

BioClimSol: tulevaisuuden ilmasto- ja maaperäolosuhteet integroiva päätöksenteon tukijärjestelmä

Kirjoittajat

Kathrin Böhling, Baijerin osavaltion metsäinstituutti (LWF), Saksa;
Benjamin Chapelet, Kansallinen yksityismetsänomistuksen keskus (CNPF-IDF), Ranska;
Bilal Snoussi, Kansallinen yksityismetsänomistuksen keskus (CNPF-IDF), Ranska;
Benjamin Cano, Kansallinen yksityismetsänomistuksen keskus (CNPF-IDF), Ranska.

Yhteenveto

Päätöksenteon tukijärjestelmät antavat tietoa nykyaikaiselle metsänhoidolle Euroopan maissa. Metsien resilienssiä parantavat toimenpiteet, kuten puulajien monipuolistaminen ja sopeutuvat metsänhoitokäytännöt, voivat hyötyä ilmastonmuutoksen myötä muiden maiden metsänhoitokäytännöistä. Tässä artikkelissa luodaan katsaus ranskalaiseen metsien hoitajille tarkoitettuun BioClimSol - päätöksenteon tukijärjestelmään. Työkalu ennustaa puiden kuolemisen riskin 13 puulajille niin, että metsikön oletetaan kuolevan, kun 20 prosentilla lisävaltapuista tai vallitsevista puista on vähintään 50 prosentin oksakuolleisuus. Artikkelissa kuvailaan BioClimSolin metodologia, indeksit ja käyttö sekä annetaan tietoa metsistä ja ilmastonmuutoksesta Ranskassa muiden maiden ammattilaisten oppimisen tueksi.

Johdanto

Päätöksenteon tukijärjestelmät antavat tietoa nykyaikaiselle metsänhoidolle Euroopassa. Ne voivat tukea ekologisten, taloudellisten ja sosiaalisten tavoitteiden tasapainottamista samalla kun vastataan haasteisiin kuten ilmastonmuutokseen, luonnon monimuotoisuuden häviämiseen ja resurssien kestävään käyttöön. Tehokkaiden ratkaisujen löytäminen metsien ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi on merkittävä aihepiiri metsätieteissä ja metsänhoitokäytännöissä. Se, miten metsät reagoivat muuttuviin lämpötiloihin, sademääriin ja äärimmäisiin sääilmiöihin, on tullut vaikeammaksi ennustaa, kun taas metsien resilienssiä edistävät

toimenpiteet, kuten puulajien monipuolistaminen ja sopeutuvat metsänhoitokäytännöt, saattavat hyötyä muiden maiden metsänhoitokäytännöistä. Esimerkiksi Baijerin valtion metsäinstituutin (LWF) tutkijat ovat laskeneet ilmastoanalogeja lauhkeille eurooppalaisille metsille niin sanotuilla "kaksoisalueilla" eli alueilla, joilla nykyinen ilmasto on verrattavissa mielenkiinnon kohteena olevan alueen odotettuun tulevaan ilmastoon (Mette ym., 2021). Nämä Pohjois-Baijerin metsien kaksoisalueet sijaitsevat Etelä-Ranskassa (Rhônen laakso), Pohjois-Italiassa ja Balkanin maissa (Brandl ym., 2023). Baijerin metsänhoidon päätöksenteon tukijärjestelmä (BayWis) tarjoaa kattavaa geo- ja faktatietoa suunnittelua ja analyyssejä varten, mukaan lukien kasvuennusteet ja riskinarviot 21 puulajille. Tässä artikkelissa pyritään välittämään tietoa kokemuksista Ranskassa Baijerin ja muiden maiden päätöksenteon tukijärjestelmien jatkokehitystä varten esittelemällä tulevaisuuden ilmasto- ja maaperäolosuhteet integroiva BioClimSol - päätöksenteon tukijärjestelmä sekä sen metodologia, indeksit ja käyttö. BioClimSolin viitekehyksen hahmottamiseksi artikkeli alkaa luvulla koskien metsiä ja ilmastonmuutosta Ranskassa.

