

MAY 2024

# Book of abstracts

**EnviLink - International platform for  
exchange of experience between young  
scientists in environmental research**

**Editors: Dr. Eng. Mariusz Ciesielski, MSc Eng. Małgorzata Białczak,  
Dr. Maciej Lisiewicz**

**DOI: 10.48538/H2NB-P411**



Creative Commons Attribution 4.0  
International (CC BY 4.0)





# Preface

# About EnviLink

The idea behind the EnviLink conference was to create an event that would integrate and consolidate the community of young scientists in Poland and abroad, serving as a venue for presenting their own research experiences, discussing the opportunities and barriers for young scientists' development, and pointing out directions for further academic careers. The conference became a place for building networks that may lead to the creation of interdisciplinary research teams in the future.

This year's event attracted significant interest. More than 150 participants from Poland and abroad took part in the conference. There were 49 presentations and 39 posters shown. The range of topics covered by the research presented was very broad. Researchers had the opportunity to participate in thematic sessions on FOREST, WATER, CLIMATE, CITY, TECHNOLOGY, MOBILITY, TOURISM. A common element in the research was the use of geographic information systems.

The sessions were attended by young scientists at every stage of their academic careers. It is important that the EnviLink conference enabled them to present their research to a wider audience. The experience gained will undoubtedly bear fruit in the future.

In this book of abstracts you will find summaries of all presentations and posters. We encourage you to read them and hope to see you again at the second edition of the event.

# Na temat EnviLink

Idea jaka przyświecała organizacji konferencji EnviLink to stworzenie wydarzenia, które integrowałoby i konsolidowało środowisko młodych naukowców w Polsce i zagranicą, było miejscem prezentacji własnych doświadczeń badawczych, omówienia możliwości i barier rozwoju młodych naukowców oraz wskazania kierunków dalszej kariery naukowej. Konferencja stała miejscem budowy sieci kontaktów, które w przyszłości mogą zaowocować stworzeniem interdyscyplinarnych zespołów badawczych.

Tegoroczne wydarzenie cieszyło się dużym zainteresowaniem. Udział w konferencji wzięło ponad 150 osób z Polski i zagranicy. Przedstawionych zostało 49 referatów oraz 39 posterów. Zakres tematyczny prezentowanych badań był bardzo obszerny. Badacze mieli możliwość udziału w sesjach tematycznych LAS, WODA, KLIMAT, MIASTO, TECHNOLOGIA, MOBILNOŚĆ, TURYSTYKA. Elementem łączącym badania było wykorzystanie systemów informacji geograficznej.

W sesjach wzięli udział młodzi naukowcy, na każdym etapie kariery naukowej. To ważne, że konferencja EnviLink umożliwiła im przedstawienie swoich badań szerszemu gronu odbiorców. Zdobyte doświadczenie na pewno zaowocuje w przyszłości.

W niniejszej książce abstraktów znajdują Państwo streszczenia wszystkich wystąpień i posterów. Zachęcamy do lektury i liczymy, że spotkamy się na drugiej edycji wydarzenia.

Conference details



**Organizing Committee:**

- Dr. Eng. Mariusz Ciesielski,
- Dr. Maciej Lisiewicz,
- MSc Eng. Małgorzata Białczak,
- MSc Ewa Kłopocka,
- Dr. Eng. Miłosz Tkaczyk,
- Dr. Eng. Miłosz Mielcarek,
- MSc Eng. Przemysław Szmit,
- MSc Eng. Marta Siebyła

**The Scientific Committee of the Conference is composed of representatives of scientific units from all over Poland:**

- Prof. Krzysztof Stereńczak, Forest Research Institute,
- Dr. Krzysztof Będkowski, Professor at the University of Łódź,
- Dr. Michał Brach, Warsaw University of Life Sciences,
- Dr. Elżbieta Grzelak-Kostulska, Professor at the Nicolaus Copernicus University in Toruń,
- Dr. Dariusz Gotlib, Professor at the Warsaw University of Technology,
- Prof. Andrzej M. Jagodziński, Institute of Dendrology of the Polish Academy of Sciences,
- Prof. Jacek Kozak, Jagiellonian University,
- Dr. Piotr Łakomy, Poznań University of Life Sciences,
- Prof. Tomasz Niedzielski, University of Wrocław,
- Dr. Eng. Michał Orzechowski, Warsaw University of Life Sciences,
- Dr. Katarzyna Osńska-Skotak, Professor at the Warsaw University of Technology,
- Dr. Michał Słowiński, Professor at the Institute of Geography and Spatial Organization of the Polish Academy of Sciences,
- Prof. Jarosław Socha, University of Agriculture in Krakow

# Conference programme



## Day I - 15.05.2024

7:30-8:30 Registration

8:30-9:50 Official opening of the conference and keynote speakers

- **Piotr Tompalski (Canadian Forest Service)** – The Role of Remote Sensing in Advancing Canada's Forest Management and Monitoring (page 18)
- **Laxmi Thapa (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Student Consortium)** - Exploring the Frontiers of Geospatial Technologies and Networking: Unveiling the Benefits through ISPRS SC (pages 18-19)\*

9:50-10:15 Coffee break

10:15-12:15 Session: Forest/City

- **Saverio Francini (University of Florence)** - Remote Sensing and ground data integration for forest disturbance and attributes mapping (pages 20-21)\*
- **Pawel Hawrylo (University of Agriculture in Krakow)** - Modelling annual basal area increment of Scots pine stands using tree ring cores and multisource remote sensing data (pages 21-22)
- **Janis Ivanovs (Latvian State Forest Research Institute “Silava”)** - The influence of forest tree species composition on the forest height predicted from airborne laser scanning data (pages 22-23)\*
- **Markus Münzinger (Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development)** - Advancing Urban Forest Management to the Third Dimension: Integrating High-Resolution Mapping and Ecosystem Service Assessment (pages 23-24)\*
- **Benjamin Stöckigt (Luftbild Umwelt Planung GmbH / Freie Universität Berlin)** - Modeling Vegetation Indicators in Urban Areas using Sentinel-2 and High-Resolution Reference Data based on Neural Networks (pages 24-25)\*

12:15-13:15 Lunch

13:15-15:00 Session: Climate/Water

- **Jernej Jevšenak (Technical University of Munich)** - Incorporating high-resolution climate, remote sensing and topographic data to map annual forest growth in central and eastern Europe (pages 25-26)\*
- **William Lidberg (Swedish University of Agricultural Sciences)** - Digital wet areas mapping (pages 26-27)\*
- **David Frantz (Trier University)** - Processing satellite data for land change and modification studies (pages 27-28)\*
- **Aura Salmivaara (Natural Resources Institute Finland)** - Modelling the Role of Weather and Forest Management on Nutrient Export in Boreal Forested Catchments (pages 28-29)\*

15:00-15:20 Coffee break

**15:20-17:20** Session: Mobility/Technology

- **Ewelina Dobrowolska (Serco Italy S.p.ACo)** - Exploring the potential of Copernicus Sentinel missions in environmental research through open access and knowledge sharing (pages 29-30)
- **Anita Poturalska (University of Oulu)** - Scaling material usage of forest ecosystem service: spatial accessibility method for mapping European wood supply and demand mismatches (pages 30-31)
- **Oleksandr Karasov (University of Helsinki)** - Nature and culture: how remote sensing and social media shape future of cultural ecosystem services research (pages 32-33)\*
- **Fruzsina Stefan (The University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU))** - The potential of Public Participation Geographic Information Systems (PPGIS) for studying recreational behaviour across generations – a case study of Vienna metropolitan area, Austria (pages 33-34)\*
- **Olle Järv (University of Helsinki)** - Using Big Data to understand cross-border regions from the mobility of people: Insights from Poland and Europe (pages 34-35)\*

**20:00-23:00** Gala dinner (Hotel Groman)

**Day II - 16.05.2024**

**8:15-9:45** Discussion panel (Career development in science in Poland and abroad)

**9:45-11:15** Session: Forest I

- **Luiza Tymińska-Czabańska (University of Agriculture in Krakow)** - Modeling the effect of stand and site characteristics on the probability of mistletoe infestation in Scots pine stands using remote sensing data (pages 35-36)
- **Maciej Lisiewicz (Forest Research Institute)** – Potential of using multi-temporal ALS data and CIR images in classification of living and dead tree species (pages 37-38)
- **Ryan Caroll (Georg-August Universität Göttingen)** - Effects of sample plot size on design-based and model-based estimates of above-ground forest biomass across Germany (pages 38-39)\*
- **Grzegorz Krok (Forest Research Institute)** - Estimation of tree volume at sample plot level using Terrestrial Laser Scanning Technology (pages 39-40)
- **Zofia Jabs-Sobocińska (University of Warsaw / Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences)** - Distance to ancient forest, topography, and pine cover shape the regeneration of post-agricultural forest in NE Carpathians (pages 40-41)

**11:15-11:35** Coffee break

**11:35-13:15** Session: City/Tourism

- **Mariusz Ciesielski (Forest Research Institute)** - Big data in forest recreation monitoring (pages 41-42)
- **Kaja Czarnecka (Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences)** - The application of geographic information system in investigating the local climate of urban areas (pages 43-44)

- **Katarzyna Krasnodębska (Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences)** - Estimating building heights from global Digital Elevation Models (page 44)
- **Donata Wysocka, Paweł Smoliński (Nicolaus Copernicus University in Toruń)** - Ecological consequences of suburbanisation. A case study of the Kujawsko-pomorskie Voivodship (pages 44-45)
- **Monika Kozłowska-Adamczak (Kazimierz Wielki University)** - The "Stay Overnight in the Forest" programme and the mBDL mobile application as means to promote the social role of forests through tourism and recreation in Poland (pages 46-47)
- **Weronika Juszczyk (Warsaw University of Life Science)** - What the Polish bushcrafter prefers? - a statistical approach to the forest man (pages 47-48)

**13:15-14:15** Lunch

**14:15-15:15** Discussion panel (Requirements of the private sector towards science)

**15:15-17:15** Session: Climate/Water

- **Adriana Marcinkowska-Ochtyra (University of Warsaw)** - Mapping dynamically changing mountain vegetation from above – how is it possible? (pages 48-50)
- **Kinga Kulesza (Institute of Geodesy and Cartography)** - Assessment of the impact of weather conditions on forest health status in Poland (page 50)
- **Jan Mikocki (Military University of Technology)** - The use of modern geodetic techniques to study terrestrial water storage changes (page 51)
- **Maciej Bartold (Institute of Geodesy and Cartography)** - Chlorophyll Fluorescence in satellite-based monitoring of wetlands in the Biebrza River Valley (pages 51-52)
- **Szymon Sala (Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences)** - Correlation of the flooding regime with the presence of *Solidago gigantea* over the valleys of Narew and Vistula in Poland (pages 53)
- **Natalia Rębisz (University of Agriculture in Krakow)** - Semi-automatic method of watercourse network generation based on high-resolution digital elevation model (pages 54-55)

**17:15-17:30** Coffee break

**17:30-19:00** Session: Forest II

- **Tomasz Hycza (Forest Research Institute)** - The method of delimiting forest areas with the use of airborne laser scanning data and hyperspectral imaging use of airborne laser scanning data and hyperspectral imaging (pages 55-56)
- **Jakub Talaga (University of Agriculture in Krakow)** - Unsupervised assessment of the species diversity of Poland's forests (pages 56-57)
- **Adrian Nowacki (Adam Mickiewicz University)** - Spatial complexity changes of forest areas worldwide in the years 1992-2020 (pages 57-58)
- **Elvis Tangwa (IDEAS NCBR)** - Using repeated airborne laser scanning (ALS) data to assess the role of climate and site condition on forest volume growth (pages 58-59)\*

- **Weronika Żukowska (Institute of Dendrology of the Polish Academy of Sciences)** - Development of a strategy for the conservation of genetic resources based on genetic and geographic data – black poplar example (pages 59-60)
- **Vasyl Mohytych (Forest Research Institute)** - The potential of using remote sensing techniques in forest genetic research (pages 61-62)

### Day III - 17.05.2024

#### 8:15-9:45 Session: Technology

- **Bartłomiej Kraszewski (Forest Research Institute)** - GeoSpatial Big Data in Forest Environment: Challenges and Perspectives (pages 62-63)
- **Maksymilian Kulicki (Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences / IDEAS NCBR)** - Review of Artificial Intelligence Tools for Processing Ground-based LiDAR Data in Precision Forestry (pages 63-64)
- **Radosław Gurdak (Polish Space Agency)** - Assessment of the accuracy of winter wheat yield models based on remote sensing data (pages 64-65)
- **Artur Leńczuk (Military University of Technology)** - Assessment of drought characteristics using geodetic measurements (pages 65-66)
- **Wojciech Krawczyk (University of Agriculture in Krakow)** - Canopy Height Model development using GEDI (NASA) and Sentinel-1, -2 (ESA) data fusion - application possibilities in Polish forestry (pages 66-67)

#### 9:45-11:00 Poster session / Coffee break

#### 11:00-12:30 Session: Change analysis

- **Vahid Nasiri (University of Agriculture in Krakow)** - Trend Analysis of Zagros Forest Dynamics and Their Responses to Climate Change: Time Series Analysis Using Google Earth Engine (pages 67-68)\*
- **Adrian Ochtyra (University of Warsaw)** - The use of Threshold and trend-based vegetation change monitoring algorithm in change detection of the Tatra Mountains vegetation (pages 68-69)
- **Weronika Wnuk (University of Warsaw)** - What was and is not - lost settlements of the Kingdom of Poland in the eyes of modern non-invasive research tools (pages 70-71)
- **Szymon Jajuga (University of Agriculture in Krakow)** - Variability of light conditions under the tree canopy in the Tatra National Park (pages 71-72)
- **Krzysztof Gryguc (Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences)** - Satellite data time series in monitoring of the Bór na Czerwonym Nature Reserve (pages 72-73)

#### 12:30-13:00 Closing the conference

#### 13:00-13:45 Lunch

#### 14:00-16:00 Workshop

\*The translation into Polish was prepared by the Organizing Committee with the consent of the authors

