

Planificarea spațială a activităților de management a speciilor alogene din România

PN-III-P1-1.1-PD-2021-0378

Analiza metodologiei, colectarea datelor de distribuție a speciilor și crearea modelelor de distribuție a speciilor de plante alogene

Raport științific și tehnic

Etapa de execuție nr. 1 / 2022

Echipa de lucru:

Director proiect: ASC dr. Viorica Iuliana Miu

Mentor: Prof. Univ. dr. Laurențiu Rozyłowicz

2022

Cuprins

REZUMATUL ETAPEI	3
DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ.....	4
Activitatea 1.1 Evaluarea literaturii privind modelele de distribuție a speciilor (SDM) și a prioritizării spațiale a conservării (SPC) și analiza înregistrărilor prezente și a datelor de mediu	4
Review al metodologiei modelelor de distribuție a speciilor.....	4
Review al metodologiei prioritizării spațiale a conservării privind speciile invazive	6
Analiza înregistrărilor prezente și a datelor de mediu	7
Activitatea 1.2 Cartarea datelor de distribuție a speciilor	8
Realizarea bazei de date a distribuției speciilor de plante alogene	8
Activitatea 1.3 Crearea modelelor de distribuție a speciilor de plante alogene	13
Review al modelelor de distribuție spațială a speciilor de plante alogene.....	15
Rezultatele etapei	17
Diseminarea rezultatelor prin participarea la conferințe științifice.....	17
Diseminarea rezultatelor prin articole științifice.....	18
Observații în teren.....	18
Rezultate și livrabile asociate fiecărei activități.....	18
Referințe.....	19

REZUMATUL ETAPEI

Invaziile biologice reprezintă unul dintre factorii determinanți ai pierderii biodiversității. Statele UE sunt obligate să cartografieze distribuția speciilor alogene de pe teritoriul lor, să elaboreze și să implementeze planuri de acțiuni pentru căile de introducere, să implementeze un sistem de detectare timpurie și eradicare rapidă și să pună în aplicare măsuri de management. Cercetările asupra distribuției speciilor alogene și a căilor lor de introducere sunt esențiale pentru înțelegerea și abordarea procesului de invazie. În România, o abordare cuprinzătoare asupra speciilor de plante alogene lipsește. Prin acest proiect, ne propunem să contribuim la completarea acestui lacune și să oferim o vizualizare a modelelor naționale privind invaziile speciilor de plante, originile geografice și căile de introducere. Pentru a ajuta la implementarea politicilor de biodiversitate la scară națională, proiectul visează crearea unui cadru inovativ de stabilire a priorităților spațiale prin identificarea zonelor cu risc ridicat de invazivitate. Acesta se va realiza luând în considerare modelarea distribuției speciilor alogene în contextul schimbărilor climatice, sensibilitatea ecologică și socială a zonelor invadate și restricțiile impuse de costuri.

Pentru anul 2022, proiectul INVASI-PLANT a presupus o etapă ce s-a desfășurat pe parcursul a 9 luni (1 aprilie - 31 Decembrie), acoperind trei activități ce fac parte din două obiective ale proiectului, respectiv:

O1. Evaluarea modelelor spațiale ale invaziilor speciilor de plante alogene pe baza datelor limitate de prezență și a condițiilor de mediu

O2. Evaluarea și anticiparea focarele de invazie prin includerea scenariilor Grupului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) în modelele de distribuție a speciilor alogene

În cadrul acestei etape, diseminarea rezultatelor s-a realizat prin: redactarea unui articol științific (publicat în luna septembrie în revista NeoBiota), participarea cu lucrări la 3 conferințe științifice și crearea unei pagini web a proiectului.

Acest raport include o prezentare detaliată a principalelor rezultate obținute în cadrul fiecărei activități.

Obiectivele etapei 2021 au fost îndeplinite în proporție de 100%.

DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

Activitatea 1.1 Evaluarea literaturii privind modelele de distribuție a speciilor (SDM) și a prioritizării spațiale a conservării (SPC) și analiza înregistrărilor prezente și a datelor de mediu

Am investigat utilitatea modelelor de distribuție a speciilor și utilitatea metodelor de prioritarizare spațială disponibile pentru studiul nostru de caz. Potrivirea modelelor de distribuție a speciilor a fost investigată prin evaluarea diferiților algoritmi statistici și de învățare automată (de exemplu, MAXENT, BIOMOD2) pentru a determina dacă SDM poate fi aplicat în mod rezonabil la speciile de plante alogene. În plus, am investigat modul în care metodologiile SCP actuale pot fi aplicate pentru a identifica zonele cu un grad ridicat de invazivitate, luând în considerare importanța ecologică și socială a zonelor invadate, scenariile privind schimbările climatice și restricțiile de cost. Analiza s-a concentrat pe identificarea datelor necesare, a metodologiilor, modelelor statistice și a instrumentelor de luare a deciziilor (de exemplu, ZONATION, MARXAN) adecvate abordării noastre.

Review al metodologiei modelelor de distribuție a speciilor

O primă etapă în procesul de selecție a documentelor relevante privind metodologia modelele de distribuție a speciilor invazive a fost investigarea modelelor utilizate, a variabilelor, a modelelor climatice și a scenariilor de viitor. Au fost analizate 458 de articole științifice ce au realizat modelarea distribuției speciilor invazive.

În urma articolelor analizate, ne-am concentrat pe următoarele:

1. **Modelul statistic utilizat** generalized additive models (GAM), generalized linear model (GLM), multivariate adaptive regression splines, generalised boosting models (GBM), random forests (RF), artificial neural networks (ANN), Maxent, etc.
2. **Variabilele bioclimatice și de mediu utilizate:** Clima (temperatură minimă, maximă, medie, precipitații), Rețeaua de apă, Topografie, Altitudine, Utilizarea terenului/calitatea habitatului, Tip de sol, Grad de urbanizare, Factori antropici, Distanța până la drumuri, Tip de dispersie.
3. **Modelul climatic utilizat:** modele de circulație globală (GCM) extrase din Worldclim: BCC-CSM1-1, CCSM4, GFDL-ESM2G, GISS-E2-R, HadGEM2-AO, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, MIROC-ESM, MIROC5, MRI-CGCM3, NorESM1-M (<https://www.worldclim.org/>)
4. **Scenariul climatic utilizat conform IPCC** (The Intergovernmental Panel on Climate Change): Representative Concentration Pathways (RCP) family - RCP2.6 (blând - 'mild' scenario), RCP4.5 (intermediar - 'intermediate' scenario) și RCP8.5 (sever - 'severe' scenario) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).
5. **Specia pentru care s-a realizat modelul de distribuție:** *Ambrosia artemisiifolia*, *Egeria densa*, *Myriophyllum aquaticum* and *Ludwigia spp.*, *Heracleum mantegazzianum s.l.*, *Humulus scandens*, etc. (Mędrzycki et al., 2017; Smolik et al., 2010; Urziceanu et al., 2022).

Din cele 458 de articole științifice analizate, doar 25 de articole au vizat speciile alogene invazive și au folosit diverse modele statistice, variabile bioclimatice și de mediu și au inclus în

analiză și modelele climatice cu scenariile aferente (Figura 1). Analizele realizate au fost aplicate la nivel local, regional, național sau global. Din analiza cel 25 de articole științifice, cel mai utilizat model statistic a fost GLM (generalized linear modeling) cu 16 utilizări, urmat de MAXENT (maximum entropy) cu 15 utilizări. Cel mai puțin utilizat model statistic a fost SRE (surface range envelopes) cu numai 4 utilizări (Figura 2). Modelul GLM (generalized linear modeling) este o generalizare a regresiei liniare obișnuite care permite variabile de răspuns care au modele de distribuție cu erori, altele decât o distribuție normală, cum ar fi distribuția Gaussiană (McCullagh and Nelder, 1989). Modelul MAXENT (maximum entropy) folosește modelarea de nișă pentru a prezice distribuția unei specii din probabilitatea de a o găsi într-un loc, pe baza variabilelor de mediu și a locațiilor înregistrate (Smith et al., 2012).

