

BioClimSol: Sistem za podporo pri odločanju z vključujočimi prihodnjimi podnebnimi in talnimi razmerami.

Avtorji:

Kathrin Böhling, Bavarian State Institute of Forestry (LWF)

Benjamin Chapelet, National Center for Private Forest Ownership (CNPFF-IDF)

Bilal Snoussi, National Center for Private Forest Ownership (CNPFF-IDF)

Benjamin Cano, National Center for Private Forest Ownership (CNPFF-IDF)

Povzetek

Sistemi za podporo pri odločanju obveščajo sodobno gospodarjenje z gozdovi v evropskih državah. S podnebnimi spremembami lahko se lahko za ukrepe izboljšanja odpornosti gozdov kot sta diverzifikacija drevesnih vrst in prilagodljive gozdarske prakse izkoristijo gospodarske prakse iz drugih držav. V članku je predstavljen pregled francoskega sistema za podporo pri odločanju BioClimSol za upravljalce gozdov. Orodje predvideva tveganje odmiranja za 13 drevesnih vrst. Sestoj odмира, ko ima v njem vsaj 20 % kodominantnih ali dominantnih dreves vsaj 50 % odmrlih vej ali vejic. Članek razloži metodologijo, kazalnike in uporabo sistema BioClimSol ter zagotavlja vpogled v gozdove in podnebne spremembe v Franciji z namenom lajšanja učenja strokovnjakov v drugih državah.

Uvod

Sistemi za podporo pri odločanju v evropskih državah informirajo sodobno gospodarjenje z gozdovi. Pripomorejo lahko pri uravnoteženju ekoloških, ekonomskih in socialnih ciljev med spopadanjem z izzivi kot so podnebne spremembe, izguba biotske raznovrstnosti in trajnostna raba gozdnih virov. Iskanje učinkovitih rešitev za prilagajanje gozdov podnebnim spremembam je ena glavnih tem gozdarske znanosti in prakse. Predvidevanje odzivanja gozdov na temperaturne spremembe, padavinske vzorce in ekstremne vremenske dogodke je postalo zahtevnejše. Prakse v drugih državah lahko pripomorejo k načrtovanju ukrepov za povečanje odpornosti gozdov, kot so diverzifikacija drevesnih vrst in prilagodljive gozdarske prakse. Raziskovalci na Bavarian

State Institute of Forestry (LWF) so izračunali podnebne analoge za evropske gozdove zmernege pasu v tako imenovanih »dvojnih območjih«, torej območjih kjer je trenutno podnebje primerljivo s pričakovanim podnebjem na območju zanimanja v prihodnosti (Mette in sod., 2021). Taka dvojna območja severne Bavarske so: na jugu Francije (dolina Rone), severu Italije in na Balkanskem polotoku.

Bavarski sistem za podporo pri odločanju za gospodarjenje z gozdovi (BayWis) zagotavlja izčrpne geografske in dejanske informacije za načrtovanje in analize, vključno s projekcijami rasti in ocenami tveganja za 21 drevesnih vrst. Namen članka je z dokazi iz Francije prispevati k nadaljnemu razvoju sistemov za podporo pri odločanju na Bavarskem ter drugod po svetu. Članek razloži sistem za podporo pri odločanju z vključujočim prihodnjim podnebjem in stanjem tal BioClimSol, pri čemer obravnava njegovo metodologijo, kazalnike in uporabo. Za ponazoritev konteksta BioClimSol se članek začne s poglavjem o gozdovih in podnebnih spremembah v Franciji.