Metsät ja ilmastonmuutos Ranskassa

Manner-Ranskan ja Korsikan metsät kattavat 17,5 miljoonaa hehtaaria eli 32 prosenttia pinta-alasta. Lähes kahden vuosisadan ajan metsien pinta-ala on kasvanut, esimerkiksi vuonna 1908 metsää oli noin 10 miljoonaa hehtaaria. Vuodesta 1985 lähtien puuston tilavuus on noussut 1,8 miljardista kuutiometrillä 2,8 miljardiin kuutiometriin.

Manner-Ranskan ja Korsikan metsät kattavat 17,5 miljoonaa hehtaaria eli 32 prosenttia pinta-alasta. Lähes kahden vuosisadan ajan metsien pinta-ala on kasvanut, esimerkiksi vuonna 1908 metsää oli noin 10 miljoonaa hehtaaria. Vuodesta 1985 lähtien puuston tilavuus on noussut 1,8 miljardista kuutiometristä 2,8 miljardiin kuutiometriin. Nykyisin lehtipuiden osuus on 65 prosenttia ja havupuiden osuus 35 prosenttia. Tammet (talvitammi, metsätammi, nukkatammi ja rautatammi) ovat alueen yleisimpiä lehtipuulajeja 44 prosentilla lehtipuuston tilavuudesta. Metsäkuusi ja saksanpihta vastaavat yhdessä 40 prosenttia havupuiden tilavuudesta. Viime vuosina havupuiden määrä on kuitenkin vähentynyt metsän kasvu vähenemisen sekä kasvavan kuolleisuuden ja lisääntyneiden hakkuiden vuoksi (IGN, 2024).

yksityismetsien puunmyynnistä vastaavat 50000 metsänomistajaa, jotka omistavat yli 25 hehtaaria metsää (45 % yksityisestä metsäpinta-alasta). Hyvin harva metsänomistaja omistaa yli 100 hehtaaria metsää. Kestävän hoidon asiakirja on noin 36 prosentilla yksityismetsistä (CNPF-IDF, 2021). Julkisessa omistuksessa olevat metsät muodostavat neljänneksen kaikista metsistä, mukaan lukien valtion omistamat metsät (1,55 miljoonaa hehtaaria) ja muut julkiset metsät, jotka ovat kuntien, muiden paikallisviranomaisten ja julkisten laitosten omistuksessa (2,8 miljoonaa hehtaaria) (IGN, 2024). Kuten maailmanlaajuisessa mittakaavassa, Manner-Ranskan vuotuisten keskilämpötilojen trendi osoittaa selvää lämpenemissuuntausta vuodesta 1900 alkaen. Lämpenemismuutos on vaihdellut, ja se on kiihtynyt erityisen selvästi 1980-luvulta lähtien.

Taulukko 1. Ranskan pääpuulajien osuudet, © IGN 2024

Laji	Alue (1000 ha)		
	Puulajin esiintyminen Vähintään yhden kirjattavissa olevan puun esiintyminen koealalla	Vallitseva puulaji Kirjattavissa olevilla puilla on korkein suhteellinen latvuspeitto koealalla	Puhdas metsä Kirjattavissa olevien puiden osuus on yli 75 % koealan suhteellisesta latvuspeitosta
<u>Metsätammi</u>	5.652 ± 94	2.210 ± 67	734 ± 41
Talvitammi	4.151 ± 81	1.843 ± 58	777 ± 39
<u>Nukkatammi</u>	3.254 ± 85	1 413 ± 62	1.413 ± 62
Pyökki	6.050 ± 92	1.500 ± 59	592 ± 39
Kastanja	3.440 ± 84	686 ± 42	266 ± 27
<u>Saarni</u>	5.560 ± 104	622 ± 41	137 ± 19
Valkopyökki	4.666 ± 78	622 ± 36	71 ± 13
Rautatammi	1.884 ± 66	801 ± 51	456 ± 41
<u>Rannikkomänty</u>	1.540 ± 54	1.027 ± 44	786 ± 40
<u>Metsämänty</u>	2.438 ± 76	893 ± 49	481 ± 38
Saksanpihta	2.501 ± 69	563 ± 36	237 ± 24
<u>Metsäkuusi</u>	1.846 ± 60	494 ± 34	241 ± 24
<u>Douglaskuusi</u>	1.157 ± 49	443 ± 32	296 ± 26