Nr. Crt.	Articol	Metodologie	Model statistic	Variabile	Model climatic	Scenariu climatic (IPCC)	Specie
1	Smolik, M.G., Dullinger, S., Essl, F., Kleinbauer, I., Leitner, M., Petersel, J., Stadler, L.M., Vogl, G., 2010. Integrating species distribution models and interacting particle systems to predict the spread of an invasive alien plant. <i>J. Biogeogr.</i> 37, 411–422. https://doi.org/10.1111/j.1365-	SDM	GLM, GAM	Climate – temperature Mean, Climate – precipitation, River network, Topography, Land cover/habitat quality, Human			<i>Ambrosia artemisiifolia</i>
2	Gillard, M., Thiébaud, G., Deleu, C., Leroy, B., 2017. Present and future distribution of three aquatic plants taxa across the world: decrease in native and increase in invasive ranges. <i>Biol. Invasions</i> 19, 2159–2170. https://doi.org/10.1007/s10530-017-1428-y	SDM	GLM, GAM, MARS, CTA, FDA, ANN, GBM, RF, MAXENT	Bioclimatic variables	HADCM3, CGCM3, CCSM4	RCP 2.6, 4.5, 6.0 and 8.5	<i>Egeria densa</i> , <i>Myriophyllum aquaticum</i> and <i>Ludwigia</i> spp.
3	Mędrzycki P, Jarzyna I, Obidziński A, Tokarska-Guzik B, Sotek Z, Pabjanek P, et al. (2017) Simple yet effective: Historical proximity variables improve the species distribution models for invasive giant hogweed (<i>Heracleum mantegazzianum</i> s.l.) in Poland. <i>PLoS ONE</i> 12(9): e0184677.	SDM	ANN, CTA, FDA, GBM, MARS, RF, SRE	Administrative and socio-economic, climatic and meteorological, morphometric, land cover			<i>Heracleum mantegazzianum</i> s.l.
4	Dullinger, I., Wessely, J., Bossdorf, O., Dawson, W., Essl, F., Gatringer, A., Klöner, G., Kreft, H., Kuttner, M., Moser, D., Pergl, J., Pyšek, P., Thuiller, W., van Kleunen, M., Weigelt, P., Winter, M., Dullinger, S., 2017. Climate change will increase the naturalization risk from garden plants in Europe. <i>Glob. Ecol. Biogeogr.</i> 26, 43–53. https://doi.org/10.1111/gcb.12512	SDM	GLM, GAM, BRT, RF	(1) temperature seasonality, (2) the weighted sum of presences equalled the weighted sum of maximum temperature of the warmest month, (3) minimum pseudo-		IPCC5: RCP2.6 ('mild' scenario), RCP4.5 ('intermediate' ble future climatic conditions by	783 species vascular plant species not native to Europe
5	Urziceanu, M.M.; Cîșlariu, A.G.; Nagodă, E.; Nicolin, A.L.; Măntoiu, D.Ș.; Anastasiu, P. Assessing the Invasion Risk of <i>Humulus scandens</i> Using Ensemble Species Distribution Modeling and Habitat Connectivity Analysis. <i>Plants</i> 2022, 11, 857. https://doi.org/10.3390/plants11070857	SDM	MAXENT, CTA, MARS, RF	Soil texture, land use type, distance to roads and railways, Bio6, and distance to water courses			<i>Humulus scandens</i>
6	Domisch, S., Araújo, M.B., Bonada, N., Pauls, S.U., Jähnig, S.C., Haase, P., 2013. Modelling distribution in European stream macroinvertebrates under future climates. <i>Glob. Chang. Biol.</i> 19, 752–762. https://doi.org/10.1111/gcb.12107	SDM	GLM, GBM, GAM, CTA, SRE, FDA, ANN,	Mean annual air temperature (°C), sum of annual precipitation (mm) and precipitation seasonality	HCCPR HADCM3, CCCMA-CGCM2, CSIRO-MK2, NIES99	A2a and B2a scenarios from the 4th Assessment Report of the	1733 stream macroinvertebrate species

Figura 1 Exemplu baza de date metodologie SDM

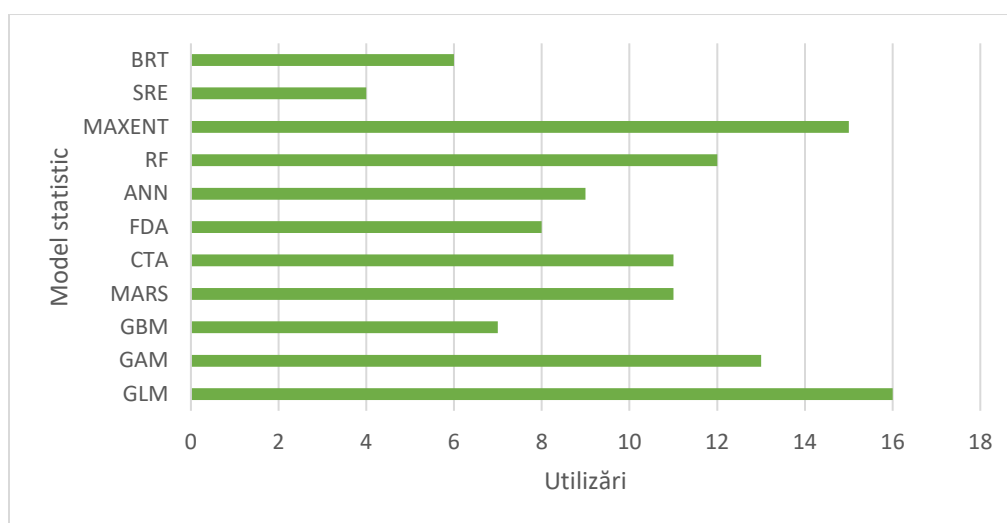


Figura 2 Utilizarea modelelor statistice din articolele analizate

Review al metodologiei prioritizării spațiale a conservării privind speciile invazive

În ceea ce privește procesul de selecție a documentelor relevante privind metodologia prioritizării spațiale a speciilor invazive a fost investigarea metodologiei și a softului utilizat pentru prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate, precum și a modelului statistic utilizat, a variabilelor bioclimatice și de mediu și a modelelor climatice și scenariilor. Au fost analizate 171 de articole științifice ce au realizat prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate după modelarea distribuției acestor specii.

În urma articolelor analizate, ne-am concentrat pe următoarele:

1. **Metodologia utilizată:** softul utilizat pentru prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate a fost ZONATION sau MARXAN
2. **Modelul statistic utilizat:** generalized additive models (GAM), generalized linear model (GLM), multivariate adaptive regression splines, generalised boosting models (GBM), random forests (RF), artificial neural networks (ANN), Maxent, etc.
3. **Variabilele bioclimatice și de mediu utilizate:** Clima (temperatură minimă, maximă, medie, precipitații), Rețeaua de apă, Topografie, Altitudine, Utilizarea terenului/calitatea habitatului, Tip de sol, Grad de urbanizare, Factori antropici, Distanța până la drumuri, Tip de dispersie.
4. **Modelul climatic utilizat:** modele de circulație globală (GCM) extrase din Worldclim: BCC-CSM1-1, CCSM4, GFDL-ESM2G, GISS-E2-R, HadGEM2-AO, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, MIROC-ESM, MIROC5, MRI-CGCM3, NorESM1-M (<https://www.worldclim.org/>)
5. **Scenariul climatic utilizat conform IPCC** (The Intergovernmental Panel on Climate Change): Representative Concentration Pathways (RCP) family - RCP2.6 (blând - 'mild' scenario), RCP4.5 (intermediar - 'intermediate' scenario) și RCP8.5 (sever - 'severe' scenario) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

Din cele 171 de articole științifice analizate, doar 7 articole au vizat speciile invazive și au folosit softuri pentru prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate împreună cu modelele de distribuție a acestor specii și a scenariilor climatice.

Softurile utilizate au fost ZONATION și MARXAN.

ZONATION este un sistem de suport decizional special construit pentru rezolvarea diverselor probleme în jurul conservării spațiale a alocării resurselor, și este capabil să analizeze date la scară largă și la o rezoluție mare. Poate acționa asupra speciilor, ecosistemelor (Lehtomäki et al., 2009), serviciile ecosistemice (Moilanen et al., 2011), sau asupra oricărei caracteristici a biodiversității, și poate fi aplicat peisajelor de până la zeci de milioane de elemente de date caracteristice biodiversității (celule grid).