Gozdovi in podnebne spremembe v Franciji

Gozdovi v celinski Franciji in na Korziki prekrivajo 17,5 milijonov hektarov (ha), kar predstavlja 32 % površine. Več kot dve stoletji se je površina gozdov povečevala. Leta 1908 je gozd prekrival skoraj 10 milijonov ha površine. Od leta 1985 naprej se je lesna zaloga povečala z 1,8 na 2,8 milijarde kubičnih metrov. Danes listavci predstavljajo 65 % in iglavci 35 % lesne zaloge. Največji delež listavcev (44 %) predstavljajo hrasti (graden, dob, puhasti hrast in črnika). Navadna smreka in bela jelka skupaj

40 % lesne zaloge iglavcev. V zadnjih letih se delež iglavcev zmanjšuje zaradi manjše biološke produkcije in povečane smrtnosti in sečnje (IGN, 2024).

Tri četrtine (13,1 milijonov ha) gozdov je v privatnem lastništvu (IGN, 2024), razdeljenih med več kot 3 milijone lastnikov. Med njimi je 2,2 milijona (67 %) takih, ki imajo v lasti manj kot 1 ha gozda. Skoraj 380 000 (11 %) lastnikov ima v lasti več kot 4 ha. Skupaj imajo ti v lasti 76 % zasebnih gozdov. 50 000 lastnikov ima v lasti več kot 25 ha gozdov (skupno 45 % zasebnih gozdov). Večino lesa se proda iz zasebnih gozdov. Zelo malo lastnikov ima v lasti več kot 100 ha gozdov. Približno 36 % privatnih gozdov ima dokument o trajnostnem gospodarjenju (CNPFF-IDF, 2021). Javni gozdovi predstavljajo četrtino vseh gozdov, ki vključujejo gozdove v lasti države (1,55 milijona ha) in ostale javne gozdove (v last) (IGN,

2024). Tako kot v svetovnem merilu je tudi v celinski Franciji s povprečnih temperatur od leta 1900 dalje jasno razviden trend segrevanja. Hitrost segrevanja je bila različna, od leta 1980 dalje pa se je izrazito povečala. V letu 2019, tretjem najtoplejšem letu od začetka dvajsetega stoletja dalje, je bila povprečna letna temperatura s 13,7 °C za 1,8 °C nad povprečjem med leti 1961 in 1990. Najtoplejše je bilo leto 2018 z 2,1 °C, drugo pa 2014 z 1,9 °C nad povprečjem (MTECT-SDES, 2021). Povišane temperaturo so podaljšale rastno sezono za več dni v zadnjem desetletju z zgodnejšim brstenjem in kasnejšim odpadanjem listja. To je povečalo produkcijo v gozdovih zmernega pasu. S tem se povečuje tudi potreba po vodi in posledično sušni stres na južnih delih arealov vrst. Dolgoročno lahko mile zime vplivajo na dormanco semen. Spremenijo se lahko tudi medvrstna kompeticija in cikli patogenih gliv in

Table 1: Share of main tree species in France, © IGN 2024

Species	Area (in thousands of ha) where the species can be found		
	Where the species can be found Presence of at least one recordable tree of the species on the plot	Where the species is dominant Recordable trees of the species with the highest relative canopy cover of the plot	Where the species is pure Recordable trees of the species form more than 75% of the plot's relative free canopy of the plot
Pedunculate oak	5.652 ± 94	2.210 ± 67	734 ± 41
Sessile oak	4.151 ± 81	1.843 ± 58	777 ± 39
Pubescent oak	3.254 ± 85	1 413 ± 62	1.413 ± 62
Beech	6.050 ± 92	1.500 ± 59	592 ± 39
Chestnut	3.440 ± 84	686 ± 42	266 ± 27
Ash	5.560 ± 104	622 ± 41	137 ± 19
Hornbeam	4.666 ± 78	622 ± 36	71 ± 13
Holm oak	1.884 ± 66	801 ± 51	456 ± 41
Maritime pine	1.540 ± 54	1.027 ± 44	786 ± 40
Scots pine	2.438 ± 76	893 ± 49	481 ± 38
Silver fir	2.501 ± 69	563 ± 36	237 ± 24
Norway spruce	1.846 ± 60	494 ± 34	241 ± 24
Douglas fir	1.157 ± 49	443 ± 32	296 ± 26

škodljivih žuželk, kar bo imelo posledice na ranljivost vrst ter sestavo in delovanje gozdnih ekosistemov.