# List of posters

- **Adrian Kaszkiel (Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences)** - Multi-scale recognition of the climatic functioning of peatlands in Poland – the MIRECLIM Project (pages 73-74)
- **Robin Wilgan (Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences)** - Impact of invasive tree species on ectomycorrhizal fungi in pine forest ecosystems (pages 75-76)
- **Dominika Robak (Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences)** – Regeneration potential and genetic variability of black poplar (*Populus nigra* L.) along the Vistula River (pages 76-77)
- **Anita Rzadkiewicz (Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences)** - Metabolome analysis of *N. tabacum* cv. BY-2 suspension cells depending on sample size and method of normalization of GC MS/MS data (pages 77-78)
- **Julita Bujak (University of Agriculture in Krakow)** - Development of ecosystem services in forest complexes on the example of Brzeziny Forest District (page 78-79)
- **Martyna Lasek (Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences)** - Analysis of genomic resources of the most valuable Scots pine ecotypes in Poland in the face of a changing climate (page 79-80)
- **Aleksandra Skolimowska (Warsaw University of Technology)** - Albedo analysis and classification of snow and ice cover in satellite images in the Svalbard archipelago (page 80-81)
- **Marta Kujawska (Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences)** - Influence of habitat type on the soil mycobiome of European white elm (*Ulmus laevis* Pall.) (pages 81-82)
- **Natalia Korcz (Forest Research Institute)** - Infrastructure elements that should accompany forest routes (pages 83-84)
- **Radosław Cichosz (University of Agriculture in Krakow)** - The impact of applying the biodynamic afforestation method on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on the reclaimed sand mine in Szczakowa (pages 84-85)
- **Aram Takmadżan (University of Warsaw)** - Vegetation condition changes of the tree stands in the Tatra Mountains from 1984 to 2022 using Landsat satellite images (pages 85-86)
- **Natalia Korcz (Forest Research Institute)** - Can environmental education affect the strength of a person's connection to nature – an experiment on young adults using the CNS and NEP psychometric scales (pages 86-87)
- **Aleksandra Krzywicka (University of Warsaw)** - Change detection in the Tatra Mountains forests using Landsat time series and the BFAST Algorithm (page 88)
- **Anita Sabat-Tomala (University of Warsaw)** - The application of airborne hyperspectral images and machine learning algorithms for the identification of invasive and expansive plant species (pages 89-90)
- **Jakub Miszczyszyn (University of Agriculture in Krakow)** - Analysis of the information capability of spectral indices in remote sensing of mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum* L.) in pine stands, acquired using unmanned aerial platforms (BSP) (pages 90-91)
- **Małgorzata Osmenda (State Forests, Olkusz Forest District)** - The influence of physiological breaking the dormancy methods of European ash seeds on the seedling germination from various locations in the southern regions of Poland (pages 91-93)
- **Adrian Nowacki (Adam Mickiewicz University)** - Accuracy comparison of various land cover and land use sources: case study of Poznań and poznański county (pages 93- 94)

- **Piotr Janiec (University of Agriculture in Krakow)** - An application of digital aerial photogrammetry data in forest height growth modelling (pages 94-95)
- **Małgorzata Szczepańska (Kazimierz Wielki University)** - Using Sentinel-2 satellite imagery in the analysis of forest over changes following the storm of 2017 – case study of the Przymuszewo Forest Inspectorate in Poland (pages 95-96)
- **Kajetan Olędzki (Warsaw University of Life Science)** - Weibull or normal distribution which one better approximates the tree diameter structure in pine stands of the Smardzewice Forest District? (pages 96-97)
- **Sebastian Czapiewski (Kazimierz Wielki University)** - Utilization of LiDAR Data in Analyses of Peatland Changes in Young Glacial Drainage Basins (pages 97-98)
- **Igor Pawelec (University of Agriculture in Krakow)** - Segmentation of forest geospatial data with scale-adaptive superpixels algorithm (pages 99-100)
- **Kateryna Lipińska (Forest Research Institute)** - Monitoring invasive species in urban areas using the example of knotweed in Warsaw (pages 100-101)
- **Natalia Michałowska** - The impact of climate change on the accelerating crisis for nature in the United Kingdom (pages 101-102)
- **Agata Wrońska (AGH University of Krakow)** - Assessment of the impact of historical mining activities on landscape planning in the Olkusz region (pages 102-103)
- **Garry Marapao (University of Agriculture in Krakow / University of the Philippines)** - Climate-driven Spatio-temporal Disease Pattern of *Uromycladium falcatarium* (Doungsa-ard, McTaggart & R.G. Shivas) to Falcata Tree Plantations in Mindanao, Philippines (pages 103-104)\*
- **Anna Podkowa (Warsaw University of Technology)** - River monitoring in the Lower Mekong Basin with L-band SMAP satellite data (pages 104-105)
- **Patrycja Essing-Jelonkiewicz (Kazimierz Wielki University)** - Technological innovation used in the development of forest tourism and forest recreation in Poland as illustrated with the example of the tourist and recreational offer of the State Forest Holding – State Forests (SF) (pages 105-106)
- **Oskar Graszka (Warsaw University of Technology)** - Modeling of potential high vegetation (pages 106-107)
- **Damian Czubak (Forest Research Institute)** - Forest fire danger in the 2023 fire season (pages 107-108)
- **Muluken N. Bazezew (Georg-August Universität Göttingen)** - Modeling horizontal distribution of tree crown biomass by terrestrial laser scanning (pages 108-109)\*
- **Tao Jiang (Georg-August Universität Göttingen)** - Detecting Trees from World-view 3 Satellite Imagery Using Detection Transformers (pages 109-110)\*
- **Milosz Tkaczyk (Forest Research Institute)** - Bioclimatic variables and their impact on the potential distribution of *Brenneria goodwinii* in Europe (pages 110-111)
- **Hamideh Abdali (University of Agriculture in Krakow)** - Consequences of Implementing Government Projects in Forest Areas in Northern Iran: Application of Systems Dynamics (pages 111-112)\*
- **Torana Arya Gasica (IDEAS NCBR)** - Preliminary Results of Forest Inventory with Low Cost SLAM LiDAR (pages 112-113)\*
- **Jan Kotlarz (Nicolaus Copernicus University in Toruń)** - Estimation of the Impact of Climate Change on Forestry Economy Using Economic Models (page 114)
- **Małgorzata Białczak (Forest Research Institute)** - Light conditions in the forest stands of Białowieża Forest (pages 114-115)

- **Reza Sarli (University of Agriculture in Krakow)** - Sensitivity Analysis of Different Satellite-Based Vegetation Indices to Detect Drought in Vegetation (Case Study: Wielkopolsko-Pomorska, Western Poland) (pages 115-116)\*
- **Marta Włodarczyk (Cardinal Stefan Wyszyński University of Warsaw)** - Soricomorphs of lower course Odra River in diet of *Tyto alba* (page 117)
- **Krzysztof Mitesztedt (Forest Research Institute)** - How to adapt cities to climate change with urban greening?

\*The translation into Polish was prepared by the Organizing Committee with the consent of the authors



# Abstracts

## **The Role of Remote Sensing in Advancing Canada's Forest Management and Monitoring**

### **Rola teledetekcji we wspieraniu zarządzania i monitorowania lasów w Kanadzie**

Piotr Tompalski\*

Canadian Forest Service (Pacific Forestry Centre), Natural Resources Canada, Victoria, British Columbia

\*Corresponding author: piotr.tompalski@nrcan-rncan.gc.ca

#### **Abstract**

In this presentation, I explore the role of remote sensing in forest management and monitoring in Canada. I first outline the information needs for Canadian forestry and then discuss how satellite imagery and airborne laser scanning (ALS) are used to extract relevant data. I highlight the use of satellite image time series for monitoring disturbances and land cover changes, and describe how ALS provides accurate information on forest attributes. I also discuss the integration of ALS with Landsat imagery for national coverage of forest attributes. The presentation concludes with an overview of ongoing work and science gaps that need to be addressed to further enhance remote sensing applications in Canadian forestry.

**Keywords:** forest monitoring, forest management, remote sensing

#### **Abstrakt**

W prezentacji zgłębię temat roli teledetekcji w zarządzaniu i monitorowaniu lasów w Kanadzie. Najpierw przedstawię potrzeby informacyjne kanadyjskiego leśnictwa, aby następnie omówić w jaki sposób obrazy satelitarne oraz lotnicze skanowanie laserowe (ALS) są wykorzystywane do pozyskiwania wymaganych danych. Podkreślę wykorzystanie serii czasowych zobrażeń satelitarnych do monitorowania zaburzeń i zmian pokrycia terenu oraz wykorzystanie danych ALS do uzyskiwania precyzyjnych informacji o drzewostanach. Omówię proces integracji danych ALS ze zobrazeniami satelitarnymi Landsat w celu uzyskania krajowego pokrycia cech leśnych. Prezentację zakończę przeglądem obecnie trwających prac oraz przedstawię zagadnienia naukowe, które w dalszym ciągu czekają na rozwiązanie, w celu usprawnienia zastosowania teledetekcji w kanadyjskim leśnictwie.

**Słowa kluczowe:** monitoring lasów, zarządzanie lasami, teledetekcja

## **Exploring the Frontiers of Geospatial Technologies and Networking: Unveiling the Benefits through ISPRS SC**

### **Poznawanie granic technologii geoprzestrzennych i budowanie sieci kontaktów: Odkrywanie korzyści dzięki ISPRS SC**

Laxmi Thapa<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>ISPRS Student Consortium (ISPRS SC), Institute of Photogrammetry and Geoinformation, Leibniz University Hannover, Nienburger Straße 1, D-30167 Hannover, Germany

<sup>2</sup>Department of Operations and Information Management, Aston University, B4 7ET, Birmingham, UK

\*Corresponding author: thapalaxmi278@gmail.com

#### **Abstract**

The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Student Consortium (ISPRS SC) serves as the formal liaison between students, young professionals, and the broader ISPRS community. Primarily established in 2004 with the goal of connecting students and youth to ISPRS activities, the ISPRS SC is facilitating knowledge

exchange and ideas sharing between youths and scholarly communities from around the world who are passionate about photogrammetry, remote sensing, and geographic information sciences.

This facilitation includes diverse virtual and in-person activities that have been promoting inclusivity and collaboration within the global network of geospatial enthusiasts. One of its long-term and impactful capacity building initiatives includes summer schools that receive partial funding support through the ISPRS Foundation. Likewise, ISPRS SC publishes its official newsletter- SpeCtrum that, in addition to the updates about its activities, features articles and spotlights eminent scientists in the domain to encourage upcoming generations. Also, ISPRS SC webinar series are offering virtual opportunities to enrich knowledge on different research dimensions from well-established academicians and practitioners. Moreover, by conducting virtual events like Geomixer during challenging period of Covid-19 to on-site events like youth forums, women forums, and special newsletter issue on women in remote sensing and geospatial information, ISPRS SC has been offering discourse platform on pertinent issues and underrepresented voices in the field. Additionally, it is establishing Student Chapters in 2024, that aims to connect local-level professional networks to global network of ISPRS and empower youths to be proactive within their communities.

The consortium has been collaborating with different technical commissions within ISPRS, international organizations, geospatial industries, and academic institutions to execute its activities successfully. Looking ahead, the ISPRS SC aspires to prepare future generations of scientists in the fields of photogrammetry, remote sensing, and geospatial technologies by equipping them with the necessary skills for meaningful scientific endeavours through the initiatives like capacity building, knowledge exchange, and professional networking.

**Keywords:** ISPRS SC, student organization, young professionals, networking, geospatial technologies

#### **Abstrakt**

Konsorcjum Studentów Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS SC) pełni rolę formalnego pośrednika między studentami i młodymi profesjonalistami, a szerszą społecznością ISPRS. Konsorcjum powołano w 2004 roku w celu włączenia studentów i młodzieży w działania ISPRS. ISPRS SC umożliwia wymianę wiedzy i dzielenie się pomysłami między młodymi ludźmi, a środowiskami naukowymi z całego świata zajmującymi się fotogrametrią, teledetekcją i naukami związanymi z informacją geograficzną.

Działania te obejmują różnorodne wirtualne i stacjonarne aktywności, które promują współpracę w ramach globalnej sieci pasjonatów badań geoprzestrzennych. Jedną z długoterminowych i skutecznych inicjatyw w zakresie budowania relacji między środowiskami są szkoły letnie, które częściowo finansowane są ze środków Fundacji ISPRS. ISPRS SC publikuje oficjalny biuletyn – SpeCtrum, który oprócz informacji o działaniach konsorcjum, zawiera również artykuły naukowe oraz prezentuje wybitnych naukowców w tej dziedzinie, w celu zachęcenia przyszłych pokoleń. Ponadto, prowadzone są serie seminariów internetowych ISPRS SC, do których zapraszani są uznani naukowcy i praktycy dzielący się wiedzą z różnych dyscyplin naukowych. Co więcej organizując liczne wydarzenia wirtualne, takie jak Geomixer, w czasie trudnego okresu pandemii COVID-19, oraz wydarzenia stacjonarne, takie jak fora młodzieżowe, fora kobiet i specjalne wydanie biuletynu na temat kobiet w teledetekcji i informacji geoprzestrzennej, ISPRS SC oferuje platformę dyskusyjną, gdzie poruszane są istotne tematy, również te dotyczące grup niedostatecznie reprezentowanych w tej dziedzinie. Dodatkowo, w 2024 roku powołane zostaną Oddziały Studenckie, które mają na celu połączenie lokalnych sieci zawodowych z globalną siecią ISPRS, co umożliwi młodzieży proaktywne działanie w swoich społecznościach.

Konsorcjum współpracuje z różnymi komisjami technicznymi w ISPRS, organizacjami międzynarodowymi, branżami geoprzestrzennymi oraz instytucjami akademickimi, aby skutecznie realizować swoje działania. Patrząc w przyszłość, ISPRS SC dąży do przygotowania przyszłych pokoleń naukowców w dziedzinach fotogrametrii, teledetekcji i technologii geoprzestrzennych, wyposażając ich w umiejętności niezbędne do podejmowania znaczących przedsięwzięć naukowych poprzez inicjatywy takie jak budowanie potencjału, wymiany wiedzy i tworzenie sieci kontaktów zawodowych.