MARXAN este un software care rulează un algoritm pe un set de date definite de utilizator și returnează o soluție sub forma unui tabel de parcele de teren. Marxan este capabil să analizeze seturi de date mari și complexe pentru a găsi soluții aproape optime, deoarece utilizează un algoritm euristic, care selectează proprietăți care să maximizeze progresul către obiectivele privind biodiversitatea minimizând în același timp achizițiile sau alte costuri controlate de către utilizator (Ball and Possingham, 2000).

Nr. Crt.	Articol	Metodologie	Priorizare spațială	Model statistic	Variabile	Model climatic	Scenariu climatic (IPCC)
1	Ramel, C., Rey, P.L., Fernandes, R., Vincent, C., Cardoso, A.R., Broennimann, O., Pellissier, L., Pradervand, J.N., Ursenbacher, S., Schmidt, B.R., Guisan, A., 2020. Integrating ecosystem services within spatial biodiversity conservation prioritization in the Alps. <i>Ecosyst. Serv.</i> 45, 101186. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101186	SDM	ZONATION	Maxent, RF, GLM	Temperature, Precipitation, Evapotranspiration, Topographic position, aspect, slope		
2	Vincent, C., Fernandes, R.F., Cardoso, A.R., Broennimann, O., Di Cola, V., D'Amen, M., Ursenbacher, S., Schmidt, B.R., Pradervand, J.N., Pellissier, L., Guisan, A., 2019. Climate and land-use changes reshuffle politically-weighted priority areas of mountain biodiversity. <i>Glob. Ecol. Conserv.</i> 17, e00589. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00589	SDM	ZONATION	GLM, RF; Maxent;	Topoclimatic variables including monthly maximum and minimum temperature and sum of precipitations, annual growing degree days, annual		A1 climate change scenario
3	Bazzichetto, M., Malavasi, M., Bartak, V., Acosta, A.T.R., Rocchini, D., Carranza, M.L., 2018. Plant invasion risk: A quest for invasive species distribution modelling in managing protected areas. <i>Ecol. Indic.</i> 95, 311–319. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.046	iSDM, Conservation planning		GAM	Propagule pressure, abiotic and biotic factors		
4	Graham, V., Baumgartner, J.B., Beaumont, L.J., Esperón-Rodríguez, M., Grech, A., 2019. Prioritizing the protection of climate refugia: designing a climate-ready protected area network. <i>J. Environ. Plan. Manag.</i> 62, 2588–2606. https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1573722	SDM, Spatial prioritization, conservation planning	MARXAN	Maxent	Standard bioclimatic variables (BIOCLIM)	(1) CSIRO-Mk3.0 (hereafter CSIRO); (2) ECHAM5 (hereafter ECHAM); (3) MIROC3.2	RCP 8.5 scenario
5	Januchowski-Hartley, S.R., Visconti, P., Pressey, R.L., 2011. A systematic approach for prioritizing multiple management actions for invasive species. <i>Biol. Invasions</i> 13, 1241–1253. https://doi.org/10.1007/s10530-011-9960-7	Systematic conservation planning	MARXAN	Maxent			
6	Maciá, V., Albano, P.G., Alpanidou, V., Claudet, J., Corrales, X., Essl, F., Evangelopoulos, A., Giovos, I., Jimenez, C., Kark, S., Marković, O., Mazaris, A.D., Ólafsdóttir, G.A., Panayotova, M., Petović, S., Rabitsch, W., Ramdani, M., Rilov, G., Tricarico, E., Vega, F., Fernández, T., Sini, M., Trygionis, V. and Katsanevakis, S. (2018) <i>Biological Invasions in</i>	Systematic conservation planning	MARXAN, ZONATION				
7	Glen, A.S., Pech, R.P., Byrom, A.E., 2013. Connectivity and invasive species management: Towards an integrated landscape approach. <i>Biol. Invasions</i> 15, 2127–2138. https://doi.org/10.1007/s10530-013-0439-6	Conservation planning					

Figura 3 Exemplu baza de date metodologie SPC

Analiza înregistrărilor prezente și a datelor de mediu

Investigarea metodologiei SDM și SPC a vizat și analiza variabilelor bioclimatice și de mediu utilizate pentru crearea modelelor de distribuție a speciilor alogene. În urma analizării articolelor științifice am identificat principalele variabile folosite. Cele mai utilizate variabile au fost cele bioclimatice, urmate de topografie și utilizarea terenurilor (Figura 4).

Pentru variabilele bioclimatice, 19 variabile bioclimatice ale perioadei de timp prezente și viitoare cu o rezoluție de 30 arc-second au fost extrase din baza de date WORLDCLIM (Hijmans et al., 2005), www.worldclim.org). Cele mai multe variabile bioclimatice reprezintă metrici bazați pe temperatura lunară și precipitații. Pentru a îmbunătăți modelele de distribuție a speciilor, am inclus și utilizarea terenurilor. Am folosit datele din CORINE Land-Cover 2000-2018 pentru a extrage proporția tipurilor de teren. Am extras și variabile de mediu suplimentare, cum ar fi topografia (altitudinea, panta) sau variabilele biotice (tip de habitat, interacțiunile dintre specii). În cele din urmă, toate variabilele au fost reeșantionate pentru a se potrivi cu rezoluția spațială a variabilelor climatice.

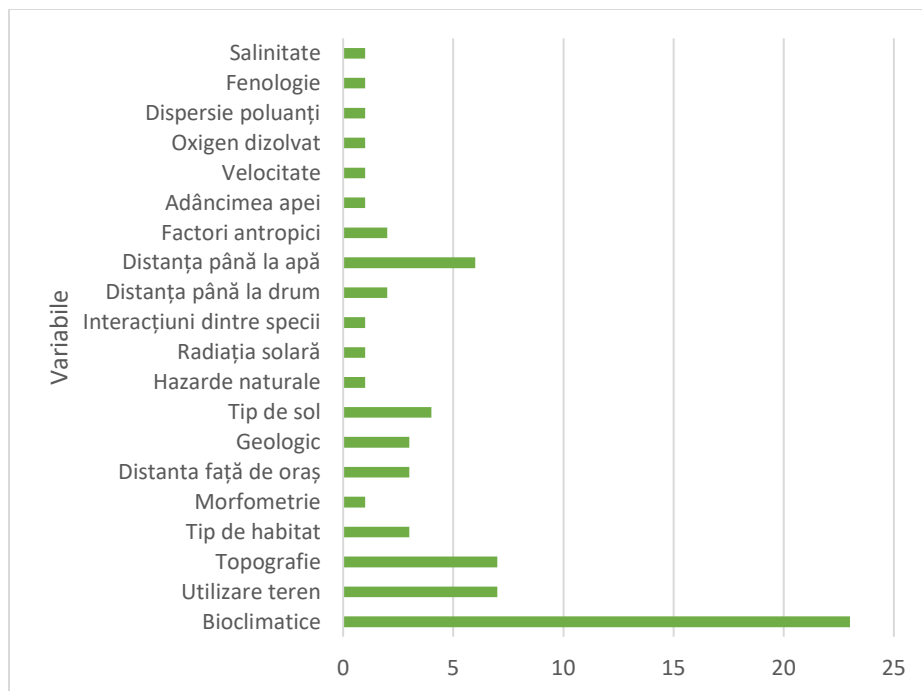


Figura 4 Tipuri de variabile bioclimatice și de mediu utilizate pentru crearea modelelor de distribuție a speciilor extrase din articolele științifice analizate

Activitatea 1.2 Cartarea datelor de distribuție a speciilor

Acuratețea spațială a datelor de distribuție a speciilor de plante alogene este foarte importantă pentru modelarea distribuției speciilor. Am revizuit baza de date existentă la nivel național cu privire la speciile de plante alogene din literatura științifică și din datele recente de teren și am compilat o bază de date pregătită pentru modelarea distribuției speciilor de plante alogene. Înregistrărilor speciilor de plante alogene au fost curățate de erori taxonomice și erori de localizare.

În plus, în Etapa 2 din anul 2023, baza de date existentă, va fi actualizată incluzând date suplimentare de prezență a speciilor de plante alogene, cum ar fi rapoarte tehnice și interne de la agențiile naționale de mediu sau alte documente și date disponibile public, cum ar fi Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Datele GBIF vor fi folosite pentru a modela distribuția speciilor în aria lor nativă. A fost realizată și selecția variabilelor de mediu prin consultarea și extragerea acestora din baze de date internaționale și baze de date naționale și îndeplinirea cerințelor nișei speciei.