Sistem za podporo pri odločanju za upravljanje z drevesnimi vrstami ob podnebnih spremembah

Višanje temperature zmanjšuje predvidljivost obstoječih modelov rasti gozdov. Dejavniki, ki vplivajo na upadanje ali napredovanje drevesnih vrst, vključno z ravnmi CO₂, konkurenco, parazitizmom in pogostejšimi katastrofalnimi dogodki niso zadostno obravnavani. Odmiranje in mortaliteta kažeta na velik vpliv podnebnih anomalij. V zadnjem desetletju sta se povečali za 50 %. To posebej velja za rdeči bor, ki se mu je zdravje populacij v južnih Alpah in osrednji Franciji močno poslabšalo. Splošni trend je jasen. Višanje temperatur omogoča drevesnim vrstam naselitev severneje v notranjosti celine ali pa na višjih nadmorskih višinah. Tako se na primer črnika, trenutno omejena na Mediteran in ozek pas ob Atlantiku, zaradi dovolj milega podnebja razširja v regijo Nova Akvitanija in druge na zahodu Francije, medtem ko se njena prisotnost na južnih, nižje ležečih območjih zaradi pomanjkanja vode manjša.

Francoski Nacionalni center za privatne lastnike gozdov (Centre national de la propriété forestière) (CNPF) je razvil orodje BioClimSol ki gozdarjem pomaga pri sprejemanju pravih odločitev pri prilagajanju gozdov podnebnim spremembam. Orodje omogoča oceno tveganja odmiranja za 13 drevesnih vrst. Sestoj odмира, ko ima v njem vsaj 20 % kodominantnih ali dominantnih dreves vsaj 50 % odmrlih vej ali vejic. Stopnja vigilance (BioClimSol kazalnik – IBS) za različne drevesne vrste se izračuna na podlagi:

- organskih dejavnikov za obravnavo živih bitij, v tem primeru vrste ali sestoja (Bio),
- trenutnih podnebnih razmer na območju in prihodnjih razmer po različnih scenarijih (Clim),
- stanje tal na območju (Sol), ki lahko nadomesti ali pospeši učinke stresa (podnebni, biotski, topografski, gozdarski dejavniki).

Drevesne vrste, vključene v BioClimSol so: dob, graden, puhasti hrast, črnika, hrast plutovec, pravi kostanj na ravninah oceanskega podnebja, pravi kostanj na območjih celinskega podnebja in bukev, duglazija, bela jelka, navadna smreka, rdeči bor, atlaška cedra ter veliki jesen na območjih gorskega podnebja. Predvidena je vključitev dodatnih vrst.

BioClimSol je CNPF začela razvijati leta 2010. Orodje je nastalo v okviru projekta »Atlantic oak groves«, ki sta ga skupaj izvedla Regionalni center za privatne lastnike gozdov (Centres régionaux de la propriété forestière) (CRPF) na atlantski obali in Inštitut za razvoj gozdarstva (Institute for Forestry Development) (IDF). V letu 2008 so se v CRPF srečevali z vse večjim številom zahtevkov za sanitarni posek v hrastovih nasadih (predvsem doba), zlasti v regijah Poitou-Charentes in Loire. Študije so pokazale vpliv ponavljajočih se let velikega pomanjkanja vode na zmanjšano vitalnost hrastovih sestojev, posebno doba. Obstoječe karte za napovedovanje odmiranja drevesnih vrst so imele resne omejitve. Inovacija orodja BioClimSol je bila izdelava zemljevidov podnebnih tveganj za izbrane drevesne vrste. Orodje je podprto s terenskim znanjem strokovnjakov, ki ostaja osrednjega pomena za izdelavo natančnih ocen tveganj odmiranja izbranih drevesnih vrst.