**Słowa kluczowe:** ISPRS SC, organizacja studencka, młodzi profesjonalści, networking, technologie geoprzestrzenne

# Remote Sensing and ground data integration for forest disturbance and attributes mapping

## Integracja danych teledetekcyjnych i terenowych do mapowania zaburzeń i cech lasu

Saverio Francini<sup>\*</sup>, Gherardo Chirici

University of Florence, P.zza S. Marco, 4 – 50121, Florence, Italy

<sup>\*</sup>Corresponding author: saverio.francini@unifi.it

### Abstract

Forests are a primary ecosystem in Europe and play a crucial role in citizen health, human wellbeing, and the environment, and represent a cornerstone to climate change adaptation and mitigation. However, Europe lacks of a unique, consistent, and comprehensive forest monitoring system integrating ground and remote sensing data sources.

Currently, ground-based surveys from national forest inventories (NFIs) are the main data source for official statistics. However, despite their essential valuable contribution, ground data alone present some limitations in a pan-European context, including relatively expensive data collection, an insufficient level of standardization efforts, infrequent updates, and in many cases restrictions in accessing raw data.

Meanwhile, the increasing availability of remote sensing data combined with advances in cloud computing enables the use of sophisticated algorithms over large areas, opening new possibilities for generating comprehensive and up-to-date information on forest structures and dynamics in Europe.

Airborne Laser Scanning (ALS) derived metrics were used as reference data, due to their previously demonstrated strong correlation with several forest variables of interest, including canopy cover, diameter at breast height, tree height, basal area, biomass, growing stock volume, carbon content, and their changes over time due to disturbances.

Then, temporal patterns derived from Landsat data were employed to establish a comprehensive set of predictors for estimating forest 3D metrics. These predictors were then used to generate spatially explicit estimates of forest disturbances and forest structure variables – complementary to NFI estimates. Our results reveal that forest height metrics and forest attributes can be predicted through automatic analysis of remote sensing imagery with high accuracy.

**Keywords:** remote sensing, forest, forest disturbance

### Abstrakt

Lasy są podstawowym ekosystemem w Europie i odgrywają kluczową rolę dla zdrowia obywateli, dobrostanu ludzi oraz środowiska, stanowiąc fundament dla adaptacji i łagodzenia zmian klimatu. Jednak Europie brakuje unikalnego, spójnego i kompleksowego systemu monitorowania lasów, który integrowałby dane gromadzone ze źródeł terenowych i teledetekcyjnych.

Obecnie głównym źródłem danych dla oficjalnych statystyk są pomiary terenowe prowadzone w ramach krajowych wielkoobszarowych inwentaryzacji stanu lasów (NFI). Jednak, pomimo ich istotnego wkładu, dane terenowe w ujęciu ogólnoeuropejskim posiadają pewne ograniczenia, m.in. względnie wysoki koszt pozyskania danych, niewystarczający poziom standaryzacji, rzadkie aktualizacje oraz w wielu przypadkach ograniczenia w dostępie do surowych danych.

Tymczasem, rosnąca dostępność danych teledetekcyjnych w połączeniu z postępem w przetwarzaniu w chmurze umożliwia stosowanie zaawansowanych algorytmów na dużych obszarach, otwierając nowe możliwości generowania kompleksowych i aktualnych informacji o strukturze i dynamice lasów w Europie.

Zmienne uzyskane z przetworzenia danych z lotniczego skanowania laserowego (ALS) posłużyły jako dane referencyjne, ze względu na ich wskazaną wcześniej silną korelację z kilkoma badanymi zmiennymi leśnymi m.in. z pokryciem koron drzew, pierśnicą, wysokością drzew, pierśnicowym polem przekroju, biomasa, zapasem drzewostanu, zawartością węgla oraz zmianami w czasie związanymi z zaburzeniami.

Następnie, wzorce czasowe pochodzące z danych Landsat zostały wykorzystane do opracowania kompleksowego zestawu predyktorów do szacowania trójwymiarowych metryk lasu. Predyktory te zostały następnie użyte do generowania przestrzennie precyzyjnych szacunków zaburzeń leśnych i zmiennych struktury leśnej - uzupełniających szacunki NFI. Nasze wyniki pokazują, że wskaźniki wysokości i cechy lasu mogą być szacowane z dużą dokładnością poprzez automatyczną analizę obrazów teledetekcyjnych.

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, las, zaburzenia lasu

## **Modelling annual basal area increment of Scots pine stands using tree ring cores and multisource remote sensing data**

### **Modelowanie rocznego przyrostu pierśnicowego pola przekroju drzewostanów sosny zwyczajnej z wykorzystaniem danych o szerokości słoju rocznych oraz wieloźródłowych danych teledetekcyjnych**

**Paweł Hawryło\***, Vahid Nasiri, Jarosław Socha

Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: pawel.hawrylo@urk.edu.pl

#### **Abstract**

Accurate assessment of basal area increment (BAI) is fundamental to understanding forest growth dynamics. The study presents an integrated approach for modelling BAI utilising data from multiple sources, including tree ring cores, airborne laser scanning (ALS) point clouds, Sentinel-2 and MODIS satellite imagery and selected climatic variables from TerraClimate dataset. The study was carried out in Scots pine stands located in Poland. The 300 plots were distributed throughout the country with stratification in age and site condition classes. Tree ring cores provided reference data for BAI, capturing growth patterns with high temporal resolution. The field campaign was carried out in 2022. At each plot, the tree ring cores were collected from at least 30 trees, giving more than 9,000 tree ring core samples. Standard tree characteristics, including diameter at breast height, and tree height were also measured. The coordinates of the plot centres were measured with a high-precision GNSS receiver providing sub-metre accuracy. The BAI was calculated based on tree rings for the period 2017-2021.

The Generalised Additive Models (GAM) approach was used to analyse the relationships between tree ring-derived BAI and the integrated suite of explanatory variables derived from remote sensing data, including: selected metrics derived from ALS point clouds, number of vegetation indices calculated from Sentinel-2 imageries, selected climatic variables from TerraClimate dataset, and photosynthetically active solar radiation product from MODIS.

The results obtained demonstrate the efficacy of the integrative approach in accurately predicting BAI. Including remote sensing-derived variables significantly improved the accuracy of BAI compared to model based solely on standard stand characteristics derived from traditional field measurements.

By combining tree ring data with ALS point clouds, observations from Sentinel-2 and TerraClimate data using the interpretable GAM method, the proposed methodology provides a comprehensive understanding of the BAI of Scots pine stands, offering valuable insights for sustainable forest management.

**Keywords:** ALS, forest growth, predictive modelling, Sentinel-2, vegetation indices

#### **Abstrakt**

Określanie przyrostu pierśnicowego pola przekroju drzewostanu ma ważne znaczenie dla zrozumienia dynamiki wzrostu lasu. Przeprowadzone badania przedstawiają zintegrowane podejście do modelowania przyrostu pierśnicowego pola przekroju z wykorzystaniem danych z wielu źródeł, w tym danych o szerokości słoju rocznych drzew, chmur punktów lotniczego skanowania laserowego (ALS), zobrażeń satelitarnych Sentinel-2 i MODIS oraz wybranych zmiennych klimatycznych ze zbioru danych TerraClimate. Badania przeprowadzono w drzewostanach sosnowych na terenie Polski. Założono 300 powierzchni badawczych na terenie całego kraju

z uwzględnieniem zróżnicowania wiekowego oraz siedliskowego drzewostanów. Pomiary szerokości słoju rocznych dostarczyły danych referencyjnych do obliczenia rocznego przyrostu pierśnicowego pola przekroju. Prace terenowe zostały przeprowadzone w 2022 roku. Na każdej powierzchni pobrano odwierty do analiz przyrostu rocznego z co najmniej 30 drzew, gromadząc ponad 9 000 odwiertów. Określono również standardowe cechy drzew, w tym grubość pierśnicy i wysokość drzewa. Współrzędne środków powierzchni zostały określone za pomocą precyzyjnego odbiornika GNSS gwarantując wysoką dokładność pomiaru z błędem poniżej jednego metra. Przyrost pierśnicowego pola przekroju obliczono dla okresu 2017-2021.

Do analizy zależności pomiędzy rocznym przyrostem pierśnicowego pola przekroju a zintegrowanym zestawem zmiennych objaśniających pochodzących z danych teledetekcyjnych, zastosowano metodę uogólnionych modeli addytywnych (ang. GAM). Jako zmienne objaśniające do budowy modelu wykorzystano m.in.: wybrane wskaźniki pochodzące z chmur punktów ALS, wartości wskaźników wegetacyjnych obliczonych na podstawie obrazów Sentinel-2, wybrane zmienne klimatyczne z zestawu danych TerraClimate oraz dane na temat promieniowania aktywnego fotosyntetycznie (MODIS).

Uzyskane wyniki wskazują na skuteczność zaproponowanego podejścia w kontekście predykcji rocznego przyrostu pierśnicowego pola przekroju. Uwzględnienie zmiennych pochodzących z danych teledetekcyjnych znacznie poprawiło dokładność modelu w porównaniu z modelem opartym wyłącznie o standardowe cechy drzewostanu pochodzące z tradycyjnych pomiarów terenowych.

Poprzez zintegrowanie obszernego zbioru danych o szerokości słoju rocznych drzew z chmurami punktów ALS, obserwacjami z satelitów Sentinel-2 i MODIS oraz danymi klimatycznymi za pomocą interpretowalnej metody GAM, proponowane podejście pozwala na lepsze zrozumienie procesu wzrostu pierśnicowego pola przekroju drzewostanów sosnowych, dostarczając wartościowych informacji w kontekście prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej.

**Słowa kluczowe:** lotnicze skanowanie laserowe, wzrost lasu, modelowanie predykcyjne, Sentinel-2, indeksy wegetacyjne

## **The influence of forest tree species composition on the forest height predicted from airborne laser scanning data**

### **Wpływ składu gatunkowego drzewostanu na szacowanie wysokości lasu na podstawie danych z lotniczego skanowania laserowego**

Janis Ivanovs\*

Latvian State Forest Research Institute "Silava", Rīga str. 111, Salaspils, LV-2169, Latvia

\*Corresponding author: janis.ivanovs@silava.lv

#### **Abstract**

Airborne laser scanning (ALS) has emerged as a valuable tool for predicting forest inventory parameters. However, the properties of ALS point clouds are influenced by various factors, including the type of ALS scanner, flight altitude, scanning angle, forest stand structure, tree species composition, and vegetation season.

In this study, we integrated high-resolution ALS data, with a minimum point density of 4 points per square meter, from national coverage with field data obtained from the National Forest Inventory (NFI) to develop forest stand height models. These models were tailored for forest stands dominated by six common tree species in Latvian mixed forest stands: *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Picea abies* (L.) Karst., *Populus tremula* L., *Alnus incana* (L.) Moench, and *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. ALS data were collected using various scanners and during different growing seasons. NFI plots were partitioned into modeling and validation datasets in a 3:1 ratio.

Our results reveal that for a universal forest stand height model, the root mean square error (RMSE) value is 1.91 m, with a mean absolute error (MAE) of 1.41 m. Furthermore, stratified forest stand height models based on scanner type, individual tree species, and seasons exhibit RMSE values ranging from 1.4 m for stands dominated by Scots pine in leaf-on condition to 3.8 m for birch in leaf-off condition.

This study demonstrates the utility of ALS data in conjunction with NFI data for accurate prediction of forest stand height across diverse forest conditions, providing valuable insights for forest management and conservation efforts.

**Keywords:** forest inventory, airborne laser scanning, phenology, large scale forest mapping

### **Abstrakt**

Lotnicze skanowanie laserowe (ALS) stało się cennym narzędziem do przewidywania parametrów inwentaryzacji lasów. Jednakże na właściwości chmur punktów ALS wpływają różne czynniki, w tym rodzaj skanera, wysokość lotu, kąt skanowania, struktura drzewostanu, skład gatunkowy drzew czy sezon wegetacyjny.

W tym badaniu zintegrowaliśmy dane ALS wysokiej rozdzielczości, z minimalną gęstością chmury punktów wynoszącą 4 pkt/m<sup>2</sup>, o zasięgu krajowym, z danymi uzyskanymi z krajowej wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasów (NFI), w celu opracowania modeli wysokości drzewostanów. Modele te zostały dostosowane do drzewostanów zdominowanych przez sześć pospolitych gatunków drzew w łotewskich drzewostanach mieszanych: *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Picea abies* (L.) Karst., *Populus tremula* L., *Alnus incana* (L.) Moench, i *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Dane ALS zebrano przy użyciu różnych skanerów i podczas różnych okresów sezonów wegetacyjnych. Powierzchnie próbne NFI podzielono na zbiory danych służących do modelowania i weryfikacji w stosunku 3:1.

Nasze wyniki pokazują, że dla uniwersalnego modelu wysokości drzewostanu wartość pierwiastka błędu średniokwadratowego (RMSE) wynosi 1,91 m, przy średnim błędzie absolutnym (MAE) 1,41 m. Ponadto zróżnicowane modele wysokości drzewostanów zbudowane w oparciu o zmienne takie jak typ skanera, gatunek drzew i pora roku wykazują wartości RMSE w zakresie od 1,4 m dla drzewostanów z przewagą sosny zwyczajnej w sezonie wegetacyjnym do 3,8 m dla brzozy w stanie bezlistnym.

Badanie to pokazuje użyteczność danych ALS w połączeniu z danymi NFI do dokładnego przewidywania wysokości drzewostanów w różnych warunkach leśnych, dostarczając cennych informacji dla gospodarki leśnej i działań w zakresie ochrony środowiska.