Yksityisomistuksessa metsistä on kolme neljäsosaa, yhteensä 13,1 miljoonaa hehtaaria (IGN, 2024), yli kolmen miljoonan metsänomistajan omistuksessa. Yhteensä 2,2 miljoonalla metsänomistajalla (67 %) on metsää alle hehtaari. Lähes 380 000 metsänomistajaa (11 %) omistaa yli 4 hehtaaria, mikä vastaa 76 prosenttia yksityisomistuksessa olevasta metsästä. Suurimmasta osasta

Vuonna 2019 keskimääräinen vuotuinen lämpötila, 13,7 astetta, oli 1,8 astetta normaalia korkeampi (1961-1990), mikä tekee vuodesta 2019 kolmanneksi kuumimman vuoden 1900-luvun alusta lähtien vuosien 2018 (+2.1 °C) ja 2014 (+ 1.9 °C) jälkeen (MTECT-SDES, 2021). Lämpötilan nousu on pidentänyt kasvukautta useilla päivillä vuosikymmenessä niin, että silmut puhkeavat aikaisemmin ja lehdet

varisevat myöhemmin, mikä on lisännyt lauhkean vyöhykkeen metsien kasvua. Samalla on kuitenkin lisääntynyt myös vedentarve ja vesistressi lajien leviämisalueiden etelärajoilla. Pidemmällä aikavälillä leudot talvet todennäköisesti häiritsevät silmujen ja siementen lepotilaa. Myös lajien välinen kilpailu sekä tauteja aiheuttavien sienten ja tuhohyönteisten syklit muuttuvat, millä on kerrannaisvaikutuksia lajien haavoittuvuuteen sekä metsäekosysteemien koostumukseen ja toimintaan.

Metsät ja ilmastonmuutos Ranskassa

Lämpenevä ilmasto on heikentänyt olemassa olevien metsänkasvumallien ennustettavuutta. Puulajien taantumiseen tai etenemiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten CO₂-tasoja, kilpailua, loisia ja yleisimmiksi tulleita katastrofeja, ei oteta riittävästi huomioon. Puiden taantuminen ja kuolleisuus, jotka ovat lisääntyneet 50 prosenttia viime vuosikymmenen aikana, osoittavat viimeisimpien ilmastopikkeamien voimakkaan vaikutuksen. Tämä koskee erityisesti mäntyä, jonka terveys on heikentynyt jyrkästi Etelä-Alpeilla ja Keski-Ranskassa. Yleiset trendit ovat kuitenkin selvät. Lämpötilan nousu mahdollistaa puulajien leviämisen pohjoisemmaksi, sisämaahan tai korkeammalle merenpinnasta mitattuna. Esimerkiksi rautatammi, joka tällä hetkellä kasvaa Välimeren alueella ja ohuella Atlantin reuna-alueella, levittäytyy Uusi-Akvitaniassa ja muilla läntisillä alueilla riittävän leudon ilmaston ansiosta, kun taas levinneisyysalueensa etelä- tai alarajalla se vähenee kasvavan vesivajeen vuoksi. Ranskan kansallinen yksityismetsänomistuskeskus (CNPF) on kehittänyt BioClimSol-työkalun, joka auttaa metsien hoitajia tekemään oikeita päätöksiä metsien sopeuttamiseksi ilmastonmuutokseen. Työkalu tarjoaa arvion kuolleisuusriskistä 13 puulajille, kun otetaan huomioon, että metsikkö kuolee, kun vähintään 20 prosentilla lisävaltapiusta tai vallitsevista puista on vähintään 50 prosentin oksakuolleisuus.

Niin sanottu vaarataso (BioClimSol Index – IBS) eri puulajeille lasketaan seuraavien tekijöiden perusteella:

- orgaaniset tekijät elävän luonnon, tässä tapauksessa lajin tai metsikön (Bio) huomioon ottamiseksi;
- koealan nykyiset ilmasto-olosuhteet ja tulevat olosuhteet eri skenaarioissa (Clim);
- koealan maaperäolosuhteet (Sol), jotka voivat kompensoida tai katalysoida erilaisten jännitteiden vaikutuksia (ilmastolliset, bioottiset, topografiset, metsänhoitoon liittyvät tekijät).