Realizarea bazei de date a distribuției speciilor de plante alogene

Am compilat baza de date cu specii de plante invazive și potențial invazive din România, efectuând o analiză extinsă a literaturii din perioada 1778-2018. Am identificat aproape 800 de specii de plante alogene în România, dar am selectat doar un set de specii pentru studiul actual.

Am selectat doar speciile de plante considerate invazive (Pyšek et al., 2004; Richardson et al., 2000) și potențial invazive (Anastasiu and Negrean, 2009; Sirbu and Oprea, 2011a). Datele au fost extrase din 1174 documente publicate, adică 980 de articole, 150 de cărți, 29 de teze de doctorat, 6 rapoarte de cercetare, 6 conferințe și date din 3 ierbare. Pentru fiecare specie inclusă în baza noastră de date, am adăugat informații despre taxonomie, originea geografică și căile de introducere (Sirbu and Oprea, 2011b) (Tabel 1).

Tabel 1 Număr și tip documente ce au format baza de date pentru analize

Published documents	Number
Articles	980
Books	150
PhD Thesis	29
Research reports	6
Conferences proceedings	6
Herbarium data	3

Căile de introducere au fost standardizate pe baza principalelor categorii descrise în Convenția privind diversitatea biologică (CBD 2014): *release in nature, escape from confinement, transport-contaminant, transport-stowaway, corridor, and unaided*. Fiecare categorie principală include mai multe subcategorii. Categoriile utilizate în acest studiu sunt detaliate în Tabel 2. În cele din urmă, am folosit o *chord diagram* (Turbelin et al., 2017) pentru a vizualiza căile de introducere și originea geografică a speciilor de plante alogene incluse în baza de date.

Tabel 2 Lista abrevierilor utilizate pentru descrierea originii geografice a speciilor de plante alogene și căile lor de introducere

Acronym	Description of acronym
<i>Geographical origins</i>	
A+P	Asia + Pacific
E	Europe
M	Mediterranean
A N+C	America North + Central
A S	America South
T	Tropics
A	Americas (North + Central + South)
O	Other regions
<i>Pathways of introduction</i>	
RE eros	RELEASE IN NATURE: Erosion control/ dune stabilization (windbreaks, hedges, ...)
RE land	RELEASE IN NATURE: Landscape/flora/fauna “improvement” in the wild
RE_othr	RELEASE IN NATURE: Release in nature for use (other than above, e.g., fur, transport, medical use), or other intentional release
ES agri	ESCAPE FROM CONFINEMENT: Agriculture (including Biofuel feedstocks)
ES fore	ESCAPE FROM CONFINEMENT: Forestry (including afforestation or reforestation)
ES_hort	ESCAPE FROM CONFINEMENT: Horticulture, Ornamental purpose other than horticulture

ES_faci	ESCAPE FROM CONFINEMENT: Pet/aquarium/terrarium species (including live food for such species), Botanical Garden/zoo/aquaria (excluding domestic aquaria), Research and ex situ breeding (in facilities)
ES_othr	ESCAPE FROM CONFINEMENT: Other escape from confinement
TR_habi	TRANSPORT CONTAMINANT: Transportation of habitat material (soil, vegetation, ...)
TR_seed	TRANSPORT - CONTAMINANT: Seed contaminant
TR_mult	TRANSPORT - STOWAWAY: Vehicles (car, train, ...), Ship/boat ballast water or Other means of transport
UN_intr	UNAIDED: Interconnected waterways/basins/seas
UN_natu	UNAIDED: Natural dispersal across borders of invasive alien species that have been introduced through pathways 1 to 5

Înregistrările valide ale speciilor de plante alogene au fost agregate la o rezoluție spațială Universal Traverse Mercator (EPSG 9807) de 25 km² (UTM 5 × 5 km). Punctele de date georeferențiate au fost transferate în ArcGIS 10.3 (ESRI, Redlands CA) și inspectate vizual pentru erori. Modelele spațiale ale înregistrărilor speciilor de plante alogene au fost analizate utilizând autocorelarea spațială a înregistrărilor speciilor per celulă de grilă de 5 × 5 km la nivel național. Am folosit testul Global Moran I pentru a evalua modelul spațial general al înregistrărilor raportate din România (Fortin and Dale, 2005). Pentru a evalua modelele de eșantionare neuniformă, am folosit testul statistic Getis Ord Gi* (Ord and Getis, 1995). Bogăția speciilor de plante alogene a fost cartografiată la o rezoluție spațială de 50 × 50 km UTM. Agregarea bogăției speciilor la o rezoluție mai mare a redus potențiala părtinire în efortul de eșantionare și a permis o mai bună înțelegere și vizualizare a modelelor regionale (Graham and Hijmans, 2006).

În urma revizuirii literaturii, am identificat 102 specii de plante alogene pe care le-am inclus în categoriile invazive sau potențial invazive. Rata de acumulare a înregistrărilor aparițiilor speciilor de plante alogene arată o creștere lentă între anii 1778 și 1940, cu vârfuri în 1866 (29 de apariții) și 1898 (25 de apariții), urmată de o creștere constantă cu un maxim în 2009 (82 de apariții). În ceea ce privește noile specii de plante alogene descoperite în România, am observat un maxim de 9 specii noi de plante raportate în 1816, urmate de 7 specii noi de plante raportate în 1866. În 1950 este indicat un maxim de 4 noi specii invazive înregistrate pe an și o specie pe an în anii 2000.

Speciile de plante alogene documentate acoperă 41 de familii, cele mai multe specii aparținând familiilor Asteraceae (23%), urmate de familiile Amaranthaceae (12%), Poaceae (6%) și Fabaceae (5% din specii). Opt specii din baza noastră de date au avut peste 1000 de înregistrări de apariție fiecare (*Erigeron canadensis*, *Erigeron annuus subsp. annuus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus retroflexus*, *Xanthium orientale subsp. italicum*, *Robinia pseudoacacia*, *Galinsoga parviflora* și *Xanthium spinosum*), în timp ce opt specii au avut mai puțin de zece înregistrări de apariție (*Verbesina encelioides*, *Grindelia squarrosa*, *Ambrosia tenuifolia*, *Heracleum sosnowskyi*, *Heracleum mantegazzianum*, *Cabomba caroliniana*, *Myriophyllum aquaticum*, *Rhaponticum repens*). Cele mai multe înregistrări de apariție au fost înregistrate pentru specii aparținând familiei Asteraceae. În plus, opt dintre specii a căror prezență a fost înregistrată în România până în (și inclusiv) 2018, sunt enumerate ca specii exotice invazive de interes comunitar conform Regulamentului (UE) nr. 1143/2014 al Parlamentului European și al Consiliului (*Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Cabomba caroliniana*, *Elodea nuttallii*, *Heracleum sosnowskyi*, *Humulus japonicus*, *Impatiens glandulifera* și *Myriophyllum aquaticum*).

Versiunea actuală a bazei de date include 42776 înregistrări de apariție pentru 102 taxoni (Tabel 3).

Aproape jumătate (47%, adică 4764 celule grilă) din cele 9978 UTM celule de 5×5 km care acoperă teritoriul României includ apariții ale speciilor de plante alogene. Testul lui Global Moran I a evidențiat un model grupat în numărul de specii alogene ($Z = 30,50$, $p < 0,001$) și al apariției speciilor ($Z > 1,96$, $p < 0,05$) per celulă grilă UTM 5×5 , sugerând astfel o puternică pârținire în efortul de eșantionare la nivel național (Figura 5).