**Słowa kluczowe:** inwentaryzacja lasów, lotnicze skanowanie laserowe, fenologia, wielkoobszarowe mapowanie lasów

## **Advancing Urban Forest Management to the Third Dimension: Integrating High-Resolution Mapping and Ecosystem Service Assessment**

### **Zaawansowane zarządzanie lasem miejskim w trzecim wymiarze: integracja wysokorozdzielczego mapowania i oceny usług ekosystemowych**

Markus Münzinger\*

Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany

\*Corresponding author: m.muenzinger@ioer.de

### **Abstract**

Trees are an integral component of the urban environment, crucial for human well-being, adaption to climate change and sustainable urban transformation. Targets related to the preservation and promotion of urban forests, comprising all trees located in urban and peri-urban areas, are already embedded in policies at various levels. These include local climate policies of individual cities as well as the EU Nature Restoration Law, a fundamental legislation of the European Green Deal, which demands that there should be no net loss of urban tree cover by 2030 and even an increase by 2050. Strategic management of urban forests, which face significant land use competition in already limited urban areas, is necessary to achieve these goals. Such management requires high-resolution mapping and monitoring of the urban tree population.

This contribution presents a transferable GIS-based methodology comprising classification of urban trees in LiDAR point clouds, individual crown segmentation, geometric parameterization and tree crown reconstruction. LiDAR point clouds from airborne laser scanning (ALS) are a valuable data resource for this. They offer

a replicable and scalable way to generate high-resolution maps of urban forest cover allowing the 3D structure of trees to be captured. In addition to the strategic management of the urban forest, the data obtained with this methodology enables the assessment of the impacts and benefits of urban forests through the calculation of ecosystem service indicators and environmental modeling. Examples of spatially explicit analysis regarding the distribution of urban trees and the modeling of tree shading on buildings are presented.

**Keywords:** 3D tree models, green infrastructure, LiDAR point cloud classification, urban forest structure, parametric tree modeling

### **Abstrakt**

Drzewa są integralnym elementem środowiska miejskiego, kluczowym dla dobrostanu człowieka, adaptacji do zmian klimatu i zrównoważonej transformacji miast. Cele związane z ochroną i promocją lasów miejskich, uwzględniające wszystkie drzewa znajdujące się na obszarach miejskich i podmiejskich, są już ujęte w strategiach na różnych szczeblach. Należą do nich lokalne polityki klimatyczne poszczególnych miast, a także unijne rozporządzenie o odbudowie zasobów przyrodniczych, czy strategia Europejski Zielony Ład, która wymaga, aby do roku 2030 nie nastąpiła utrata netto pokrycia drzew na obszarach miejskich, a nawet jej wzrost do roku 2050. Do osiągnięcia tych celów, konieczne jest strategiczne zarządzanie lasami miejskimi, które borykają się ze znaczną konkurencją w zakresie użytkowania gruntów na i tak już ograniczonych obszarach miejskich. Takie zarządzanie wymaga mapowania i monitorowania miejskiej populacji drzew w wysokiej rozdzielczości.

W badaniu przedstawiono możliwą do przeniesienia metodologię opartą na systemach GIS, obejmującą klasyfikację drzew miejskich na podstawie chmury punktów LiDAR, segmentację pojedynczych koron, parametryzację geometryczną oraz rekonstrukcję koron drzew. Chmury punktów LiDAR pochodzące z lotniczego skanowania laserowego (ALS) stanowią cenne źródło danych w tym zakresie. Oferują powtarzalną i skalowalną metodykę generowania map pokrycia lasów miejskich o wysokiej rozdzielczości, umożliwiającą uchwycenie trójwymiarowej struktury drzew. Oprócz strategicznego zarządzania lasami miejskimi dane uzyskane za pomocą tej metodologii umożliwiają ocenę wpływu i korzyści płynących z lasów miejskich poprzez obliczenie wskaźników usług ekosystemowych i modelowanie środowiskowe. Przedstawiono przykłady analiz przestrzennych dotyczących rozmieszczenia drzew miejskich oraz modelowania zacienienia budynków przez drzewa.

**Słowa kluczowe:** modele 3D drzew, zielona infrastruktura, klasyfikacja chmur punktów LiDAR, struktura lasów miejskich, parametryczne modelowanie drzew

## **Modeling Vegetation Indicators in Urban Areas using Sentinel-2 and High-Resolution Reference Data based on Neural Networks**

### **Modelowanie wskaźników roślinności na obszarach miejskich przy użyciu danych Sentinel-2 i wysokorozdzielczych danych referencyjnych z wykorzystaniem sieci neuronowych**

**Benjamin Stöckigt**<sup>1, 2\*</sup>, Sebastian Lehmler<sup>1</sup>, Annett Frick<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Luftbild Umwelt Planung GmbH; Große Weinmeisterstraße 3a, 14469 Potsdam, Germany

<sup>2</sup>Freie Universität Berlin; Kaiserswerther Str. 16-18, 14195 Berlin, Germany

\*Corresponding author: benjamin.stoekigt@lup-umwelt.de

### **Abstract**

In the context of climate change, municipalities are increasingly recognizing their responsibility to integrate measures for climate change adaptation into their concepts for urban development. Vegetation indicators such as green volume and tree cover density can play a significant role in addressing the issue of urban heat islands. Within the UrbanGreenEye project, we are developing remote sensing indicators based on satellite data that can be used to regularly monitor municipalities across Germany. Therefore, Sentinel-2 provides up to weekly multispectral data with a spatial resolution to 10 meters and is available for free. When classifying those satellite image time series,



deep learning algorithms, including transformer models, have shown their effectiveness. To ensure high-quality reference, we use upscaled vegetation height data from aerial imagery and elevation models. This dataset covers multiple cities across Germany from the years 2018 to 2022.

This research aims to analyze the possibility of modeling vegetation indicators, such as green volume and tree cover density, on a yearly basis using Sentinel-2 time series and an attention-based transformer model. Key questions for predicting vegetation indicators include the model uncertainty when applying to independent spatial and temporal data. This enables the assessment of scaling the results to a country level and across different years.

**Keywords:** deep learning, climate adaptation, satellite image time series

### **Abstrakt**

W kontekście zmian klimatycznych, samorządy coraz częściej uznają swoją odpowiedzialność za włączanie działań na rzecz adaptacji do zmian klimatu w swoje koncepcje rozwoju miejskiego. Wskaźniki wegetacji, takie jak objętość zieleni i gęstość pokrywy drzewnej, mogą odegrać istotną rolę w zwalczaniu efektu miejskich wysp ciepła. W ramach projektu UrbanGreenEye, opracowujemy wskaźniki teledetekcyjne oparte na danych satelitarnych, które mogą być wykorzystywane do regularnego monitorowania jednostek samorządowych w Niemczech. Satelita Sentinel-2 dostarcza aktualizowane co tydzień darmowe dane wielospektralne o rozdzielczości przestrzennej do 10 metrów. Przy klasyfikacji serii czasowych zdjęć satelitarnych, algorytmy głębokiego uczenia, w tym modele transformatorów, wykazały swoją skuteczność. Aby zapewnić wysokiej jakości dane referencyjne, wykorzystaliśmy skalowane dane wysokościowe roślinności z obrazów lotniczych i modeli wysokościowych. Zestaw danych obejmuje wiele miast w Niemczech w latach 2018-2022.

Celem badań jest analiza możliwości modelowania wskaźników roślinności, takich jak objętość zieleni i mapa koron drzew, w ujęciu rocznym z wykorzystaniem szeregów czasowych Sentinel-2 i modelu transformatora opartego na mechanizmie uwagi. Kluczowe pytania dotyczące prognozowania wskaźników wegetacyjnych obejmują niepewność modelu przy stosowaniu niezależnych danych przestrzennych i czasowych. Umożliwia to ocenę skalowania wyników na poziomie kraju i w różnych latach.

**Słowa kluczowe:** uczenie głębokie, adaptacja klimatyczna, szeregi czasowe zdjęć satelitarnych

## **Incorporating high-resolution climate, remote sensing and topographic data to map annual forest growth in central and eastern Europe**

### **Włączenie wysoko-rozdzielczych danych klimatycznych, teledetekcyjnych i topograficznych do mapowania rocznego wzrostu lasów w Europie Środkowej i Wschodniej**

**Jernej Jevšenak\***, TREOS Team

Technical University of Munich, Hans-Carl-v.-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising, Germany

\*Corresponding author: jernej.jevsenak@gozdis.si

### **Abstract**

To advance our understanding of forest carbon sequestration, climate change mitigation and drought impact on forest ecosystems, developing high-resolution annual maps of forest growth based on tree-ring width (TRW) represents a significant leap forward. Site-specific characteristics, which can be approximated by high-resolution Earth observation by satellites (EOS), emerge as crucial drivers of forest growth, influencing how climate translates into tree growth. EOS provides detailed surface reflectance data, which enhances the accuracy of TRW-based forest growth models.

By integrating climate, topography and EOS data, we developed species-specific models that explained up to 52% of model variance (*Quercus petraea* model). However, models combining multiple species showed lower accuracy ( $R^2 = 13\%$ ). Incorporating EOS data into traditional models that previously used only climate and elevation data increased the explained variance by 6% on average. Utilising these improvements, we created a detailed map of annual TRW for the year 2021. We applied the area of applicability (AOA) method to define the range in which

our models reliably operated. The calculated AOA for the established forest-type models was 73% of the study region, indicating robust spatial applicability. Notably, unreliable predictions predominantly occurred in the climate margins of our dataset. In conclusion, our large-scale assessment underscores the efficacy of combining climate, EOS and topographic data to develop robust models for mapping annual TRW.

This research not only fills a critical void in the current understanding of forest growth dynamics but also highlights the potential of integrated data sources for comprehensive ecosystem assessments.

**Keywords:** Sentinel-1, Sentinel-2, tree rings, random forest, vegetation indices

### **Abstrakt**

Rozwój rocznych map wzrostu lasów na podstawie szerokości słoju (TRW) stanowi znaczący postęp do poszerzenia naszego zrozumienia sekwestracji węgla przez lasy, łagodzenia zmian klimatycznych oraz wpływu suszy na ekosystemy leśne. Wysokorozdzielczy satelitarny System Obserwacji Ziemi (EOS) umożliwia określenie charakterystyk specyficznych dla danego miejsca, które okazują się kluczowymi czynnikami wpływającymi na wzrost lasów oraz określenia jak klimat przekłada się na wzrost drzew. EOS dostarcza szczegółowych danych o odbiciu powierzchni, co zwiększa dokładność modeli wzrostu lasów opartych na TRW.

Integrując dane klimatyczne, topograficzne i EOS, opracowaliśmy modele specyficzne dla gatunków, które wyjaśniły do 52% wariacji modelu (model *Quercus petraea*). Jednak modele łączące wiele gatunków wykazały niższą dokładność ( $R^2 = 13\%$ ). Włączenie danych EOS do tradycyjnych modeli, które wcześniej używały tylko danych klimatycznych i wysokościowych, zwiększyło wyjaśnioną wariację średnio o 6%. Wykorzystując te ulepszenia, stworzyliśmy szczegółową mapę rocznego TRW na rok 2021. Zastosowaliśmy metodę area of applicability (AOA - obszaru zastosowania), aby zdefiniować zakres, w którym nasze modele działały niezawodnie. Obliczony AOA dla wykonanych modeli typów lasów wynosił 73% dla badanego obszaru, wskazując na dobre przestrzenne zastosowanie. Warto odnotowania jest to, że niepewne prognozy występowały przeważnie na klimatycznych marginesach naszego zbioru danych. Podsumowując, nasza szeroko zakrojona ocena podkreśla skuteczność połączenia danych klimatycznych, EOS i topograficznych w rozwijaniu modeli do mapowania rocznego TRW.

Niniejsze badanie nie tylko wypełnia istotną lukę w obecnym zrozumieniu dynamiki wzrostu lasów, ale także podkreśla potencjał zintegrowanych źródeł danych w kompleksowej ocenie ekosystemów.

**Słowa kluczowe:** Sentinel-1, Sentinel-2, słoje drzew, las losowy, wskaźniki roślinności

## **Digital wet areas mapping**

### **Cyfrowe mapowanie obszarów podmokłych**

William Lidberg\*

Swedish University of Agricultural Sciences, P.O. Box 7070, SE-750 07 Uppsala, Sweden

\*Corresponding author: William.lidberg@slu.se

### **Abstract**

Forests in the boreal zone often hide wet areas crucial for healthy ecosystems. These areas can be vast wetlands, streams hidden under dense canopy, or moist soil strips along streams (riparian zones). Traditional aerial photographs struggle to penetrate the forest cover, leaving these areas unmapped.

Heavy machinery used in forestry can damage these sensitive zones, impacting water quality. To minimize such damage, forest operations need to avoid these areas. However, effective planning requires knowing their location.

This research aimed to develop methods for mapping these hidden waterways. High-resolution digital elevation models (DEMs) are becoming increasingly available due to national laser scanning projects. By analyzing DEMs with appropriate processing techniques, we can create more accurate stream network maps. While DEMs can also be used for forest-covered wet areas, a universally efficient method is still lacking.

To address this challenge, we combined machine learning with stream networks obtained from various sources. We also incorporated data from soil and climate maps to predict wet areas more accurately. This approach allows for cost-effective generation of detailed maps for forest management.

These new maps can guide forestry operations in several ways. Previously unknown headwater streams can be protected with buffer zones. Additionally, the maps can help identify sensitive areas where heavy machinery should be avoided.

**Keywords:** machine learning, LiDAR, wet area mapping, remote sensing, forestry

### **Abstrakt**

Lasy w strefie borealnej często ukrywają wilgotne obszary kluczowe dla zdrowych ekosystemów. Należą do nich rozległe mokradła, strumienie ukryte pod gęstą koroną drzew czy wilgotne pasy gleby zlokalizowane wzdłuż strumieni (strefy przybrzeżne). Brak możliwości przebiccia się przez pokrywę leśną przy wykorzystaniu tradycyjnych zdjęć lotniczych uniemożliwia wykorzystanie tej metody do mapowania wskazanych obszarów.

Wykorzystanie ciężkiego sprzętu w leśnictwie może uszkadzać te wrażliwe strefy, wpływając na jakość wody. Aby zminimalizować takie szkody, działania leśne powinny omijać wskazane obszary. Jednak efektywne planowanie wymaga znajomości ich lokalizacji.

Celem tego badania było opracowanie metod mapowania ukrytych cieków wodnych. Dzięki krajowym projektom skanowania laserowego, coraz bardziej dostępne stają się wysokorozdzielcze Numeryczne Modele Terenu (DEM). Analizując DEM za pomocą odpowiednich technik przetwarzania, możemy tworzyć dokładniejsze mapy sieci cieków. Choć DEM mogą być używane do mapowania wilgotnych obszarów leśnych, nadal brakuje efektywnych i uniwersalnych metod.