BioClimSoil je bil izdelan v sodelovanju znanstvenih partnerjev in raziskovalnih organizacij: Département Santé des Forêts (Oddelek za varstvo gozdov), Météo France, INRAE, AgroParisTech and IGN. Operativna skupina SPNA – Precision sylviculture in Nouvelle-Aquitaine – je bila študija primera za testiranje uporabe orodja s pomočjo usposabljanja, ki je bilo posebej organizirano v sestojih kostanja.[1] Povratne informacije in pripombe uporabnikov so pomagale izboljšati aplikacijo.

Metodologija BioClimSol

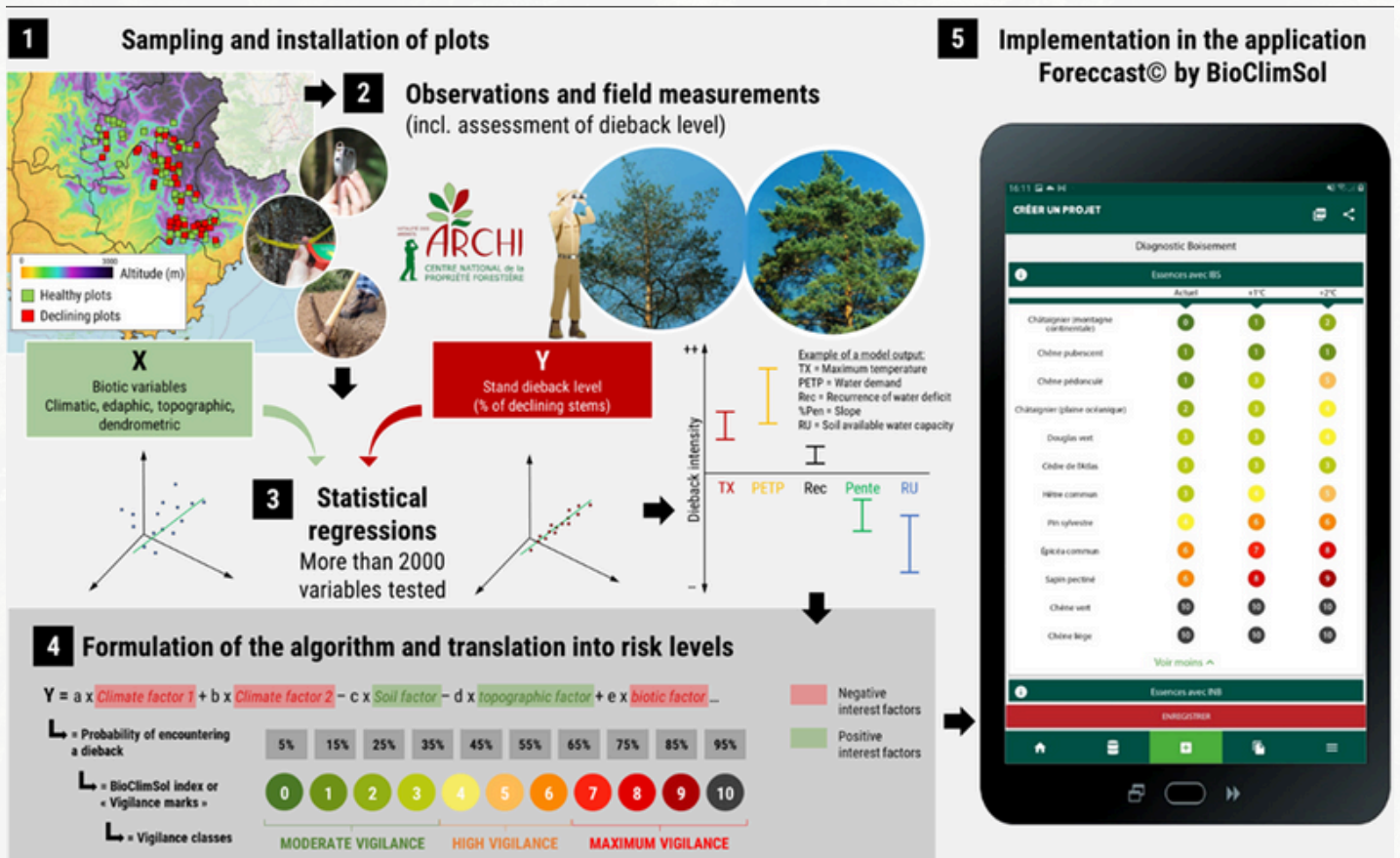
Prvi korak je opredelitev podnebnih omejitev vrste na podlagi njenega območja razširjenosti in podatkov iz modela CHELSA,[2] Météo France (AURELHY, SAFRAN), AgroParisTech (DIGITALIS) in IGN (DMR – digitalni model reliefa). Podatki, za nekatere spremenljivke pridobljeni z zmanjšanjem obsega, so dobre ločljivosti (od 25 m do 75 m) in zagotavljajo zadostno natančnosti za zanesljivo ekspertizo na ravni ploskve. Podnebni scenariji za prihodnost so izraženi v °C povečanja temperature glede na normalno podnebje za obdobje med leti 1981 in 2010 in parametrizirani v skladu s trendi modela DRIAS, MétéoFrance. V primeru doba je glede na podnebno vodno bilanco opredeljen podnebni transekt (od najugodnejšega do najneugodnejšega). Znotraj tega transekta so na terenu naključno izbrane merilne ploskve.