BioClimSoliin ovat puulajeina metsätammi, talvitammi, nukkatammi, rautatammi, korkkitammi, kastanja meri-ilmaston alangoilla, kastanja manner- ja vuoristoilmastossa, pyökki, douglaskuusi, saksanpihta, metsäkuusi, metsämänty, atlasetri, saarni. Muiden lajien sisällyttämistä on suunniteltu. CNPF aloitti BioClimSolin kehittämisen vuonna 2010. Työkalu syntyi Atlantin tammimetsiköt -hankkeessa, jota toteuttivat yhdessä Atlantin rannikon Alueelliset metsänomistuksen keskuskeskukset (CRPF) ja Metsätalouden kehitysintituutti (IDF). Vuonna 2008 Alueelliset metsänomistuksen keskuskeskukset (CRPF) saivat yhä enemmän pyyntöjä terveysthakkuiden toteuttamisesta tammimetsiköihin pääasiassa metsätammen osalta, alueina erityisesti Poitou-Charentes ja Pays de la Loire. Tutkimukset olivat osoittaneet toistuvien vuosien merkittävän vesivajeen vaikutuksen tammimetsiköiden, erityisesti metsätammen, elinvoimaisuuden menetykseen. Olemassa olevilla puulajien kuolemista koskevilla ennustekartoilla oli merkittäviä rajoituksia. BioClimSol-työkalun innovaationa on mahdollisuus laatia ilmasto koskevia vaaratasokarttoja. Työkalu tukee alan ammattilaisten maastoasiantuntemusta, joka on keskeistä valittujen puulajien kuolemanriskin tarkassa arvioinnissa.

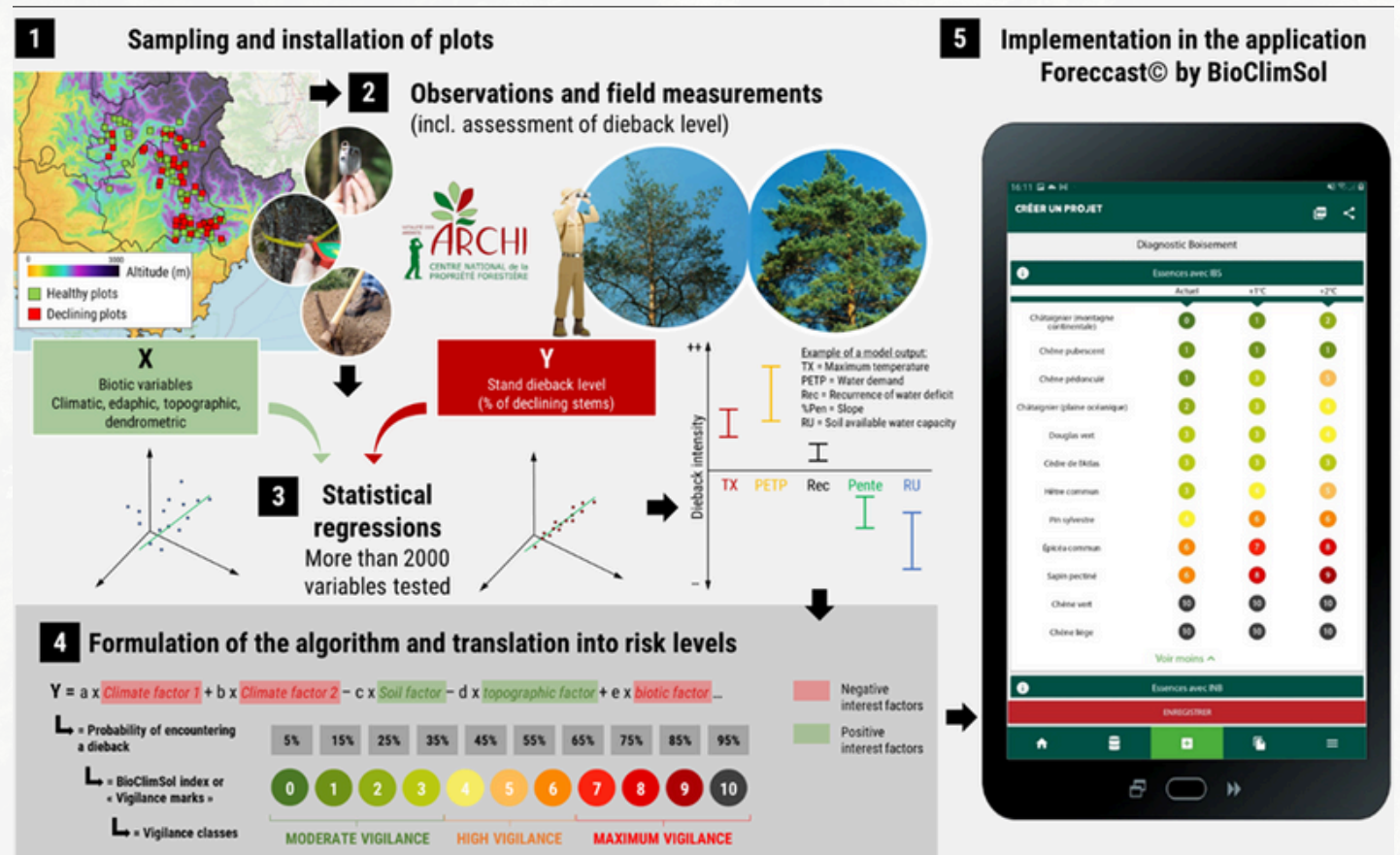
BioClimSolin rakentamiseen osallistuivat tieteellisinä partnerit ja tutkimusorganisaatioina Département Santé des Forêts (Metsäterveysosasto), Météo France, INRAE, AgroParisTech ja IGN. Maaseudun innovaatioryhmä SPNA (Sylviculture de précision en Nouvelle Aquitaine) – Tarkkuusmetsätalous Uusi-Akvitaniassa – oli "tapaustutkimus", jossa testattiin työkalun käyttöönottoa kastanjametsiköissä järjestetyissä koulutustilaisuuksissa.[1] Käyttäjien palaute ja kommentit ovat auttaneet parantamaan sovellusta.