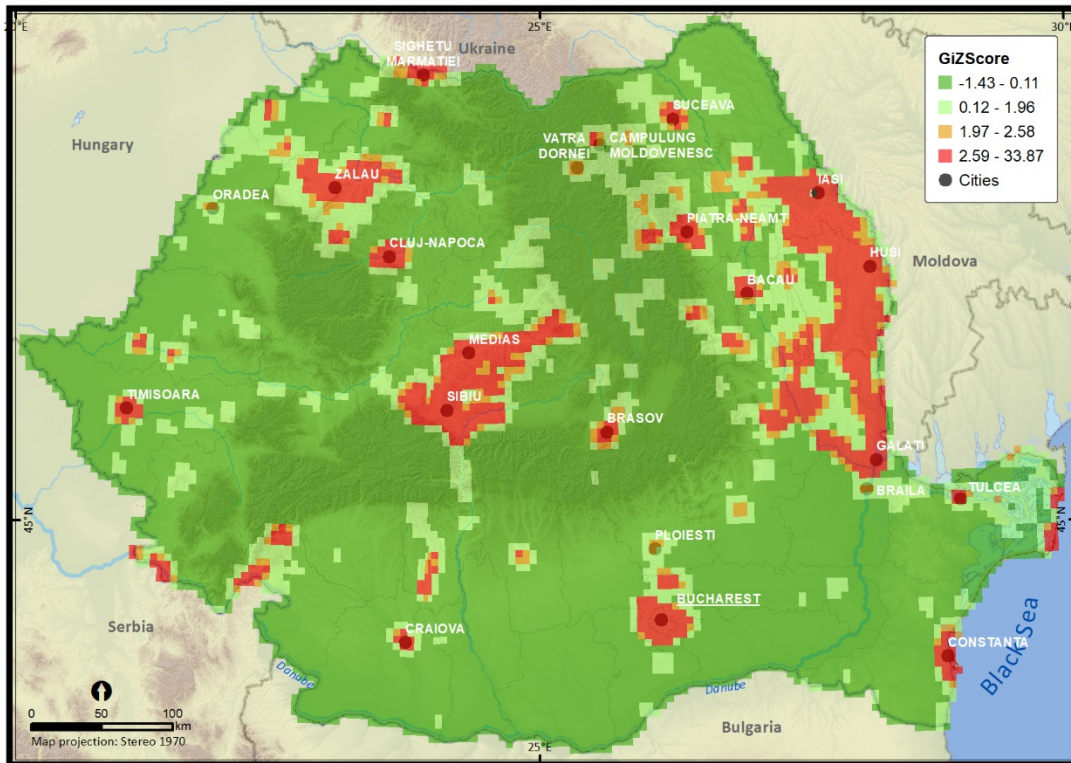


Figura 5 Hotspot specii de plante invazive și potențial invazive în România (cu roșu)

Rezultatele testului statistic Getis Ord G_i^* au dezvăluit trei puncte fierbinți ale speciilor alogene înregistrate. Am observat o grupare puternică de înregistrări în orașe și împrejurimi (de exemplu, Iași, Sibiu, București, Cluj-Napoca, Zalău, Constanța și Galați). Dintre aceste puncte fierbinți, cel mai mare efort de eșantionare a fost înregistrat în orașul Iași și zona înconjurătoare (media $Z = 24,17$), urmat de București (media $Z = 12,71$) și Sibiu (media $Z = 12,40$) (Figura 5). În plus, există câteva hotspot-uri mai mici în județul Salaj (în partea de nord-vest a României), în județele Vaslui și Galați (partea de est a României) și în jurul orașelor Cluj-Napoca (în partea de vest a României) și Constanța (sud-estul României). Bogăția de speciilor de plante alogene a variat de la 3 la 70 de specii per celulă de grilă (50×50 km). Același model poate fi observat pe hartă, bogăție mai mică de specii se găsește în partea de sud și vest a țării și bogăția mai mare în partea de est și centrul României (Figura 6).

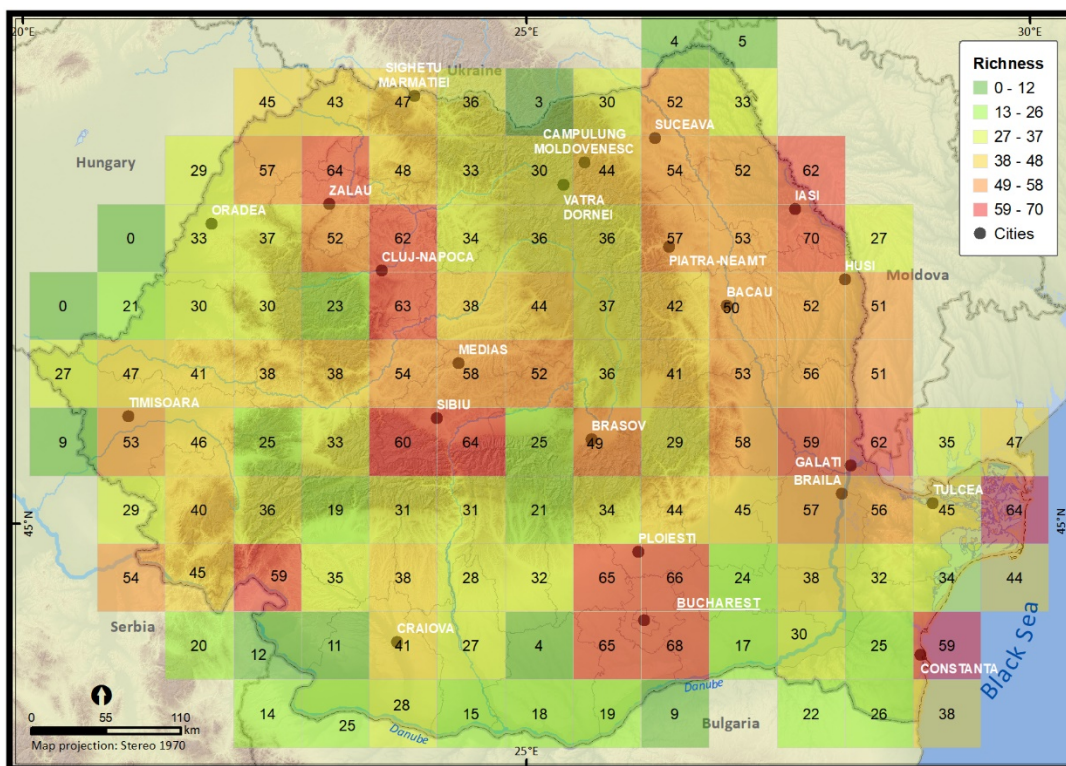


Figura 6 Bogăția speciilor de plante invazive și potențial invazive în România (rezoluție grilă de 50 × 50 km).

Analiza căilor de introducere și originile geografice ale speciilor alogene este ilustrată în Figura 7 (a se vedea Tabelul 2 pentru abrevieri). De exemplu, calea de introducere Escape from confinement – Forestry (ES_fore) a contribuit la introducerea a zece specii în România, în timp ce calea Escape from confinement – Agriculture (ES_agri) este responsabilă pentru doar patru specii. Majoritatea speciilor din baza noastră de date (62,7% specii) au avut o singură cale de introducere documentată, în timp ce pentru două specii, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle și *Acer negundo* L., am identificat șase și, respectiv, șapte căi.

Datele arată că originea geografică a majorității speciilor incluse în baza noastră de date este în America de Nord și Centrală (56,1% din specii), urmată de Asia și Pacific (17,3% din specii) (Figura 7). Majoritatea speciilor (24,9% din speciile înregistrate) au fost introduse intenționat în scopuri horticulturale sau ornamentale (ES_hort). Exemple sunt *Prunus cerasifera*, folosit în horticultură, și speciile *Ailanthus altissima*, *Amorpha fruticosa* și *Fraxinus americana* folosite în scopuri ornamentale.

Din cele 102 specii înregistrate, 32 de specii au intrat în România prin natural dispersal across borders (UN_natu), după ce au fost introduse în Europa prin diverse alte căi, în principal din America de Nord și Centrală. Exemple de plante care s-au dispersat în mod natural sunt *Symphyotrichum ciliatum* și *Veronica persica*. Alte căi importante de introducere sunt transportation as stowaway (TR_mult) și seed contaminant (TR_seed), cu 12,1% și, respectiv, 10,4% din specii fiind introduse prin aceste căi (Figura 7).