V drugem koraku se zberejo različni podatki o parcelah (tla, hidromorfne značilnosti, uporabne zaloge, pH, dendrometrične značilnosti, starost, zdravstveno stanje itd.). Uporabi se podrobna statistična metoda za opredelitev in dodelitev

uteži pojasnjevalnim dejavnikom odmiranja ter merjenje njihovih medsebojnih učinkov. Rezultat modela je oblikovanje enačbe za oceno verjetnosti pojava propadanja. Skladno s to metodo se izdelava model odmiranja na podlagi najmanj sto terenskih ploskev. Model opisuje opazovan pojav, specifičen vrsti in preučevanem kontekstu (vključno s časom).

Od leta 2019 je bilo za kalibracijo stopnje vigilance uporabljenih 36 študij, ki so vključevale skoraj 5.000 merilnih ploskev in 100.000 dreves, izmerjenih po istem protokolu. Protokol zbiranja podatkov je standardiziran. Za dobo je bilo na primer leta 2019 za določitev modela uporabljenih 310 ploskev. Izvedene so bile tri študije z meritvami več kot 100 parametrov, statistična analiza pa je bila 5 % (glej Lemaire et al., 2022 for Scots pine). Na voljo so tri stopnje tveganja:

Slika 1: BioClimSol kazalnik odmiranja (IBS).



[1] Glej: <https://www.cnpf.fr/nos-actions-nos-outils/outils-et-techniques/bioclimsol> (last accessed: 06.12.2024)

[2] CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas). See: <https://chelsa-climate.org/> (last accessed: 06.12.2024)

- zmerno tveganje (od 1 do 3 na lestvici do 10) z nizkim tveganjem za odmiranje (25 % verjetnost pojava odmiranja glede na prejšnje mejne vrednosti),
- visoko tveganje (od 4 do 7 na lestvici do 10) s 25 do 60 % tveganjem,
- maksimalno tveganje (od 7 do 10 na lestvici do 10) s 60 do 90 % tveganjem.

Model deluje pri konstantnem podnebnju in podnebnju z dvigom povprečne temperature za +1 °C in +2 °C. Deluje lahko tudi pri dvigu temperature +3 °C, +4 °C in več.