BioClimSol-metodologia

Ensimmäisessä vaiheessa lajin ilmastolliset rajat määritellään sen maailmanlaajuisen levinneisyysalueen ja CHELSA-mallin, [2] Météo Francen (AURELHY- ja SAFRAN-mallit), AgroParisTechin (DIGITALIS-malli) ja IGN:n (DTM - digitaalinen maastomalli) tietojen perusteella. Tietyille muuttujille skaalaamalla saadut resoluutiot ovat erittäin tarkkoja (25 metristä 75 metriin) ja niillä pyritään luotettavan asiantuntemuksen parhaaseen tarkkuuteen koealatasolla.

Tulevaisuuden ilmastoskenaariot ilmaistaan nousseina lämpötila-asteina suhteessa vuosien 1981–2010 ilmastonormaaliiin ja parametrisoidaan MétéoFrancen DRIAS-mallin trendien mukaisesti. Esimerkiksi metsätammen tapauksessa ilmastollinen poikkileikkaus määritellään ilmastollisen vesitaseen suhteen (suotuisimmasta epäsuotuisimpaan) ja tämän sisällä koemittausalat valitaan satunnaisesti maastossa. Toisessa vaiheessa kerätään erilaisia tietoja koealoista (maaperä, hydromorfiset ominaisuudet, käytävissä olevat varastot, pH, puuhun liittyvät ominaisuudet, ikä, terveys jne.). Yksityiskohtaista tilastollista menetelmää käytetään kuolemisen selittävien tekijöiden tunnistamiseen ja painottamiseen sekä niiden yhteisvaikutusten mittaamiseen. Mallin tuloksena laaditaan yhtälö metsätuhojen kohtaamisen todennäköisyyden arvioimiseen. Tämän menetelmän mukainen kuolemismalli tuotetaan vähintään sadasta kenttäkoealasta. Malli kuvaa havaittua lajille tyypillistä kontekstisidonnaista ilmiötä, mukaan lukien aikasidonnaisuus.

Kuvai 1. BioClimSol-kuolleisuusindeksi (IBS)



[1] Katso: <https://www.cnpf.fr/nos-actions-nos-outils/outils-et-techniques/bioclimsol> (viimeksi käytetty: 06.12.2024)

[2] CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas). Katso: [222](https://www.cgd.cornell.edu/data/tg/ghcn/ghcn_ts/ghcn_ts_ghcn_ts_ghcn_ts.html) (viimeksi käytetty: 06.12.2024)

Vuodesta 2019 lähtien yhteensä 36 tutkimusta, joihin sisältyi samalla protokollalla mitatut lähes 5000 mittausalaa ja 100000 puuta, on käytetty vaarataso kalibroinnissa.