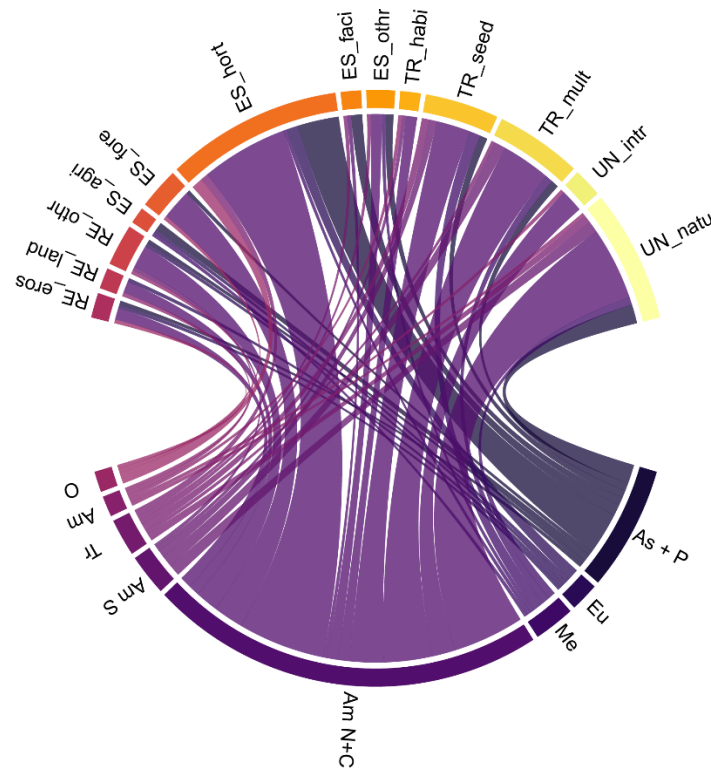


Figura 7 Căile de introducere și originea geografică a speciilor de plante alogene (a se vedea tabelul 2 pentru abrevieri)

Activitatea 1.3 Crearea modelelor de distribuție a speciilor de plante alogene

Modelele de distribuție potențială, cunoscute și ca modele de nișă ecologică (prescurtat SDM din engleză – *species distribution models*) reprezintă un set de abordări empirice în care datele fiziologice sau datele de distribuție sunt relaționate cu predictorii, reprezentați în mod uzual de variabile de mediu. Scopul modelării este de a identifica factorii care limitează și definesc nișa unui taxon, având astfel posibilitatea de a extrapola distribuția și habitatele favorabile pentru specia sau speciile analizate (Zurell et al., 2020).

Un avantaj important al modelelor de nișă este că acestea pot fi folosite pentru a face predicții în alte scenarii spațiale sau temporale, cu aplicații foarte importante în conservare sau management (Franklin, 2010). În studiul biologiei invaziilor, modelele de nișă sunt folosite pe scară largă pentru a evalua riscul de invazie (Bosso et al., 2017) și pentru a optimiza strategiile de control. Prezumția centrală care permite aplicarea modelării pentru a evalua invazivitatea unei specii este faptul că nișa ecologică a unei specii se schimbă foarte lent în timp și spațiu, fenomen cunoscut sub numele de conservare a nișei ecologice – speciile ocupă condiții de mediu similare în areale geografice noi sau în alte perioade temporale (Liu et al., 2020).



Tabel 3 Exemplu baza de date finală specii de plante alogene din România 1778-2018

occurei	institu	references	basisOfRecord	continent	country	count	Cou	Locality	Kingdom	Phylum	Class	Order	Family	Genus	scientificName	taxonRanI	UTMx5	decima	decima
unibuc_1	UNIBUC	Anastasiiu et al. 2014	Human Observation	Europe	Romania	RO	TL	Periprava	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	PL93.4	45.41812	29.5243
unibuc_2	UNIBUC	Anastasiiu et al. 2014	Human Observation	Europe	Romania	RO	TL	Sf. Gheorghe	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	QK07.3	44.92066	29.62911
unibuc_3	UNIBUC	Anastasiiu et al. 2014	Human Observation	Europe	Romania	RO	TL	Sf. Gheorghe	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	QK07.4	44.8757	29.62706
unibuc_4	UNIBUC	Anastasiiu et al. 2014	Human Observation	Europe	Romania	RO	TL	Sf. Gheorghe	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	QK07.1	44.9221	29.56582
unibuc_5	UNIBUC	Anastasiiu et al. 2014	Human Observation	Europe	Romania	RO	TL	Sf. Gheorghe	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	QK07.2	44.87714	29.56382
unibuc_6	UNIBUC	Andrei & Popescu 1966	Human Observation	Europe	Romania	RO	CT	Rezervatia naturala	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	PK12.3	44.49126	28.47781
unibuc_7	UNIBUC	Andrei & Popescu 1966	Human Observation	Europe	Romania	RO	CT	Rezervatia naturala	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	PK12.4	44.44626	28.47667
unibuc_8	UNIBUC	Bliderșanu & Nechita N 2004	Human Observation	Europe	Romania	RO	NT	Gadinti-Roman	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MM99.3	46.93103	26.96716
unibuc_9	UNIBUC	Bliderșanu & Nechita N 2004	Human Observation	Europe	Romania	RO	NT	Gadinti-Roman	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NM09.1	46.93103	27.03284
unibuc_10	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK31.1	44.40764	26.15226
unibuc_11	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK31.3	44.40809	26.21505
unibuc_12	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK31.2	44.36263	26.15291
unibuc_13	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK32.4	44.4531	26.21444
unibuc_14	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK21.4	44.36215	26.09017
unibuc_15	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK32.2	44.45265	26.15161
unibuc_16	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK22.2	44.45165	26.02594
unibuc_17	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK21.3	44.40716	26.08947
unibuc_18	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK32.1	44.49766	26.15095
unibuc_19	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK22.3	44.49718	26.08807
unibuc_20	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK22.4	44.45217	26.08877
unibuc_21	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK21.1	44.40664	26.02668
unibuc_22	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK11.3	44.40609	25.9639
unibuc_23	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK22.1	44.49666	26.02519
unibuc_24	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK32.4	44.54218	26.08737
unibuc_25	UNIBUC	Brândză 1979-1883; Grecescu 1898, Morariu 1943	Human Observation	Europe	Romania	RO	B	Bucuresti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MK12.4	44.4511	25.9631
unibuc_26	UNIBUC	Chifu et al. 1988; Oprea & Sîrbu 2009	Human Observation	Europe	Romania	RO	NT	Piatra Neamt	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	MM59.1	46.92933	26.37603
unibuc_27	UNIBUC	Coroi 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Marasesti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL18.4	45.89584	27.22558
unibuc_28	UNIBUC	Coroi 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Marasesti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL17.3	45.85084	27.2254
unibuc_29	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Focsani	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL15.3	45.67083	27.22468
unibuc_30	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Focsani	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL16.4	45.71583	27.22486
unibuc_31	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Focsani	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL15.1	45.67094	27.16048
unibuc_32	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Focsani	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL16.2	45.71594	27.16061
unibuc_33	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Golesti	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL15.1	45.67094	27.16048
unibuc_34	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Pitulusa	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL06.1	45.76105	27.03215
unibuc_35	UNIBUC	Coroi A.M. 2001	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Rastoaca	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL25.1	45.67069	27.28887
unibuc_36	UNIBUC	Coroi A.M., Coroi M. 1997b	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Doaga	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL27.2	45.80569	27.28956
unibuc_37	UNIBUC	Coroi A.M., Coroi M. 1997b	Human Observation	Europe	Romania	RO	VN	Doaga	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	NL27.1	45.8507	27.2898
unibuc_38	UNIBUC	Coste & Arsene 2003	Human Observation	Europe	Romania	RO	TM	Timisoara	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	Abutilon theophrasti	SPECIES	ER26.2	45.71569	21.2891

Review al modelelor de distribuție spațială a speciilor de plante alogene

Obiectivul modelării este de a identifica și spațializa arealele potențiale de distribuție ale speciilor de plante alogene vizate de proiect, ținând cont de dimensiunea spațială, dimensiunea temporală și relația dintre specii și variabilele de mediu. Pentru a surprinde potențialul de distribuție a speciilor alogene, a zonelor pe care le pot invada, au fost realizate modelări ale acestora pe baza prezențelor obținute din literatura de specialitate, precum și date privind condițiile de mediu în punctele de prezență. Rezultatul constă în obținerea modelelor și a hărților de distribuție potențială pentru speciile prezente în baza de date.

Variabile predictive utilizate pentru modelarea distribuției potențiale a speciilor în condițiile climatice actuale sunt prezentate în Tabel 4.