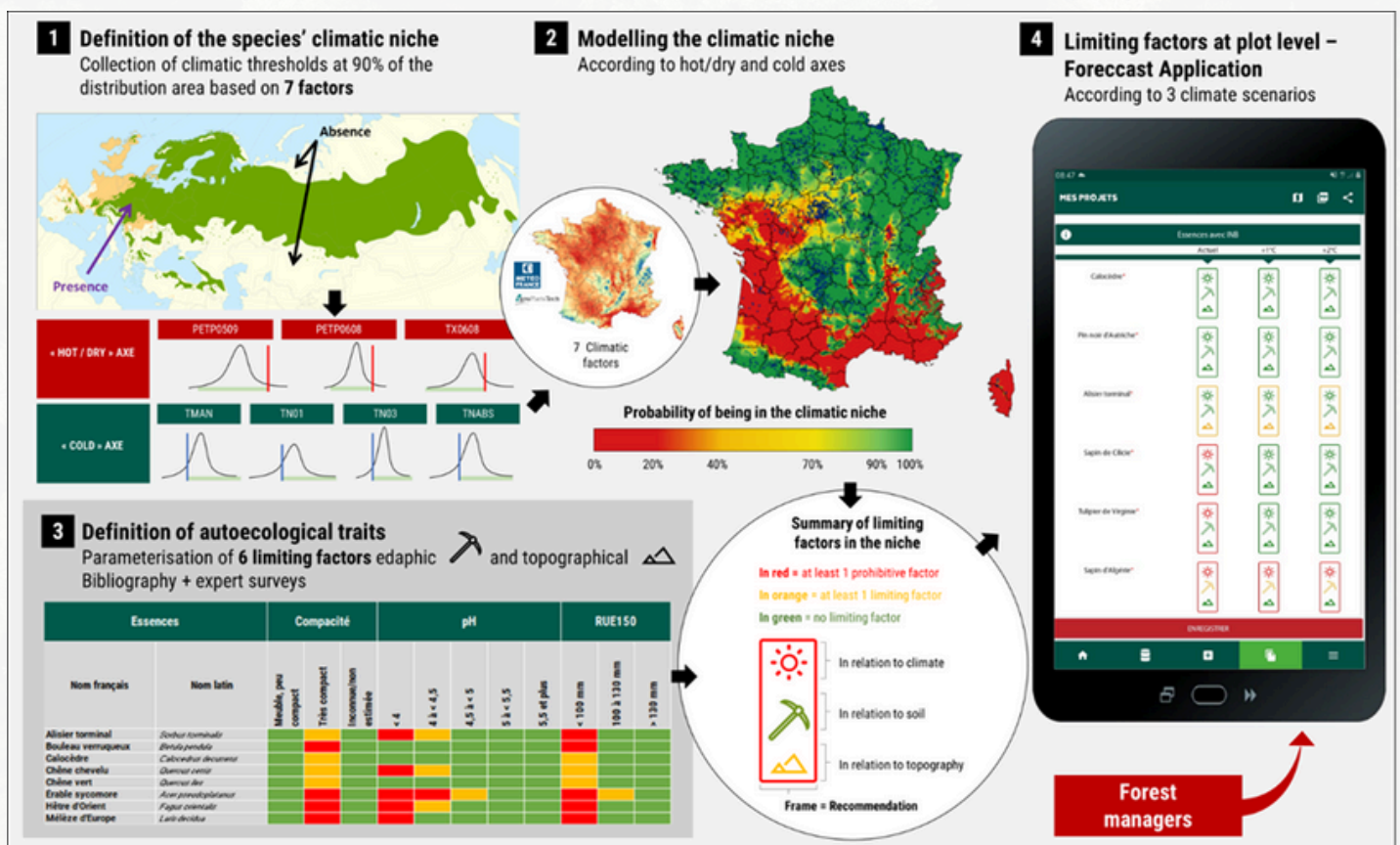
Modeliranje niš za alternativne drevesne vrste

V okviru modela BioClimSol je bil za iskanje alternativnih vrst za namene pogozdovanja dodan indeks niše (INB). Projekcije indeksa niše za drevesne vrste temeljijo na treh podatkovnih virih: klimatskih, topografskih in edafskih.