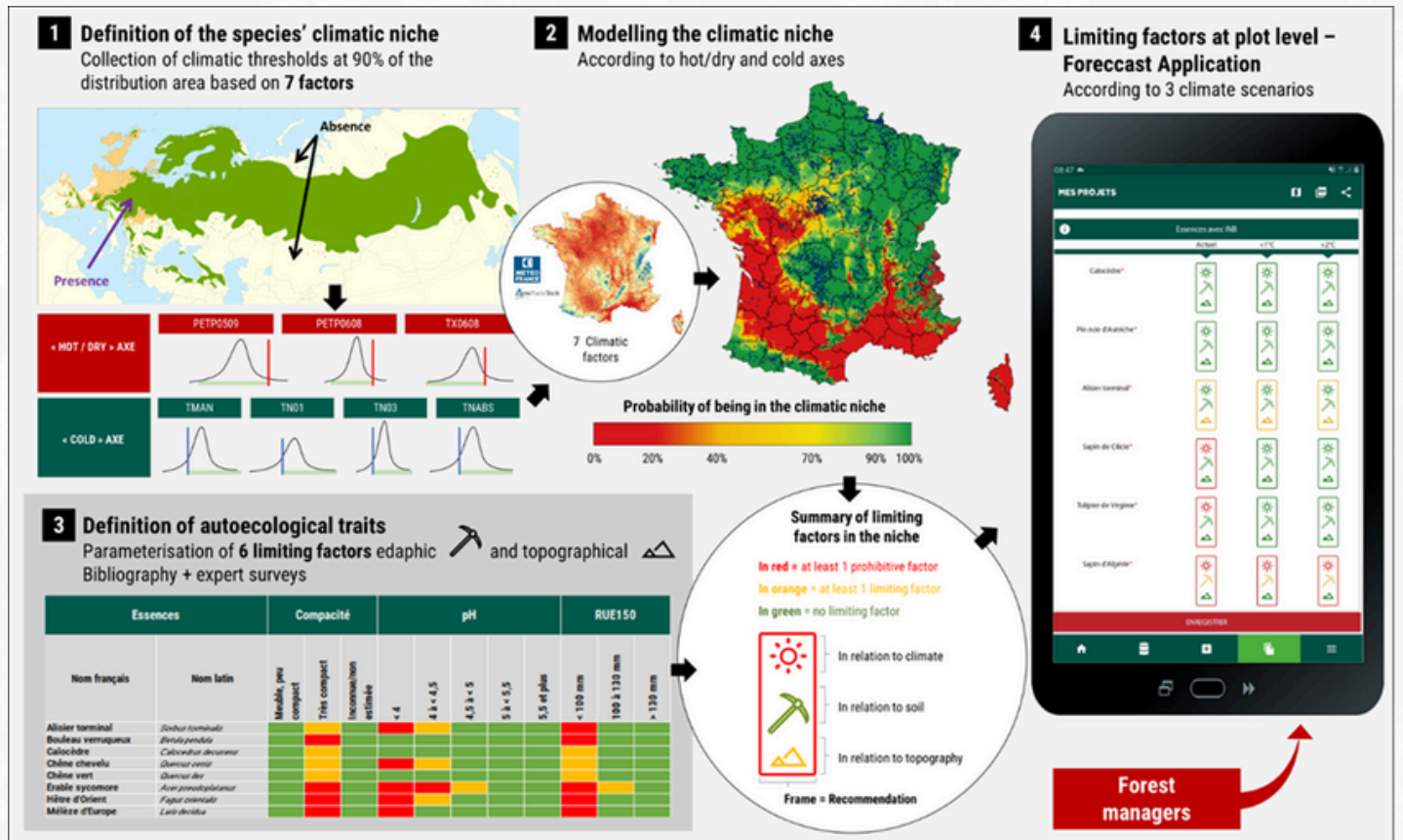
Aineistonkeruuprotokolla on standardoitu, esimerkiksi metsätammen osalta vuonna 2019 mallin määrittämiseen käytettiin 310 koealaa ja tehtiin kolme tutkimusta, joissa mitattiin yli 100 kriteeriä ja tehtiin tilastollinen analyysi 5%:n riskitasolla (katso Lemaire et al., 2022 metsämännyn osalta). Vaaratasoja on kolme:

- Kohtalainen vaarataso (1–3 kymmenestä) ja pieni kuoleman riski (25 %:n mahdollisuus kuolla aiempien kynnysarvojen mukaisesti);
- Korkea vaarataso (4–7 kymmenestä), 25–60 %:n riskillä;
- Maksimaalinen vaarataso (7–10), 60–90 %:n riskillä.