Tabel 4 Variabile de mediu selectate pentru modelarea distribuției speciilor de plante alogene invazive

Cod	Denumire variabilă	Tip variabilă	Rezoluție inițială	Sursa
BIO1	Temperatură medie anuală	continue	30''	Fick and Hijmans (2017)
BIO2	Variație temperatură diurnă medie	continue	30''	
BIO3	Izotermalitate	continue	30''	
BIO4	Sezonalitatea temperaturii	continue	30''	
BIO5	Temperatura maximă din cea mai umedă lună	continue	30''	
BIO6	Temperatura minimă din cea mai rece lună	continue	30''	
BIO7	Variația anuală a temperaturii	continue	30''	
BIO8	Temperatura medie din cel mai umed trimestru	continue	30''	
BIO9	Temperatura medie din cel mai arid trimestru	continue	30''	
BIO10	Temperatura medie din cel mai cald trimestru	continue	30''	
BIO11	Temperatura medie din cel mai rece trimestru	continue	30''	
BIO12	Precipitații anuale	continue	30''	
BIO13	Precipitații în cea mai umedă lună	continue	30''	
BIO14	Precipitații în cea mai aridă lună	continue	30''	
BIO15	Sezonalitatea precipitațiilor	continue	30''	
BIO16	Precipitații în cel mai umed trimestru	continue	30''	
BIO17	Precipitații în cel mai arid trimestru	continue	30''	
BIO18	Precipitații în cel mai cald trimestru	continue	30''	
BIO19	Precipitații în cel mai rece trimestru	continue	30''	
Dem/alt	Altitudine	continue	30''	

Toate variabilele au fost prelucrate pentru a avea același sistem de coordonate de referință (WGS84) și rezoluție spațială (30' de arc, ~1 km la ecuator). Pentru testarea modelării distribuției speciilor de plante alogene a fost folosit următorul algoritm: *MaxEnt* (entropie maximă). A fost modelată distribuția speciilor de plante alogene prin combinarea datelor de prezență disponibile cu datele climatice actuale în cadrul platformei BIOMOD2 (Barbet-Massin and Jetz, 2014; Thuiller et al., 2009) în pachetul R (R Development Core Team, 2020).

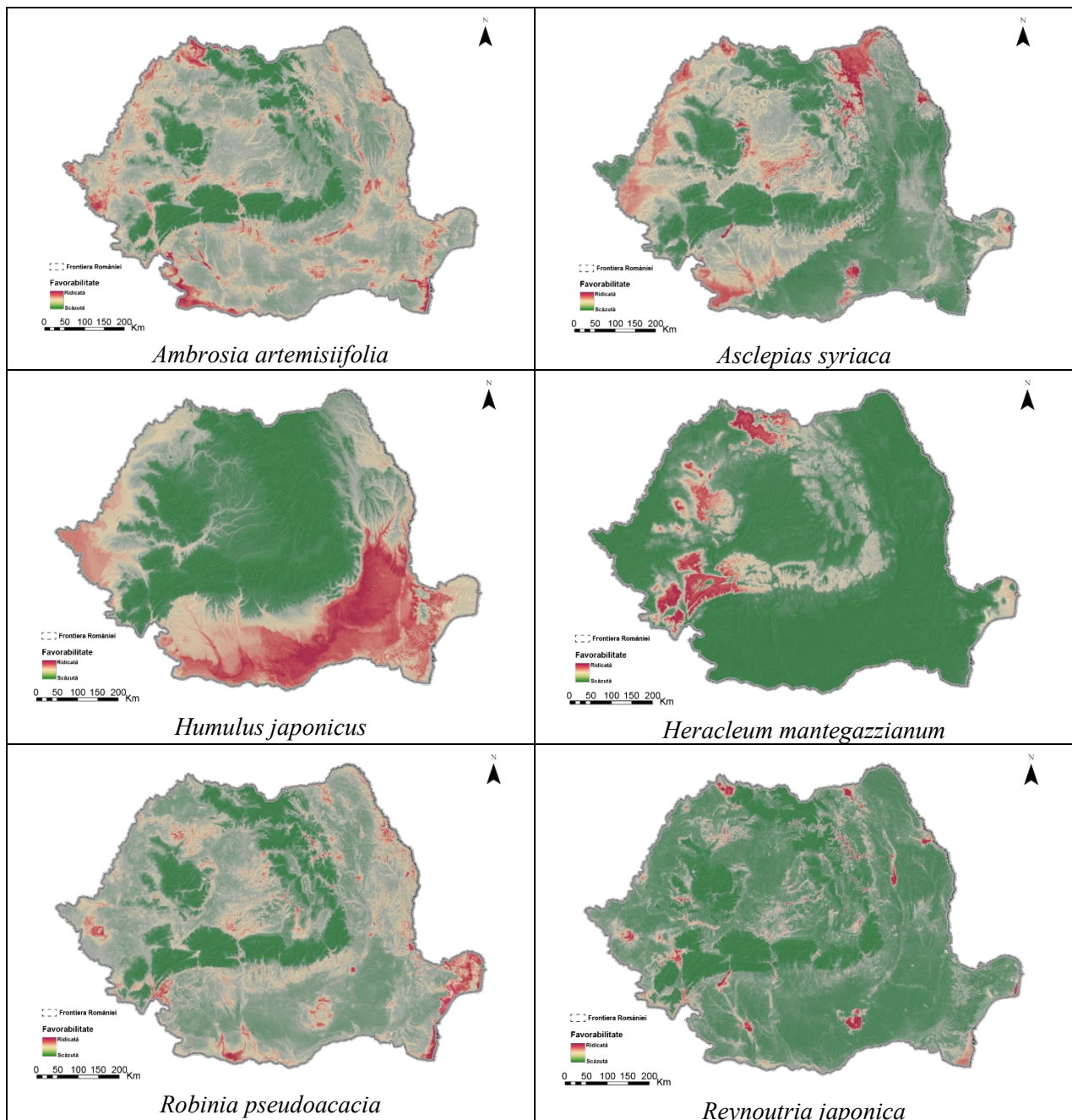


Figura 8 Exemple de modele de distribuție a speciilor de plante alogene din România

A fost realizată modelarea distribuției speciilor de plante alogene, 8 dintre ele fiind de interes pentru Uniunea Europeană (*Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Cabomba caroliniana*, *Elodea nuttallii*, *Heracleum sosnowskyi*, *Humulus japonicus*, *Impatiens glandulifera* și *Myriophyllum aquaticum*). Rezultatul analizei sunt modelele de distribuție a speciilor de plante alogene din România (Figura 8). Fiecare specie în parte prezintă harta distribuției potențiale obținute în urma modelării. Având în vedere că modelele se bazează pe date incomplete, date din literatură, interpretarea hărților trebuie făcută cu precauție până la actualizarea cu mai multe date din teren și obținerea unor modele cu o acuratețe mai ridicată.

Rezultatele etapei

Toate activitățile planificate pentru etapa 1- 2022 au fost îndeplinite în proporție de 100%. Gradul de realizare al rezultatelor este detaliat în tabelele de mai jos.

Indicatori de rezultat	Planificat	Rezultat	Grad de realizare al obiectivelor
Raport științific	1	1	100 %
Articole științifice	1	1	100 %
Participare la conferințe	3	3	100 %
Bază de date	3	3	100 %
Pagină web	1	1 https://ccmesi.ro/?page_id=2185	100%

Diseminarea rezultatelor prin participarea la conferințe științifice

Directorul de proiect a participat la trei conferințe științifice:

- Iulia V. Miu**, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Paulina Anastasiu, Culita Sirbu, Laurentiu Rozylowicz. 2022. Distribution and pathways of introduction of alien plant species in Romania. 6th European Congress of Conservation Biology “Biodiversity crisis in a changing world”, 21-26 August 2022, Praga, Cehia. (Poster)
- Iulia V. Miu**, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Paulina Anastasiu, Culita Sirbu, Laurentiu Rozylowicz. 2022. Distribution and pathways of introduction of alien plant species in Romania. NEOBIOTA 12th International Conference on Biological Invasions, 12-16 September 2022, Tartu, Estonia (prezentare online).
- Iulia V. Miu**, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Paulina Anastasiu, Culita Sirbu. 2022. Invasive alien plant species in Romania: distribution and pathways of

introduction. Geographical Research and Cross-Border Cooperation, Sixth Edition, Craviova, 6-8 Octombrie 2022 (prezentare online).

