Peter Mayer, Leiter des BFW. Gleichzeitig reagieren die verbleibenden Bäume mit einem höheren Zuwachs und einer besseren Vitalität. Verbleiben die Bäume dagegen im Wald, sterben sie ab und ein Teil des aufgenommenen Kohlendioxids wird wieder in die Atmosphäre entlassen.

Im Hinblick auf den Klimaschutz sollte die Waldbewirtschaftung für ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen jungen und alten Wäldern sorgen, damit die Zuwachsleistung und die Kohlendioxidaufnahme keinen allzu großen Schwankungen unterliegen. Der Wald ist aber auch ein wichtiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere und diese benötigen eine Mindestmenge an absterbenden und toten Bäumen.

Daher sollte in einem Wald mit optimierter Kohlenstoffaufnahme eine gewisse Menge Totholz erhalten werden. Die in der Studie für diverse Baumarten ermittelten Verlustanteile aufgrund der natürlichen Konkurrenz könnten als Indikatoren für Entscheidungen zwischen Waldbewirtschaftung und der Einstellung von waldbaulichen Aktivitäten dienen.

* Die Autoren sind Mitarbeiter des österreichischen Bundesforschungszentrums für Wald.

** Originalartikel: Hans Pretzsch et al. (2023): Competition-based mortality and tree losses. An essential component of net primary productivity. Forest Ecology and Management, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121204>