Malli toimii vakioilmastossa ja ilmastossa, jossa keskilämpötila nousee 1–2 astetta. Malli voisi toimia myös 3–4 asteen ja korkeammassa lämpötilan nousuissa.

BioClimSol-metodologia

BioClimSoliin lisättiin puulajien lokeroindeksi (INB) vaihtoehtoisten lajien tunnistamiseksi metsitystarkoituksia varten. Puulajien lokeroindeksin ennusteet perustuvat kolmeen tietolähteeseen: ilmastolliseen, topografiseen ja maaperään. Kynnysarvot seitsemälle ilmastoon liittyvälle parametrille tulevat globaalista CHELSA-ilmastomallista (mukaan otettujen lajien vaihteluvälin 90 %:n kvantiili). Tämän jälkeen nämä kynnysarvot projisoidaan Ranskan ilmastogradientteihin nykyisissä ja tulevaisuissa ilmastoskenaarioissa. Tulos esitetään piktogrammina kolmen todennäköisyysluokan mukaan (<30 %, 30–70 %, >70 %). Topografiaan ja maaperään liittyvät rajoittavat tekijät ilmaistaan myös piktogrammeina, jotka perustuvat lajien ekologisia vaatimuksia kuvaavaan (kategoriseen) matriisiin, jonka parametrit on määritetty kirjallisuuden ja asiantuntijakyselyiden perusteella. Vuoden 2024 lopulla BioClimSolissa on saatavilla puulajien lokeroindeksi (INB) 34 lajille. Vuosina 2025–2026 lisätään 20 uutta puulajien lokeroindeksiä.



Kuva 2: BioClimSol -puulajien lokeroindeksi (INB)

Vuodesta 2019 lähtien yhteensä 36 tutkimusta, joihin sisältyi samalla protokollalla mitatut lähes 5000 mittausalaa ja 100000 puuta, on käytetty vaarataso kalibroinnissa.

Aineistonkeruuprotokolla on standardoitu, esimerkiksi metsätammen osalta vuonna 2019 mallin määrittämiseen käytettiin 310 koealaa ja tehtiin kolme tutkimusta, joissa mitattiin yli 100 kriteeriä ja tehtiin tilastollinen analyysi 5%:n riskitasolla (katso Lemaire et al., 2022 metsämännyn osalta). Vaaratasoja on kolme:

- Kohtalainen vaarataso (1–3 kymmenestä) ja pieni kuoleman riski (25 %:n mahdollisuus kuolla aiempien kynnyksarvojen mukaisesti);
- Korkea vaarataso (4–7 kymmenestä), 25–60 %:n riskillä;
- Maksimaalinen vaarataso (7–10), 60–90 %:n riskillä.

Malli toimii vakioilmastossa ja ilmastossa, jossa keskilämpötila nousee 1–2 astetta. Malli voisi toimia myös 3–4 asteen ja korkeammassa lämpötilan nousuissa.

BioClimSol-karttoja on saatavana erityisiin käyttötarkoituksiin (metsäpolitiikka, tutkimustyö jne.), ja niitä koskevat tiukat sopimusehdot (sopimus, käyttäjän peruskirja jne.). Lisäksi niihin on järjestelmällisesti liitetty tulkinta-avaimet, joissa kuvataan yksityiskohtaisesti tietolähteet, lukutavat sekä tulkinta- ja käyttörajoitukset.