Diseminarea rezultatelor prin articole științifice

Directorul de proiect a publicat un articol într-o revistă cu **Factor de Impact 4.225 (Q1/Q2)** (**Miu I.V. a fost autor corespondent pentru articol**)

- Sirbu C., **Miu I.V.**, Gavrilidis A.A., Gradinaru S.R., Niculae M.I., Preda C., Oprea A., Urziceanu M., Camen-Comanescu P., Nagoda E., Sirbu I.M., Memedemin D., Anastasiu P. (2022) *Distribution and pathways of introduction of invasive alien plant species in Romania*, **NeoBiota** 75: 1-21, doi: 10.3897/neobiota.75.84684

Observații în teren

În cadrul proiectului au fost prevăzute campanii de observații și colectare de date în teren în vederea colectării de noi date de prezență a speciilor de plante alogene pentru a fi adăugate bazei de date existente și verificarea datelor existente. Verificarea și eliminarea erorilor rezultate din colectarea datelor de distribuție din zona vizată în ceea ce privește localizarea. Deplasarea a fost realizată în zona Parcului Natural Porțile de Fier în scopul identificării zonelor cu risc ridicat de invazivitate dintr-o arie naturală protejată, Parcul Natural Porțile de Fier.

- Perioada deplasării 11-14 octombrie 2022 – Comuna Sichevița, județ Caraș-Severin, Parcul Natural Porțile de Fier

Rezultate și livrabile asociate fiecărei activități

Activitate prevăzută în plan	Modul de diseminare a rezultatelor asociate fiecărei activități și livrabile
Activitatea 1.1 Evaluarea literaturii privind modelele de distribuție a speciilor (SDM) și a prioritizării spațiale a conservării (SPC) și analiza înregistrărilor prezente și a datelor de mediu	Livrabil: <ul style="list-style-type: none">- Review al metodologiei modelelor de distribuție a speciilor- Review al metodologiei prioritizării spațiale a conservării privind speciile invazive
Activitatea 1.2 Cartarea datelor de distribuție a speciilor	Articol 1. Sirbu C., Miu I.V. , Gavrilidis A.A., Gradinaru S.R., Niculae M.I., Preda C., Oprea A., Urziceanu M., Camen-Comanescu P., Nagoda E., Sirbu I.M., Memedemin D., Anastasiu P. (2022) <i>Distribution and pathways of introduction of invasive alien plant species in Romania</i> , NeoBiota 75: 1-21 (publicat).

	<p>Conferință 1. Iulia V. Miu, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Paulina Anastasiu, Culita Sirbu, Laurentiu Rozylowicz. 2022. Distribution and pathways of introduction of alien plant species in Romania. 6th European Congress of Conservation. Biology “Biodiversity crisis in a changing world”, 21-26 August 2022, Praga, Cehia. (poster)</p> <p>Conferință 2. Iulia V. Miu, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Paulina Anastasiu, Culita Sirbu, Laurentiu Rozylowicz. 2022. Distribution and pathways of introduction of alien plant species in Romania. NEOBIOTA 12th International Conference on Biological Invasions, 12-16 September 2022, Tartu, Estonia (online).</p> <p>Livrabil:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baza de date cu înregistrările speciilor de plante alogene din România încărcată în Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (https://doi.org/10.15468/gg846v) - Baza de date ce conține variabilele bioclimatice și de mediu relevante pentru modelarea distribuției speciilor
<p>Activitatea 1.3 Crearea modelelor de distribuție a speciilor de plante alogene</p>	<p>Conferință 3. Iulia V. Miu, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Paulina Anastasiu, Culita Sirbu. 2022. Invasive alien plant species in Romania: distribution and pathways of introduction. Geographical Research and Cross-Border Cooperation, Sixth Edition, Craviova, 6-8 Octombrie 2022 (online).</p> <p>Observații în teren</p>

Referințe

- Anastasiu, P., Negrean, G., 2009. Neophytes in Romania, in: Rákosy L., & Momeu, L. (Ed.), Neobiota Din România. Editura Presa Univ. Clujeană, Cluj-Napoca, pp. 66–97.
- Ball, I., Possingham, H.P., 2000. Marxan v1. 8.2: Marine Reserve Design Using Spatially Explicit Annealing, A Manual. University of Queensland, Brisbane.
- Barbet-Massin, M., Jetz, W., 2014. A 40-year, continent-wide, multispecies assessment of relevant climate predictors for species distribution modelling. *Divers. Distrib.* 20, 1285–1295. <https://doi.org/10.1111/ddi.12229>
- Bosso, L., De Conno, C., Russo, D., 2017. Modelling the Risk Posed by the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha*: Italy as a Case Study. *Environ. Manage.* 60, 304–313. <https://doi.org/10.1007/S00267-017-0882-8>
- Fortin, M., Dale, M., 2005. Spatial Analysis. A Guide for Ecologists. Cambridge University Press, Cambridge.
- Franklin, J., 2010. Mapping species distributions. Spatial inference and prediction, Ecology, biodiversity and conservation. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Graham, C.H., Hijmans, R.J., 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 15, 578–587. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00257.x>
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects.

- Lehtomäki, J., Tomppo, E., Kuokkanen, P., Hanski, I., Moilanen, A., 2009. Applying spatial conservation prioritization software and high-resolution GIS data to a national-scale study in forest conservation. *For. Ecol. Manage.* 258, 2439–2449. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.08.026>
- Liu, C., Wolter, C., Xian, W., Jeschke, J.M., 2020. Species distribution models have limited spatial transferability for invasive species. *Ecol. Lett.* 23, 1682–1692. <https://doi.org/10.1111/ele.13577>
- McCullagh, P., Nelder, J.A., 1989. *Generalized linear models*, Second Ed. ed, Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group, New York. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01331-2>
- Mędrzycki, P., Jarzyna, I., Obidziński, A., Tokarska-Guzik, B., Sotek, Z., Pabjanek, P., Pytlarczyk, A., Sachajdakiewicz, I., 2017. Simple yet effective: Historical proximity variables improve the species distribution models for invasive giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum* s.l.) in Poland. *PLoS One* 12, 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184677>
- Moilanen, A., Anderson, B.J., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D.B., Gillings, S., Armsworth, P.R., Gaston, K.J., Thomas, C.D., 2011. Balancing alternative land uses in conservation prioritization. *Ecol. Appl.* 21, 1419–1426. <https://doi.org/10.1890/10-1865.1>
- Ord, J.K., Getis, A., 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geogr. Anal.* 27, 286–306. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x>
- Pyšek, P., Richardson, D.M., Rejmánek, M., Webster, G.L., Williamson, M., Kirschner, J., 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53, 131–143. <https://doi.org/10.2307/4135498>
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J., 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers. Distrib.* 6, 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Sirbu, C., Oprea, A., 2011a. Plante adventive în flora României. ”Ion Ionescu de la Brad”, Iasi.
- Sirbu, C., Oprea, A., 2011b. Flora adventivă din România. Edit. Universității “Alexandru Ioan Cuza,” Iasi.
- Smith, A., Page, B., Duffy, K., Slotow, R., 2012. Using Maximum Entropy modeling to predict the potential distributions of large trees for conservation planning. *Ecosphere* 3, 1–21. <https://doi.org/10.1890/ES12-00053.1>
- Smolik, M.G., Dullinger, S., Essl, F., Kleinbauer, I., Leitner, M., Peterseil, J., Stadler, L.M., Vogl, G., 2010. Integrating species distribution models and interacting particle systems to predict the spread of an invasive alien plant. *J. Biogeogr.* 37, 411–422. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02227.x>
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., Araújo, M.B., 2009. BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography (Cop.)*. 32, 369–373. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x>
- Turbelin, A.J., Malamud, B.D., Francis, R.A., 2017. Mapping the global state of invasive alien species: patterns of invasion and policy responses. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 26, 78–92. <https://doi.org/10.1111/geb.12517>
- Urziceanu, M.M., Cișlariu, A.G., Nagodă, E., Nicolin, A.L., Măntoiu, D. Ștefan, Anastasiu, P., 2022. Assessing the Invasion Risk of *Humulus scandens* Using Ensemble Species Distribution Modeling and Habitat Connectivity Analysis. *Plants* 11, 857. <https://doi.org/10.3390/plants11070857>
- Zurell, D., Franklin, J., König, C., Bouchet, P.J., Dormann, C.F., Elith, J., Fandos, G., Feng, X., Guillera-Arroita, G., Guisan, A., Lahoz-Monfort, J.J., Leitão, P.J., Park, D.S., Peterson, A.T., Rapacciuolo, G., Schmatz, D.R., Schröder, B., Serra-Diaz, J.M., Thuiller, W., Yates, K.L., Zimmermann, N.E., Merow, C., 2020. A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography (Cop.)*. 43, 1261–1277. <https://doi.org/10.1111/ecog.04960>