Aby sprostać temu wyzwaniu, wykorzystaliśmy algorytmy uczenia maszynowego oraz dane o sieciach strumieni pochodzące z różnych źródeł. Aby dokładniej przewidywać występowanie obszarów wilgotnych, do analiz włączyliśmy również dane z map glebowych i dane klimatyczne. To podejście pozwala na efektywne kosztowo generowanie szczegółowych map do zarządzania lasami.

Utworzone mapy mogą wspomagać operacje leśne w kilku zakresach. Dotychczas nieznanne cieki mogą być chronione przez strefy buforowe. Ponadto, mapy mogą pomóc w identyfikacji wrażliwych obszarów, gdzie należy unikać wykorzystania ciężkiego sprzętu.

**Słowa kluczowe:** uczenie maszynowe, LiDAR, mapowanie obszarów podmokłych, teledetekcja, leśnictwo

## **Processing satellite data for land change and modification studies**

### **Przetwarzanie danych satelitarnych w badaniach zmian użytkowania i pokrycia terenu**

David Frantz\*

Trier University, Universitätsring 15, D-54296 Trier, Germany

\*Corresponding author: david.frantz@uni-trier.de

### **Abstract**

We are currently living in an era where satellite data become abundantly and increasingly available to all end users, hence enabling land cover and land use change, as well as land modification studies, both across large areas and over long time frames. At the same time, the big data volume and complexity of the data require sophisticated processing and corrections to be used reliably and consistently. These data are nowadays available off-the-shelf as “Analysis Ready Data”, which however, increasingly become black boxes for many users, although a general understanding of what is included (or not) is required to exploit their potential to the highest degree possible.

This presentation will give an overview of effects that we commonly encounter in those big satellite image archives, with a focus on high to medium-resolution optical sensors like Landsat or Sentinel-2. Required processing steps that tackle those effects will be presented. This includes cloud and cloud shadow detection,

corrections for atmospheric effects like scattering caused by aerosol particles or absorption by water vapor, as well as illumination-, and surface anisotropy-effects caused by varying illumination, viewing directions and sloped terrain.

**Keywords:** Satellite processing, Sentinel-2, Landsat, big data

### **Abstrakt**

Aktualnie żyjemy w erze, gdzie dane satelitarne stają się coraz bardziej dostępne dla wszystkich użytkowników końcowych, co umożliwia prowadzenie badań nad zmianami pokrycia i użytkowania terenu, jak również modyfikacjami terenu, zarówno na dużych obszarach, jak i w szerokich ramach czasowych. Jednocześnie, duża objętość danych i ich złożoność wymagają zaawansowanego przetwarzania i korekty zobrazowań, w celu korzystania z nich w sposób niezawodny i spójny. Obecnie dane te są dostępne jako „dane gotowe do analizy” (Analysis Ready Data), które jednak coraz częściej stają się również „czarnymi skrzynkami” dla wielu użytkowników. Chociaż ogólne zrozumienie tego, co jest w nich zawarte (lub nie), jest wymagane, aby wykorzystać w maksymalny stopniu potencjał tych danych.

Prezentacja przedstawi przegląd problemów, które często napotykamy w dużych archiwach zdjęć satelitarnych, ze szczególnym uwzględnieniem sensorów optycznych o wysokiej i średniej rozdzielczości, takich jak Landsat czy Sentinel-2. Zostaną przedstawione wymagane etapy przetwarzania, które umożliwiają rozwiązywanie tych problemów. Obejmują one m.in. wykrywanie chmur i cieni chmur, korekty wpływu rozpraszania promieniowania spowodowanego przez cząsteczki aerozoli zawartych w atmosferze czy absorpcji przez parę wodną, a także efekty anizotropii oświetlenia i powierzchni spowodowane zmiennym oświetleniem, różnymi kierunkami obserwacji i zmiennym ukształtowaniem terenu.

**Słowa kluczowe:** przetwarzanie danych satelitarnych, Sentinel-2, Landsta, big data

## **Modelling the Role of Weather and Forest Management on Nutrient Export in Boreal Forested Catchments**

### **Modelowanie wpływu pogody i zarządzania lasami na eksport składników odżywczych w zlewniach leśnych strefy borealnej**

Aura Salmivaara\*

Natural Resources Institute Finland, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki, Finland

\*Corresponding author: [aura.salmivaara@luke.fi](mailto:aura.salmivaara@luke.fi)

### **Abstract**

Weather-driven hydrological variability and forest management influence the nutrient export from forests to aquatic systems. Distributed NutSpaFHy model has been developed by Laurén et al. (2021) for exploring the effect and range of variation in nutrient export in boreal forested catchments and here the findings from studies located in Southeastern Finland are summed up.

Salmivaara et al. (2023) used NutSpaFHy model with varying weather and forest management scenarios and found that the increase in nutrient export by wet & mild weather (over 55%) exceeded the increase caused by the clear-cutting scenario (23 %) when compared to baseline. Dry weather decreased the nutrient exports to tenth of the baseline, which was per hectare 2.22 kg for N, 0.08 kg for P. However, forest management also has role in influencing the nutrient export as studied by Leinonen et al. 2023 exploring a 100 equally probable logging scenarios and their influence on nutrient export with NutSpaFHy model in the same study area. The clear-cut-induced excess nutrient exports varied by 4-7% between scenarios. By locating clear-cuts to less risky areas and decreasing the intensity of cuttings, the magnitude of the nutrient export can be reduced. Recently submitted study by Juvonen et al. found that preferring continuous cover forestry over clear-cuts in suitable sites can result to a 0.022 kg/ha/year reduction for P loading.

Results from the studies suggest that forest management alternatives differ in their nutrient export contribution and while the climate change might make maintaining good ecological status in aquatic systems very difficult,

there are potential actions that can be cost-effective and economically viable to be committed in near future that can decrease the nutrient export load to the receiving water body when targeted wisely.

**Keywords:** nutrient export, forest management, climate change, boreal forests, nutrient modelling

### **Abstrakt**

Zmienność hydrologiczna napędzana przez pogodę oraz zarządzanie lasami wpływają na eksport składników odżywczych z lasów do systemów wodnych. Model NutSpaFHy został opracowany przez Laurén i in. (2021) w celu zbadania wpływu i zakresu zmienności eksportu składników odżywczych w zlewniach leśnych strefy borealnej, a tutaj podsumowano wyniki badań z południowo-wschodniej Finlandii.

Salmivaara i in. (2023) użyli modelu NutSpaFHy wykorzystując różne scenariusze pogodowe i zarządzania lasami. Stwierdzili, że wzrost eksportu składników odżywczych spowodowany wilgotną i łagodną pogodą (o ponad 55%) przekroczył wzrost spowodowany scenariuszem stosowania rębni zupełnej (23%), w porównaniu z wartością bazową. Suche warunki pogodowe zmniejszyły eksport składników odżywczych do dziesiątej wartości bazowej, co wynosiło 2,22 kg na hektar dla azotu (N) i 0,08 kg dla fosforu (P). Analizując 100 równie prawdopodobnych scenariuszy pozyskania drewna i ich wpływ na eksport składników odżywczych za pomocą modelu NutSpaFHy na tym samym obszarze, Leinonen i in. (2023) wykazali, że zarządzanie lasami również ma wpływ na eksport składników odżywczych. Nadmiar eksportu składników odżywczych indukowany przez zręb zupełny wahał się między scenariuszami o 4-7%. Lokalizując pozyskanie drewna w mniej ryzykownych obszarach i zmniejszając intensywność cięć, można zmniejszyć wielkość eksportu składników odżywczych. Niedawno przeprowadzone badanie autorstwa Juvonen i in. wykazało, że preferowanie użytkowania ciągłego lasu nad zrębami zupełnymi w odpowiednich miejscach może prowadzić do redukcji obciążenia fosforem o 0,022 kg/ha/rok.

Wyniki badań sugerują, że alternatywne metody zarządzania lasami różnią się wkładem w eksport składników odżywczych. Chociaż zmiany klimatyczne mogą bardzo utrudnić utrzymanie dobrego stanu ekologicznego w systemach wodnych, istnieją potencjalne działania, które mogą być opłacalne ekonomicznie i możliwe do realizacji w najbliższej przyszłości. Mogą one zmniejszyć obciążenie zbiorników wodnych eksportem składników odżywczych, jeśli zostaną mądrze ukierunkowane.

**Słowa kluczowe:** eksport składników odżywczych, gospodarka leśna, zmiany klimatyczne, lasy borealne, modelowanie składników odżywczych

## **Exploring the potential of Copernicus Sentinel missions in environmental research through open access and knowledge sharing**

### **Odkrywanie potencjału misji Sentinel z programu Copernicus w badaniach środowiskowych poprzez otwarty dostęp i wymianę wiedzy**

Ewelina Dobrowolska\*

Serco Italy S.p.ACo, Via Sciadonna 24-26, 00044 Frascati (Rome), Italy

\*Corresponding author: ewelina.dobrowolska@serco.com

### **Abstract**

In the realm of data science, satellite imagery has become crucial for various applications like environmental monitoring and urban planning. This presentation explores the growing field of Earth Observation (EO) data, highlighting its significant impact through a synthesis of experiences, trends, and available resources.

Open access to EO data from Copernicus Sentinel missions has provided researchers and practitioners with a wealth of information, allowing for precise monitoring of vegetation, estimating biomass, and detecting disturbances in forests. This accessibility has not only democratized scientific research but also fostered collaborative efforts towards sustainable forest management and biodiversity conservation.

Moreover, the importance of sharing results from projects utilizing EO data cannot be overstated. By disseminating findings, methodologies, and insights, stakeholders can collectively advance scientific knowledge, inform policy

decisions, and catalyze innovative solutions to environmental challenges. This culture of knowledge sharing fosters a vibrant ecosystem of collaboration, amplifying the impact of individual projects and fostering a culture of transparency and reliability.

In tandem with the data accessibility, newly emerging platforms and resources offer young scientists unprecedented opportunities to deepen their understanding of EO data applications. Through interactive training materials, online courses and workshops, aspiring researchers can enhance their skills in data analysis, remote sensing techniques, and the interpretation of EO imagery. By harnessing these resources and fostering a culture of interdisciplinary collaboration, we can pave the way towards a more sustainable and resilient future for our planet.

**Keywords:** satellite imagery, Earth observation, Copernicus programme, knowledge sharing, environmental monitoring

#### **Abstrakt**

W dziedzinie nauki o danych zobrazowania satelitarne stały się kluczowe dla różnorodnych zastosowań, takich jak monitorowanie środowiska naturalnego i planowanie urbanistyczne. Niniejsza prelekcja poświęcona jest rozwijającej się dziedzinie analizy danych pochodzących z satelitarnej obserwacji Ziemi (Earth Observation – EO), podkreślając jej znaczący wpływ poprzez syntezę doświadczeń, trendów i dostępności zasobów.

Otwarty dostęp do zbioru danych satelitarnych z misji Sentinel programu Copernicus zapewnił naukowcom i praktykom bogactwo informacji, umożliwiając precyzyjne monitorowanie roślinności, szacowanie biomasy i wykrywanie zaburzeń w lasach. Ta dostępność nie tylko doprowadziła do rozpowszechnienia badań naukowych, ale także wspiera wspólne wysiłki na rzecz zrównoważonej gospodarki leśnej i ochrony bioróżnorodności.

Jednocześnie nie można przecenić znaczenia dzielenia się wynikami projektów wykorzystujących dane pochodzące z obserwacji Ziemi. Poprzez szerzenie wyników, metodologii i spostrzeżeń, zainteresowane podmioty mogą wspólnie rozwijać wiedzę naukową, informować organy decyzyjne i katalizować innowacyjne rozwiązania dla wyzwań środowiskowych. Ta kultura dzielenia się wiedzą sprzyja powstaniu żywego ekosystemu współpracy, zwiększając wpływ poszczególnych projektów i wspierając kulturę opartą na transparentności i wiarygodności.

Wraz z dostępnością danych, nowo powstające platformy i źródła danych oferują młodym naukowcom bezprecedensowe możliwości pogłębienia ich zrozumienia zastosowań danych EO. Dzięki interaktywnym materiałom szkoleniowym, kursom online i warsztatom, początkujący naukowcy mogą rozwijać swoje umiejętności w zakresie analizy danych, technik teledetekcji i interpretacji obrazów EO. Wykorzystując te zasoby i wspierając kulturę interdyscyplinarnej współpracy, możemy ugotować drogę ku bardziej zrównoważonej przyszłości naszej planety.

**Słowa kluczowe:** zdjęcia satelitarne, obserwacja Ziemi, program Copernicus, dzielenie się wiedzą, monitorowanie środowiska.

### **Scaling material usage of forest ecosystem service: spatial accessibility method for mapping European wood supply and demand mismatches**

### **Skalowanie wykorzystania usług ekosystemów leśnych: użycie metody dostępności przestrzennej w celu mapowania balansu między popytem i podażą drewna (jako usługi ekosystemowej) w Europie**

**Anita Poturska**<sup>1\*</sup>, Kotavaara O.<sup>2</sup>, Ala-Hulkko T.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>University of Oulu, Geography Research Unit, Pentti Kaiteran katu 1 St., 90570 Oulu, Finland

<sup>2</sup>Univeristy of Oulu, Kerttu Saalasti Institute, Pajatie 5, FI-855500 Nivala, Finland

\*Corresponding author: anita.poturska@oulu.fi

## Abstract

Forests are one of the critical ecosystems that provide us with all kinds of services to sustain human welfare and well-being. In particular, wood ecosystem service (ES) is crucial as it is a key provisioning service of forests. In Europe, the amount of forested areas has grown throughout the years, due to forest transition related policies and management actions. Nevertheless, exploitation of these ecosystems is still high and wood ES supply and demand patterns are of the main concerns for sustaining healthy forests. Mapping and recognizing the spatial characteristics of wood ES in terms of service provision, flow and beneficiary areas can be helpful in estimating the mismatches between supply and demand of ES, which has the potential to be utilized in identifying the regions of overconsumption or production surpluses.