Mejne vrednosti sedmih klimatskih parametrov so pridobljene z globalnega klimatskega modela CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas) (90 % kvantil območja vključenih vrst). Te mejne vrednosti so nato projicirane na klimatske diagrame Francije (trenutne in prihodnje podnebne scenarije). Rezultat je prikazan v obliki piktograma glede na tri verjetnostne razrede (< 30 %, 30 – 70 %, > 70 %). Omejitveni dejavniki, povezani s topografijo in tlemi so izraženi s piktogrami, temelječimi na (kategorični) matriki ekoloških zahtev vrst, parametrizirani na podlagi bibliografije in strokovnih raziskav.

Konec leta 2024 so bili na voljo INB za 34 vrst. V obdobju od med leti 2025 do 2026 bo vključenih 20 novih.

Slika 2: Indeks niše (INB) BioClimSol.



Uporaba aplikacij BioClimSol

Karte BioClimSol so na voljo za specifično uporabo (gozdna politika, raziskovalna dejavnost itd.) in so predmet strogih pogodbenih pogojev (pogodba, uporabniška listina itd.). Dodatno jih sistematično spremljajo ključi za razlago, ki podrobno opisujejo vire podatkov in omejitve podatkov in uporabnosti modela.

Mobilna aplikacija BioClimSol je na voljo za operacijski sistem Android. Uporabniku na terenu predstavlja vmesnik za pridobivanje podatkov. Uporabniku omogoča:

- beleženje splošnih diagnostičnih informacij (lokacija, ime projekta),
- opis stanja lokacije (topografija, lokalni pogoji),
- beleženje značilnosti sestoja (ugotovljene vrste, dendrometrične lastnosti),
- opis tal (pH, hidromorfija),
- navedbo prisotnosti bolezní (pogostost in jakost glavnih težav),
- beleženje stopnje odmiranja dreves (protokola ARCHI in/ali DEPERIS).

Za posvetovanje z ekspertizo orodja so na voljo trije moduli: vizualizacija klimatskih podatkov na ploskvi, diagnostika sestoja in diagnostika obnovitvenih rešitev. Modela odmiranja (IBS) in niše (INB) sta v mobilno aplikacijo vgrajena v obliki algoritmov. Na koncu izračunov BioClimSol poda ekspertizo v obliki ocene tveganja za različne drevesne vrste v različnih klimatskih scenarijih, imenovanih tudi stopnja vigilance. Izračunane ocene tveganja za odmiranje drevesnih vrst in niše za alternativne drevesne vrste se lahko uporabi za pripravo priporočil za upravljanje. Priporočila so splošni nasveti za prilagodljivo gospodarjenje z gozdovi v okviru podnebnih sprememb, ki jih je s poglobljenim strokovnim razmislekom mogoče prilagoditi lokalnim razmeram. Ko je dosežena določena stopnja vigilance je nujno potrebno jasno določiti dejavnike, vključene v oceno tveganja, zlasti s pregledom parametrov z največjim vplivom na upadanje proučevanih vrst.

Ko se v aplikaciji zabeležijo diagnoze, se terenski podatki (vključno s stopnjo odmiranja diagnosticiranih sestojev ter vsemi zabeleženimi stacionarnimi in gozdnogojitvenimi spremenljivkami) shranijo na strežnike orodja. S tekočim raziskovalnim in razvojnim delom se redno posodablja. Mobilna aplikacija BioClimSol podpira neprekinjeno učenje in izboljševanje učinkovitosti modela.

Viri:

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), 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 mémento, 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>



12.12.2024

Further information

[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