BioClimSol-mobiilisovellus on saatavilla Androidille. Se tarkoituksena on toimina maastossa olevan käyttäjän tiedonkeruuliittymänä, jonka avulla käyttäjät voivat:

- tallentaa yleisiä määrittystietoja (sijainti, projektin nimi);
- luonnehtia paikan ympäristöä (topografia, paikalliset olosuhteet);
- rekisteröidä metsikön ominaisuudet (määritetyt lajit, puustoon liittyvät

ominaisuudet);

- kuvailla maaperän (käytettävissä olevat vesivarat, pH, hydromorfologia);
- osoittaa terveyteen liittyvien ongelmien esiintymisen (merkittävimpien ongelmien yleisyys ja voimakkuus);
- merkitä metsikön kuolleisuustason (ARCHI- ja/tai DEPERIS-protokollat).

Työkalun sisältämän tiedon hyödyntämiseen on käytettävissä kolme moduulia: koealan ilmastotietojen visualisointi, metsikködiagnoosi ja uudistamisratkaisujen diagnoosi. Kuolleisuus- (IBS) ja puulajien lokero (INB) -mallit on sisällytetty mobiilisovellukseen algoritmien muodossa. Laskelmien jälkeen BioClimSol antaa tietoa eri puulajien riskiarviosta eri ilmastoskenaarioissa, joita kutsutaan myös vaaratasoiksi. Näitä laskettuja riskiarvioita puulajien kuolemista ja lokeroista vaihtoehtoisille puulajeille voidaan sitten käyttää hoitosuosituksen laatimiseen. Nämä suositukset ovat yleisiä metsänhoito-ohjeita ilmastonmuutokseen sopeutuvaa metsänhoitoa varten, ja niitä voidaan mukauttaa paikalliseen tilanteeseen perusteellisemmän teknisen pohdinnan avulla. Kun vaarataso on asetettu, on tärkeää määritellä selkeästi riskiarvioon liittyvät tekijät, erityisesti tarkastelemalla muuttujia, joilla on suurin vaikutus tutkittavan lajin taantumiseen. Kun määrittäykset on tallennettu sovellukseen, kaikki tallennetut kentätiedot (mukaan lukien diagnosoitujen metsiköiden kuolleisuustaso sekä pysyvät ja metsänhoitoon liittyvät muuttujat) tallennetaan työkalun¹² palvelimille ja päivitetään säännöllisesti jatkuvalla tutkimus- ja kehitystyöllä (T&K). BioClimSol-mobiilisovellus tukee siis jatkuvaa oppimista ja mallin suorituskyvyn parantamista.

Lähteet

Brandl, S.; T. Mette, M. Aubry, B. Bußmann, J. Gaiger, M. Schaller, M. Stapff, S. Taeger, E. Ulrich (2023) Ein Reisebericht aus der Klimazukunft. LWF Aktuell 4 | 2023, s. 4-7.

<https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/umweltmonitoring/333212/index.php>

CNPF-IDF. (2021). Dossier: "Chiffres clés de la forêt privée" (coordonné par J. Thomas et N. Maréchal). Forêt entreprise, (256), s. 18-52.

<https://librairie.cnpf.fr/produit/106/9782385580261/foret-entreprise-n-256>

Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN). (2024). Inventaire forestier :

le memento, édition 2024. https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento_2024.pdf

Mette, T.; S. Brandl, C. Kölling (2021) Climate analogues for temperate European forests to raise silvicultural evidence using twin regions. Sustainability 13(12).

<https://doi.org/10.3390/su13126522>

Lemaire, J.; M. Vennetier, B. Prévosto, M. Cailleret (2022) Interactive Effects of Abiotic Factors and Biotic Agents on Scots Pine Dieback: A Multivariate Modeling Approach in Southeast France. Forest Ecology and Management 526:120543.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120543>

Further information


Translation: Tanja Kähkönen, European Forest Institute (EFI),
Yliopistokatu 6 B, 80100 Joensuu, Finland,
Email: tanja.kahkonen@efi.int
[Further information on BioClimSol](#)

Contacts

Kathrin Böhling, kathrin.boehling@lwf.bayern.de, LWF
Benjamin Chapelet, CNPF, benjamin.chapelet@cnpf.fr
Bilal Snoussi, CNPF, bilal.snoussi@cnpf.fr
Benjamin Cano, CNPF, benjamin.cano@cnpf.fr




FOREST4EU partners:



 Funded by the European Union (Grant n. 101086216). Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or REA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.





 FOREST4EU Project
 FOREST4EU Project
 info@forest4eu.eu