In our study we present a methodological approach to map the mismatches between supply and demand of a provisioning ES, with an example of wood resources, using GIS-based spatial accessibility analysis. To map the mismatches of wood ecosystem service supply and demand, we used the following data: regional wood harvest from national databases (service provisioning area and supply proxy), wood consumption (service benefiting area and demand proxy) and transportation network model of European infrastructure (service connecting area proxy). We found that the spatial accessibility to mapped forest ES across Europe is good. Our study demonstrates the opportunities for using spatial accessibility methodology in mapping ecosystem services, especially when considering the balance between production and consumption of services across high latitudes. The tools and approaches used in our study have huge potential for evaluation of sustainable use of provisioning ecosystem services.

We recommend using this approach in ecosystem services mapping and apply it in policy and decision-making to further improve the management of ecosystems and provision of their services.

**Keywords:** forest ecosystem service, wood supply and demand, service providing, benefiting and connecting areas

## Abstrakt

Lasy są jednym z głównych ekosystemów zapewniających wszelkiego rodzaju usługi w celu utrzymania dobrobytu populacji. W szczególności usługi ekosystemowe związane z produkcją i konsumpcją drewna są kluczową usługą świadczoną przez lasy. W Europie ilość obszarów leśnych wzrosła na przestrzeni lat, ze względu na politykę transformacji leśnej i działaniami w zakresie poprawy zarządzania i konserwacji tych ekosystemów. Niemniej jednak lasy są nadal wysoce eksploatowane, a wzorce podaży i popytu na drewno są głównymi obawami w utrzymywaniu ich zdrowia. Mapowanie podaży i popytu na drewno, jako usługi ekosystemowej, w ujęciu kaskadowym, przy użyciu konceptów określania obszarów świadczenia usług, obszarów przepływu usług oraz obszarów finalnych korzyści może być pomocne w szacowaniu rozbieżności między podażą a popytem na tę usługę, co powinno usprawnić identyfikację regionów nadmiernej konsumpcji lub nadwyżek produkcyjnych.

W naszym badaniu przedstawiamy metodologiczne podejście do mapowania rozbieżności między podażą, a popytem na usługi ekosystemowe, na przykładzie zasobów drewna, przy użyciu analizy dostępności przestrzennej. Aby zmapować rozbieżności między podażą i popytem na usługę ekosystemową drewna, wykorzystaliśmy następujące dane: regionalne pozyskanie drewna z krajowych baz danych (obszar świadczenia usług i wskaźnik podaży), konsumpcja drewna (obszar korzystania z usług i wskaźnik popytu) oraz model sieci transportowej infrastruktury europejskiej (wskaźnik obszaru łączącego usługi). Na podstawie wyników naszych badań stwierdzamy, że dostępność przestrzenna zmapowanych usług leśnych w całej Europie jest dobra. Nasze badanie pokazuje możliwości wykorzystania metodologii dostępności przestrzennej w mapowaniu usług ekosystemowych, zwłaszcza gdy rozważa się równowagę między produkcją, a konsumpcją usług na dużych szerokościach geograficznych. Narzędzia i teoria zastosowane w naszym badaniu mają ogromny potencjał do oceny zrównoważonego korzystania z usług ekosystemowych.

Zalecamy stosowanie tego podejścia w mapowaniu usług ekosystemów i aplikowanie wyników otrzymanych na jego podstawie, w podejmowaniu decyzji dotyczących planowania przestrzennego i ochrony ekosystemów leśnych, w celu dalszej poprawy zarządzania tymi terenami i zapewnienia kontynuacji produkowanych przednie usług.

**Słowa kluczowe:** leśne usługi ekosystemowe, wskaźniki popytu i podaży drewna, obszary produkcji, konsumpcji i łączności usług ekosystemowych

## **Nature and culture: how remote sensing and social media shape future of cultural ecosystem services research**

### **Natura i kultura: jak teledetekcja i media społecznościowe kształtują przyszłość badań nad kulturowymi usługami ekosystemowymi**

Oleksandr Karasov\*

Digital Geography Lab, University of Helsinki, PL 68 (Pietari Kalmin katu 5), 00014 Helsinki, Finland

\*Corresponding author: oleksandr.karasov@helsinki.fi

#### **Abstract**

Whilst both remote sensing and crowdsourcing are established methods in geographic research, the links between them remain relatively weak in the domain of cultural ecosystem services (a.k.a. non-material nature's contributions to people). This discrepancy is both technical (caused by the different skill sets of respective experts) and conceptual: remote sensing tends to focus on more 'hard', tangible environmental features and phenomena, such as land cover mapping and urban sprawl or vegetation analysis, while social media (Instagram, Twitter, etc.) data is a medium to 'soft' world of people's whereabouts, depicted visual landscapes and outdoor activities, as well as complex narratives. Meanwhile, remote sensing and social media are complementary and shed light on the environmental conditions of valuable nature-related experiences and users' reflections on such experiences.

Therefore, an integrated approach, relying on Earth observations from space and geotagged user-generated content, is essential for spatially explicit assessment of cultural ecosystem services. In my work, numerous indicators commonly used in remote sensing (colours, texture, etc.) may serve as a proxy for psychological landscape attributes, such as harmony and coherence, applicable for country-wide assessment. For example, by leveraging machine learning techniques, we predicted the landscape suitability for taking photographs, representing landscape watching, outdoor recreation activities, and wildlife watching for the whole territory of Estonia. This modelling allowed rapid detection of highly populated areas that lacked landscape quality to address urban planning.

However, recent changes in the major companies' social media policies (Meta, X Corp) drastically reduced opportunities for academic access to geotagged user-generated content, anticipating the 'sunset era' of classical social media-based environmental research. Still, some new emerging actors, such as Telegram, rapidly change users' digital habits and provide novel opportunities for participatory research.

**Keywords:** Earth observation, crowdsourcing, non-material values of nature, people-nature interactions, landscape research

#### **Abstrakt**

Chociaż zarówno teledetekcja, jak i crowdsourcing są ugruntowanymi metodami w badaniach geograficznych, powiązania między nimi pozostają stosunkowo słabe w dziedzinie kulturowych usług ekosystemowych (tj. niematerialnego wkładu natury w życie ludzi). Ta rozbieżność ma charakter zarówno techniczny (spowodowany różnymi umiejętnościami poszczególnych ekspertów), jak i koncepcyjny: teledetekcja zwykle koncentruje się na bardziej „twardych”, namacalnych cechach i zjawiskach środowiskowych, takich jak mapowanie pokrycia terenu, analiza rozrostu miast lub analiza roślinności, podczas gdy dane z mediów społecznościowych (Instagram, Twitter itp.) dotyczą 'miękkiego' świata miejsc pobytu ludzi, przedstawianych wizualnie krajobrazów i aktywności na świeżym powietrzu, a także złożonych narracji. Tymczasem teledetekcja i media społecznościowe uzupełniają się i rzucają światło na uwarunkowania środowiskowe cennych doświadczeń przyrodniczych oraz refleksje użytkowników na temat takich doświadczeń.

Dlatego zintegrowane podejście, opierające się na obserwacjach Ziemi z kosmosu i geotagowanych treściach generowanych przez użytkowników, jest niezbędne do wyraźnej przestrzennej oceny kulturowych usług ekosystemowych. W mojej pracy liczne wskaźniki powszechnie stosowane w teledetekcji (kolory, tekstura itp.) mogą służyć jako wyznacznik psychologicznych atrybutów krajobrazu, takich jak harmonia i spójność, mających zastosowanie w ocenie ogólnokrajowej. Na przykład, wykorzystując techniki uczenia maszynowego, przewidzieliśmy przydatność krajobrazu do robienia zdjęć, przedstawiających obserwację krajobrazu, rekreację



na świeżym powietrzu i obserwację dzikiej przyrody na całym terytorium Estonii. Modelowanie to umożliwiło szybkie wykrycie obszarów gęsto zaludnionych, którym brakowało krajobrazu o dobrej jakości, aby następnie uwzględnić ich tworzenie na etapie planowania urbanistycznego.

Jednak niedawne zmiany w polityce mediów społecznościowych głównych firm (Meta, X Corp) drastycznie ograniczyły możliwości dostępu akademickiego do treści generowanych przez użytkowników z tagami geograficznymi, wyprzedzając „sunset era” klasycznych badań środowiskowych opartych na mediach społecznościowych. Mimo to niektóre nowe, wschodzące podmioty, takie jak Telegram, szybko zmieniają nawyki cyfrowe użytkowników i zapewniają nowe możliwości badań partycypacyjnych.

**Słowa kluczowe:** Obserwacja Ziemi, crowdsourcing, niematerialne wartości przyrody, interakcje człowiek-przyroda, badania krajobrazu

## **The potential of Public Participation Geographic Information Systems (PPGIS) for studying recreational behaviour across generations – a case study of Vienna metropolitan area, Austria**

### **Potencjał Systemów Informacji Geograficznej z Udziałem Społecznym (PPGIS) w badaniu zachowań rekreacyjnych różnych pokoleń – studium przypadku obszaru metropolitalnego Wiednia, Austria**

**Fruzsina Stefan**<sup>1\*</sup>, David Ganhör<sup>1</sup>, Mariusz Ciesielski<sup>2</sup>, Karolina Taczanowska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Gregor-Mendel St. 33, 1180, Vienna, Austria

<sup>2</sup>Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: fruzsina.stefan@boku.ac.at

#### **Abstract**

The rapid evolution of technology and its impact on human-environment systems are subjects of international interdisciplinary debates. With the datafication and utilization of big data, we can gain greater insights and make more informed and strategic planning decisions (Cook et al., 2023). However, recreation literature reveals noteworthy disparities in datasets, particularly regarding digital competence and its impact on management and spatial planning (Pickering et al. 2018). This study addresses generational differences in digital skills and recreational behavior, exploring the consequences of digital habits in outdoor recreation.

Empirical data was gathered through an online panel survey conducted on the Maptionnaire platform among Vienna's metropolitan area inhabitants during Autumn 2023 (n = 3089). Diverse representation was ensured by targeting various social demographics accessible via smartphones, tablets, or computers. As part of a larger research project combining diverse sources like mobile device and social media data, GNSS-based Volunteered Geographic Information, citizen science data, and open spatial data, this presentation exclusively draws from the online survey.

Preliminary findings provide insights into patterns of human mobility in metropolises, emphasizing the role of digital skills in shaping recreational behavior across generations. Enriched by PPGIS insights, the study identifies technology adoption and recreational preference differences, emphasizing a trend towards technology-driven planning for an enhanced forest experience.

Technological innovations must align with evolving habits and competencies, demanding adaptive, technology-savvy approaches in dynamic recreation landscapes. The use of digital tools by different generations highlights the need for inclusive strategies. Data digitalization offers a critical avenue for urban development, fostering inclusive, responsive planning by interpreting social-level digital data. This participatory approach addresses challenges arising from incomplete data, fostering a more inclusive and responsive planning process.

**Keywords:** outdoor recreation, forests, Big Data, datafication, digital society, leisure mobility, Public Participation GIS

## Abstrakt

Szybka ewolucja technologii i jej wpływ na systemy człowiek-środowisko są przedmiotem międzynarodowych debat interdyscyplinarnych. Dzięki gromadzeniu i wykorzystywaniu dużych zbiorów danych możemy uzyskać lepszy wgląd i podejmować bardziej świadome i strategiczne decyzje planistyczne (Cook i in., 2023). Literatura poświęcona rekreacji ujawnia jednak godne uwagi rozbieżności w zbiorach danych, szczególnie w zakresie kompetencji cyfrowych i ich wpływu na zarządzanie i planowanie przestrzenne (Pickering i in. 2018). W niniejszym badaniu zajęto się różnicami pokoleniowymi w umiejętnościach cyfrowych i zachowaniach rekreacyjnych, badając konsekwencje nawyków cyfrowych w rekreacji na świeżym powietrzu.

Dane empiryczne zebrano w drodze internetowego badania panelowego przeprowadzonego na platformie Maptionnaire wśród mieszkańców obszaru metropolitalnego Wiednia jesienią 2023 r. (n = 3089). Różnorodność reprezentacji została zapewniona poprzez kierowanie reklam na różne grupy demograficzne, do których można uzyskać dostęp za pośrednictwem smartfonów, tabletów lub komputerów. Jako część większego projektu badawczego łączącego różne źródła, takie jak dane z urządzeń mobilnych i mediów społecznościowych, dobrowolne informacje geograficzne oparte na GNSS, obywatelskie dane naukowe i otwarte dane przestrzenne, niniejsza prezentacja opiera się wyłącznie na ankiecie internetowej.

Wstępne ustalenia dostarczają wglądu we wzorce mobilności ludzi w metropoliach, podkreślając rolę umiejętności cyfrowych w kształtowaniu zachowań rekreacyjnych z pokolenia na pokolenie. Badanie, wzbogacone spostrzeżeniami PPGIS, identyfikuje różnice w przyjęciu technologii i preferencjach rekreacyjnych, podkreślając trend w kierunku planowania opartego na technologii w celu zapewnienia lepszych doświadczeń w lesie.

Innowacje technologiczne muszą być dostosowane do zmieniających się nawyków i kompetencji, co wymaga adaptacyjnego, opartego na technologii podejścia w dynamicznych krajobrazach rekreacyjnych. Korzystanie z narzędzi cyfrowych przez różne pokolenia podkreśla potrzebę strategii włączających. Cyfryzacja danych stanowi kluczową drogę dla rozwoju obszarów miejskich, wspierając włączające i responsywne planowanie poprzez interpretację danych cyfrowych na poziomie społecznym. To podejście partycypacyjne pozwala sprostać wyzwaniom wynikającym z niekompletnych danych, wspierając bardziej włączający i responsywny proces planowania.

**Słowa kluczowe:** rekreacja na świeżym powietrzu, lasy, Big Data, datafikacja, społeczeństwo cyfrowe, mobilność w czasie wolnym, partycypacyjne systemy informacji geograficznej

## Using Big Data to understand cross-border regions from the mobility of people: Insights from Poland and Europe

### Wykorzystanie Big Data do zrozumienia regionów transgranicznych na podstawie mobilności ludzi: Spostrzeżenia z Polski i Europy

Olle Järv\*

Digital Geography Lab, Department of Geoscience and Geography, University of Helsinki, Gustaf Hällströmin katu 2, 000014 Helsinki, Finland

\*Corresponding author: olle.jarv@helsinki.fi

## Abstract

The cross-border practices of people beyond migration and tourism are often overlooked. Yet, repeated cross-border mobilities emerge by people whose daily lives are not confined to a fixed territory of one country as they visit neighbouring countries for work, shopping, services and leisure. These recurring and frequent cross-border mobilities not only affect individuals' social connectedness and integration across borders, but also contribute to the production of functional border regions – regions from different countries forming one functioning system.

One of the main priorities for the EU is to enhance integration and cohesion within internal border regions for supporting the development of border regions. While institutional and economic ties across borders are well studied, the perspective of people is less known, namely the cross-border practices of people. Absence of such

information hinders the effectiveness of planning and development towards more integrated border regions in the EU.

One way to narrow this knowledge gap is to consider mobility as a tool to understand society (e.g. functional border regions), and use Big Data approach to reveal mobilities of people. Recent case studies demonstrate the feasibility of such approach to obtain new insights on functional border regions. Following this approach and using a large geolocated Twitter data as a promising transnational data source enables to empirically examine cross-border mobility flows in all border regions in Europe.

Preliminary findings show that by clustering weekly and monthly rhythms of cross-border mobility by mobility type enables to contextualize cross-border interactions (integration) of border regions. By mapping the spatial concentration of cross-border mobility using Kernel Density Estimation reveals the spatial extent of a functional border region and the hotspot areas of interaction. We highlight how this can benefit research and practice for policy and planning in border regions.

**Keywords:** cross-border mobility, functional region, border regions, big data approach

### **Abstrakt**

Praktyki transgraniczne ludzi wykraczające poza migrację i turystykę są często pomijane. Jednakże powtarzające się ruchy transgraniczne mają miejsce wśród osób, których życie codzienne nie ogranicza się do stałego terytorium jednego kraju. Osoby te odwiedzają sąsiednie kraje w poszukiwaniu pracy, zakupów, usług i wypoczynku. Te powtarzające się i częste ruchy transgraniczne nie tylko wpływają na powiązania społeczne i integrację jednostek ponad granicami, ale także przyczyniają się do tworzenia funkcjonalnych regionów przygranicznych – regionów z różnych krajów tworzących jeden funkcjonujący system.

Jednym z głównych priorytetów UE jest wzmocnienie integracji i spójności w obrębie wewnętrznych regionów przygranicznych w celu wspierania ich rozwoju. Chociaż powiązania instytucjonalne i gospodarcze ponad granicami są dobrze zbadane, perspektywa ludzi, a mianowicie modele zachowań, są mniej znane. Brak takich informacji utrudnia skuteczność planowania i rozwoju w kierunku bardziej zintegrowanych regionów przygranicznych w UE.

Jednym ze sposobów zmniejszenia tej luki w wiedzy jest uznanie mobilności za narzędzie umożliwiające zrozumienie społeczeństwa (np. funkcjonalnych regionów przygranicznych) i wykorzystanie podejścia opartego na dużych zbiorach danych do badania mobilności ludzi. Ostatnie studia przypadków pokazują wykonalność takiego podejścia w celu uzyskania nowego spojrzenia na funkcjonalne regiony przygraniczne. Stosowanie tego podejścia i wykorzystanie dużych geolokalizowanych danych z Twittera jako obiecującego transnarodowego źródła danych umożliwia empiryczne zbadanie transgranicznych przepływów mobilności we wszystkich regionach przygranicznych w Europie.

Wstępne ustalenia pokazują, że grupowanie tygodniowych i miesięcznych rytmów ruchu transgranicznego według rodzaju mobilności umożliwia kontekstualizację interakcji transgranicznych (integracji) regionów przygranicznych. Mapowanie przestrzennego zagęszczenia mobilności transgranicznej przy użyciu jądrowego estymatora gęstości ujawnia przestrzenny zasięg funkcjonalnego regionu przygranicznego oraz obszary hotspotów interakcji. Podkreślamy, w jaki sposób może to przynieść korzyści badaniom oraz praktyce polityki i planowania w regionach przygranicznych.

**Słowa kluczowe:** mobilność transgraniczna, obszar funkcjonalny, regiony przygraniczne, podejście big data

## **Modeling the effect of stand and site characteristics on the probability of mistletoe infestation in Scots pine stands using remote sensing data**

### **Modelowanie wpływu cech drzewostanu i siedliska na prawdopodobieństwo występowania jemioli w drzewostanach sosnowych z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych**

Luiza Tymińska-Czabańska\*

University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: luiza.tyminska@urk.edu.pl

## Abstract

In recent years, there has been a marked increase in the occurrence of common mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands in Europe. Today, remote sensing is a reliable source of information in forestry. High spectral resolution imagery is provided by multi- and hyperspectral sensors mounted on satellites, aircraft or unmanned aerial vehicles (UAVs) such as drones. UAVs provide higher spatial resolution than satellite imagery and offer high performance. High-resolution drone data provide accurate information on the location and extent of mistletoe in stands. At the same time, airborne laser scanning (ALS) measurements allow us to obtain highly accurate data on stand characteristics at an unprecedented scale. Therefore, the combination of ALS and UAV is an alternative to traditional inventory methods, which are time consuming, costly and prone to error.

The main objective of this study was to determine the probability of mistletoe occurrence in pine stands in relation to stand related endogenous factors such as stand height and density, as well as topographic and edaphic factors. We used drone imagery of 2247 stands to detect mistletoe in pine stands, while most stand and site characteristics were calculated from airborne laser scanning (ALS) data. We documented that the densest and tallest stands were more susceptible to mistletoe invasion. Site type and specific microhabitat conditions related to topography were also important factors influencing mistletoe occurrence. In addition, climatic water balance was a significant factor in increasing the probability of mistletoe occurrence, which is important in the context of projected temperature increases associated with climate change. Our results are important for better understanding mistletoe invasion patterns and ecosystem functioning under climate change. In an era of climate change and technological development, the use of remote sensing methods to determine mistletoe risk can be a very useful tool for managing forest ecosystems to maintain forest sustainability and prevent forest disturbance.

**Keywords:** generalized additive models, mistletoe occurrence, ALS, UAV, scots pine

## Abstrakt

W ostatnich latach nastąpił wyraźny wzrost występowania jemioli pospolitej (*Viscum album* ssp. *austriacum*) w drzewostanach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w Europie. Obecnie teledetekcja jest wiarygodnym źródłem informacji w leśnictwie. Zdjęcia o wysokiej rozdzielczości spektralnej są dostarczane przez wielo- i hiperspektralne czujniki zamontowane na satelitach, samolotach lub bezzałogowych statkach powietrznych (UAV), takich jak drony. Bezzałogowe statki powietrzne zapewniają wyższą rozdzielczość przestrzenną niż zdjęcia satelitarne i zapewniają wysoką wydajność pracy. Dane z dronów o wysokiej rozdzielczości przestrzennej dostarczają dokładnych informacji na temat lokalizacji i zasięgu jemioli w drzewostanach. Jednocześnie pomiary za pomocą lotniczego skanowania laserowego (ALS) pozwalają nam uzyskać bardzo dokładne dane na temat charakterystyki drzewostanu w niespotykanej dotąd skali. Dlatego połączenie ALS i UAV jest alternatywą dla tradycyjnych metod inwentaryzacji, które są czasochłonne, kosztowne i mogą być obciążone dużymi błędami.

Głównym celem niniejszego badania było określenie prawdopodobieństwa występowania jemioli w drzewostanach sosnowych w odniesieniu do czynników endogenicznych związanych z drzewostanem, takich jak wysokość i zagęszczenie drzewostanu, a także czynników topograficznych i edaficznych. W celu wykrycia jemioli w drzewostanach sosnowych wykorzystaliśmy zdjęcia z dronów z 2247 drzewostanów, podczas gdy większość cech drzewostanu i siedliska obliczono na podstawie danych z lotniczego skanowania laserowego (ALS). Udokumentowaliśmy, że najgęstsze i najwyższe drzewostany były bardziej podatne na inwazję jemioli. Typ siedliska i specyficzne warunki mikrosiedliskowe związane z topografią były również ważnymi czynnikami wpływającymi na występowanie jemioli. Ponadto, klimatyczny bilans wodny był istotnym czynnikiem zwiększającym prawdopodobieństwo wystąpienia jemioli, co jest ważne w kontekście przewidywanego wzrostu temperatury związanego ze zmianami klimatu. Nasze wyniki są ważne dla lepszego zrozumienia wzorców inwazji jemioli i funkcjonowania ekosystemu w warunkach zmian klimatycznych. W dobie zmian klimatycznych i rozwoju technologicznego, wykorzystanie metod teledetekcji do określenia ryzyka występowania jemioli może być bardzo przydatnym narzędziem do zarządzania ekosystemami leśnymi w celu utrzymania zrównoważonego rozwoju lasów i zapobiegania ich zakłóceniom.

**Słowa kluczowe:** uogólnione modele addytywne, występowanie jemioli, ALS, UAV, sosna zwyczajna

# Potential of using multi-temporal ALS data and CIR images in classification of living and dead tree species

## Potencjał wykorzystania wieloczasowych danych ALS oraz zdjęć CIR w klasyfikacji żywych oraz martwych gatunków drzew

**Maciej Lisiewicz**<sup>1\*</sup>, Agnieszka Kamińska<sup>1</sup>, Bartłomiej Kraszewski<sup>1</sup>, Łukasz Kuberski<sup>2</sup>, Kamil Pilch<sup>2</sup>, Krzysztof Stereńczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

<sup>2</sup>Department of Natural Forests, Forest Research Institute, 6 Park Dyrekcyjny St., Białowieża 17-230, Poland

\*Corresponding author: m.lisiewicz@ibles.waw.pl

### Abstract

Precise information on the location and distribution of tree species is crucial for effective management and conservation of natural resources across various environments. This data is essential for monitoring biodiversity, assessing ecosystem services, and encouraging sustainable practices in forest management. However, gathering this information is usually a time-consuming and costly endeavor. Consequently, there is a growing need for remote sensing methods that can improve the efficiency of inventories in a non-invasive manner.

In the last two decades, the use of optical remote sensing has significantly advanced in the field of tree species classification. Furthermore, the integration of Airborne Laser Scanning (ALS) data holds immense promise for mapping tree species by offering a three-dimensional depiction of objects. This facilitates the capture of diverse tree architectures, which are influenced by variations in leaf distribution and branching patterns under varying environmental conditions.

The utilization of remotely sensed data for tree species mapping is a thriving field of research. Although certain studies rely on a single remotely sensed dataset, the mapping of tree species generally gains advantages from the integration of multiple data sources. In our study, we attempted to map several living and dead tree species in a diverse study area such as the Białowieża Forest in Poland with the use of leaf-on and leaf-off ALS data and CIR imagery. We would like to draw attention to the potential of using these data, as the correspondence between the results on the monitoring plots and the mapping results is satisfactory. We believe that the proposed approach and results can initiate further analyses of biodiversity in such a unique forest area.

**Keywords:** tree species, mapping, individual dead tree, multi-temporal data, Airborne Laser Scanning

### Abstrakt

Dokładne dane na temat lokalizacji i rozmieszczenia gatunków drzew są niezbędne dla efektywnego zarządzania oraz ochrony zasobów naturalnych w różnorodnych środowiskach. Są one kluczowe do monitorowania bioróżnorodności, oceny funkcji ekosystemów i wspierania zrównoważonej gospodarki leśnej. Zebranie tych informacji często wiąże się jednak z dużym nakładem czasu i środków. W związku z tym, istnieje rosnące zapotrzebowanie na metody teledetekcyjne, które mogą zwiększyć wydajność inwentaryzacji w sposób nieinwazyjny.

W ciągu ostatnich dwudziestu lat znacząco rozwinęło się wykorzystanie teledetekcji optycznej do klasyfikacji gatunków drzew. Dodatkowo, integracja danych z lotniczego skanowania laserowego (ALS, ang. Airborne Laser Scanning) oferuje ogromne możliwości w mapowaniu gatunków drzew, m.in. poprzez możliwość trójwymiarowego przedstawiania obiektów. To z kolei umożliwia identyfikację różnorodnych pokrojów drzew, które zmieniają się w zależności od rozkładu liści i wzorców rozgałęzień, co jest podyktowane różnicami w warunkach środowiskowych.

Wykorzystanie danych teledetekcyjnych w celu mapowania gatunków drzew to prosperująca dziedzina badań. Chociaż niektóre badania opierają się na pojedynczym zbiorze danych, mapowanie gatunków drzew zwykle korzysta z integracji wielu źródeł danych. W naszym badaniu zidentyfikowaliśmy wiele żywych oraz martwych gatunków drzew w zróżnicowanym obszarze leśnym jakim jest Puszcza Białowieża. W tym celu wykorzystaliśmy dane ALS z okresu wegetacyjnego i zimowego oraz zobrażenia CIR. Chcemy zwrócić uwagę na potencjał wykorzystania tych danych, gdyż wyniki mapowania porównane z danymi z powierzchni

monitoringowych są wysokie. Wierzimy, że proponowane podejście i wyniki mogą zainicjować dalsze analizy, chociażby nad bioróżnorodnością tak unikalnego obszaru leśnego.

**Słowa kluczowe:** gatunki drzew, mapowanie, pojedyncze drzewo martwe, dane wieloczasowe, lotnicze skanowanie laserowe

## **Effects of sample plot size on design-based and model-based estimates of above-ground forest biomass across Germany**

### **Wpływ wielkości powierzchni próbnej na szacowanie biomasy nadziemnej lasu opartej na projektowaniu i na modelowaniu dla obszaru Niemiec**

Ryan Carroll\*

Chair of Forest Inventory and Remote Sensing, Georg-August Universität Göttingen,

Busgenweg 5, 37077 Göttingen, Germany

\*Corresponding author: ryan.carroll@uni-goettingen.de

#### **Abstract**

There is a large and growing demand for spatially explicit data products that enable multi-scale estimates of above-ground biomass (AGB) in forests.

This study investigates the impact of increasing sample plot size on design-based and model-based estimates of AGB in the context of temperate forests in Germany. The latter were derived from stepwise regression models linking Sentinel-1 and Sentinel-2 variables with field measurements. In total, 5 different sample plot sizes were tested: 100m<sup>2</sup>, 400m<sup>2</sup>, 900m<sup>2</sup>, 1600m<sup>2</sup>, and 2500m<sup>2</sup>. K-fold cross-validation was used to assess training model quality across a range of metrics including R<sup>2</sup>, RMSE, and MAE.

In order to test the downstream effects of the different sample plot sizes used to construct the models, an example wall-to-wall data product was created at a spatial resolution of 10m x 10m. Predictions derived from this dataset were then aggregated to 1 hectare spatial resolution and validated with the field reference data. Results from the design-based estimation approach confirmed previous findings of a non-linear decrease in the variability of AGB estimates when sample plot size is increased. In terms of the model-based estimation approach, 30m x 30m square plots delivered the best performance across the range of tested models (mean R<sup>2</sup>=0.48, RMSE%=26.4%, MAE=20.9%, and bias=1.5%). When sampling intensity was considered and fewer of the larger sample plots were used in model construction, 20m x 20m square plots delivered the best performance (mean R<sup>2</sup>=0.34, RMSE%=29.1%, MAE=23.3%, and bias= -5.5%).

Considering the real and persistent increase in logistical costs associated with larger sample plots, these results suggest the use of sample plot sizes between 400m<sup>2</sup> – 900m<sup>2</sup>, at least in the context of Sentinel-derived data products.

**Keywords:** forest carbon stocks, sampling simulation, Sentinel

#### **Abstrakt**

Istnieje duże i rosące zapotrzebowanie na dane przestrzenne, które umożliwiają wieloskalowe szacunki biomasy nadziemnej (AGB) w lasach.

W niniejszym badaniu analizowano wpływ zwiększania rozmiaru powierzchni próbnej na szacunki AGB oparte na projektach i modelach w lasach strefy umiarkowanej w Niemczech. Te ostatnie utworzono na podstawie modeli regresji krokowej łącząc zmienne Sentinel-1 i Sentinel-2 z pomiarami terenowymi. W sumie przetestowano 5 różnych powierzchni próbnych: 100 m<sup>2</sup>, 400 m<sup>2</sup>, 900 m<sup>2</sup>, 1600 m<sup>2</sup> i 2500 m<sup>2</sup>. Do oceny jakości modeli zastosowano k-krotną walidację krzyżową oraz wykorzystano szereg wskaźników, w tym R<sup>2</sup>, RMSE i MAE.

Aby zbadać długoterminowe skutki używania różnych rozmiarów powierzchni próbnych do konstrukcji modeli, stworzono przykładowy produkt danych obejmujący całą przestrzeń o rozdzielczości 10 m x 10 m. Prognozy uzyskane z tego zestawu danych następnie agregowano do rozdzielczości przestrzennej 1 hektara i walidowano

za pomocą danych terenowych. Wyniki z podejścia oszacowania opartego na projektowaniu potwierdziły wcześniejsze ustalenia o nieliniowym spadku zmienności oszacowań AGB, gdy zwiększa się rozmiar powierzchni próbnej. Pod względem podejścia szacowania opartego na modelu, powierzchnie kwadratowe o wymiarach 30 m x 30 m wykazały najlepsze wyniki w zakresie testowanych modeli (średnie  $R^2=0.48$ ,  $RMSE\%=26.4\%$ ,  $MAE=20.9\%$ , i  $bias=1.5\%$ ). Gdy uwzględniono intensywność próbkowania i do budowy modelu wykorzystano mniejszą liczbę większych powierzchni próbnych, powierzchnie kwadratowe o wymiarach 20 m x 20 m wykazały najlepsze wyniki (średnie  $R^2=0.34$ ,  $RMSE\%=29.1\%$ ,  $MAE=23.3\%$ , i  $bias=-5.5\%$ ).

Biorąc pod uwagę rzeczywisty i stały wzrost kosztów logistycznych związanych z większymi powierzchniami próbnymi, wyniki te sugerują zastosowanie powierzchni próbnych o powierzchni od 400 m<sup>2</sup> do 900 m<sup>2</sup>, przynajmniej w kontekście produktów danych pochodzących z Sentinel.

**Słowa kluczowe:** zasoby węgla w lasach, symulacja próbkowania, Sentinel

## **Estimation of tree volume at sample plot level using Terrestrial Laser Scanning Technology**

### **Szacowanie miąższości drzew na poziomie powierzchni próbnej przy pomocy technologii naziemnego skanowania laserowego**

**Grzegorz Krok\***, Krzysztof Stereńczak, Bartłomiej Kraszewski

Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: g.a.krok@gmail.com

#### **Abstract**

The objective of the study was to develop an alternative method for determining the volume of standing trees and sample plots using Terrestrial Laser Scanning (TLS) technology. The innovative aspect of the proposed method lies in the elimination of the use of tree height information and the knowledge of the shape and course of the upper parts of the trees. This element is crucial when using ground based remote sensing techniques, since the upper crown parts of the trees are incompletely represented by these methods. The developed solution was tested in the study both at the level of individual trees and at the level of sample plots.

The results obtained in the study show that the developed method has similar or lower errors than the conventional method in determining tree volume. The root mean square error for the proposed method is 11-12% for coniferous species and 21-24% for deciduous species at the individual tree level. The study showed that by knowing the volume of the stem up to a height of 8-10 metres, the volume of the whole tree can be determined at a similar level as the conventional method using tree height information.

The analysis of the results obtained on all sample plots showed no statistically significant differences between the compared methods (statistical values  $p = 0.06-0.15$ , smaller differences - 3.5% (11-13 m<sup>3</sup>/ha) - for coniferous stands than for deciduous stands - 15-17% (61-70 m<sup>3</sup>/ha). Of the factors analysed in the sample plots, the technological factor, i.e. tree detection accuracy, had the greatest influence on the accuracy of the method. This suggests the need to increase the number of TLS survey points or to collect data using another close-range remote sensing technology that allows for complete tree detection. An important conclusion of this work is that it is possible to determine tree volume using TLS technology at the sample plot level with comparable accuracy to the currently used method, provided that all trees are detected and their stems are measured to a height of at least 8-10 metres.

**Keywords:** forest inventory, tree volume, LiDAR, TLS

#### **Abstrakt**

Celem niniejszego badania było opracowanie alternatywnej metody określania miąższości drzew stojących na powierzchniach próbnych z wykorzystaniem technologii naziemnego skanowania laserowego (ang. Terrestrial Laser Scanning, TLS). Nowatorski element proponowanej metody związany jest z pominięciem wykorzystania informacji o wysokości drzew i znajomości przebiegu oraz kształtu górnych części pni. Element ten ma kluczowe

znaczenie w przypadku stosowania naziemnych technik teledetekcyjnych ze względu na niepełne odwzorowanie górnych partii koron drzew przy zastosowaniu tych metod. W pracy przetestowano opracowane rozwiązanie zarówno na poziomie pojedynczych drzew, jak i na poziomie powierzchni próbnych.

Wyniki uzyskane w trakcie badań wskazują, iż opracowana metoda charakteryzuje się zbliżonymi lub niższymi błędami określania miąższości drzew w porównaniu do metody tradycyjnej. Pierwiastek błędu średniokwadratowego dla zaproponowanej metody wynosi 11-12 % dla gatunków iglastych i 21-24 % dla gatunków liściastych na poziomie pojedynczego drzewa. W badaniach wskazano, iż znając miąższość pnia co najmniej do 8-10 metrów jego wysokości, możliwe jest określenie miąższości całego drzewa na zbliżonym poziomie do metody tradycyjnej, która wykorzystuje informację o wysokości drzew.

Analizując wyniki uzyskane na powierzchniach próbnych nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy porównywanymi metodami (wartości statystyki  $p = 0,06-0,15$ , przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ ). W pracy wykazano, iż opracowana metoda dostarcza niższych różnic dla drzewostanów iglastych - 3,5 % (11-13 m<sup>3</sup>/ha) niż dla drzewostanów liściastych - 15-17 % (61 - 70 m<sup>3</sup>/ha). Wśród czynników analizowanych na powierzchniach próbnych, największy wpływ na dokładność metody miał czynnik technologiczny, czyli dokładność detekcji drzew. Wskazuje to na potrzebę zwiększenia liczby stanowisk pomiarowych TLS lub pozyskania danych inną techniką teledetekcji bliskiego zasięgu, która zapewni pełną detekcję drzew. Kluczowym wnioskiem płynącym z niniejszej pracy jest stwierdzenie, iż możliwe jest określenie zasobności drzewostanów za pomocą technologii TLS na poziomie powierzchni próbnej z dokładnością porównywalną do stosowanej aktualnie metody z założeniem detekcji wszystkich drzew oraz pomiaru ich pni do wysokości co najmniej 8-10 metrów.

**Słowa kluczowe:** inwentaryzacja lasu, miąższość drzew, skanowanie laserowe, teledetekcja

## **Distance to ancient forest, topography, and pine cover shape the regeneration of post-agricultural forest in NE Carpathians**

### **Odległość od starego lasu, topografia i pokrycie sosny w drzewostanie kształtują regenerację lasów porolnych w Północno-Wschodnich Karpatach**

**Zofia Jabs-Sobocińska**<sup>1,2\*</sup>, Andrzej N. Affek<sup>2</sup>, Jan Marek Matuszkiewicz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Geography and Regional Studies, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55, 00-818 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: z.jabs@uw.edu.pl

#### **Abstract**

The succession of forests on abandoned farmlands is widespread across various regions, including the Carpathians. Investigating relatively mature post-agricultural forests and comparing their species composition with adjacent *ancient forests* is crucial for understanding the regeneration and biodiversity dynamics of both current and future secondary forests. The population displacement during the 1940s in the Polish Eastern Carpathians, led to the abandonment of thousands of hectares of agricultural land, sparking widespread reforestation. As a result, vast expanses of post-agricultural forests occur in the region, interspersed with well-preserved ancient beech forests.

We aimed to assess the regeneration rate of post-agricultural forests by comparing their understory species composition with *ancient forests* and identify environmental factors influencing regeneration. For this, we delineated forests that emerged since the 1940s due to afforestation or natural succession, and then, based on field research, we indicated the list of *ancient forest species* for the Polish Eastern Carpathians.

To map post-agricultural forests in the study area we used archival remote sensing data: German Flown Aerial Photography from 1944, Corona satellite images from 1969, and Sentinel-2 satellite images from 2020. Subsequently, we conducted fieldwork on 294 randomly selected forest plots, where we conducted a vegetation survey (phytosociological relevés), captured hemispherical photographs, and collected soil samples. Through the analysis of relevés, we compiled a list of ancient forest plant species, which we later employed to quantify



the Forest Maturity Index and assess the regeneration rate of post-agricultural forests. Additionally, we parametrized multiple regression models to identify the environmental factors driving forest regeneration.

Our results revealed that the study area comprises 43,000 hectares of 60-70-year-old post-agricultural forests. We identified 15 understory species (out of 215 recorded) meeting ancient forest species criteria and 9 species with significantly higher presence in post-agricultural forests. Modeling results showed that regeneration rates decrease with distance to the *ancient forest*, elevation, and pine cover but increase with slope steepness.

This research was funded by the National Science Centre, Poland, grant number 2019/35/N/ST10/01923.

**Keywords:** ancient forest species, post-agricultural forests, Forest Maturity Index, multiple regression, NE Carpathians

### Abstrakt

Zarastanie porzuconych gruntów ornych jest powszechne w wielu regionach, między innymi w Karpatach. Badania relatywnie dojrzałych lasów porolnych i porównanie ich składu gatunkowego z sąsiadującymi *lasami starymi* są kluczowe dla zrozumienia dynamiki regeneracji i zmian różnorodności biologicznej. Masowe wysiedlenia ludności w polskich Karpatach Wschodnich w latach 40. XX wieku doprowadziły do porzucenia tysięcy hektarów gruntów ornych, które później zarosły lasem. Obecnie na tym terenie istnieją rozległe obszary lasów porolnych położone w sąsiedztwie *lasu starego*.

Celem pracy była ocena tempa regeneracji lasów porolnych poprzez porównanie składu gatunkowego ich runa z lasami starymi oraz identyfikacja czynników środowiskowych wpływających na regenerację. W tym celu wyznaczono zasięg lasów, które powstały po wysiedleniach lat 40. XX wieku w wyniku zalesiania lub sukcesji naturalnej, a następnie na podstawie badań terenowych wskazano listę *gatunków starego lasu* dla polskich Karpat Wschodnich.

Do rozpoznania aktualnego zasięgu lasów porolnych wykorzystano niemieckie zdjęcia lotnicze z 1944 roku, zobrazowania satelitarne Corona z 1969 roku oraz Sentinel-2 z 2020 roku. Następnie na 294 losowo wybranych powierzchniach badawczych wykonano: zdjęcia fitosocjologiczne, zdjęcia hemisferyczne oraz pobór próbek glebowych do analiz. Na podstawie analizy występowania poszczególnych gatunków w płatach lasów porolnych i *starych lasów* wyznaczono diagnostyczne *gatunki starych lasów*, które następnie wykorzystano do obliczenia *wskaźnika dojrzałości lasu* FMI, jako miary stopnia regeneracji lasów porolnych na badanych powierzchniach. W dalszym etapie opracowano model regresji wielorakiej w celu zidentyfikowania czynników środowiskowych wpływających na regenerację.

Analiza wykazała, że badany obszar zawiera 43,000 hektarów lasów na gruntach porolnych powstałych po wysiedleniach ludności z lat 40. XX wieku. Wyznaczono 15 *gatunków starego lasu* (spośród 215 odnotowanych na powierzchniach badawczych) dla obszaru polskich Karpat Wschodnich, oraz 9 gatunków o istotnie większym występowaniu w lasach porolnych. Wyniki modelowania pokazały, że tempo regeneracji maleje z odległością od *starego lasu*, z wysokością n.p.m. oraz z pokryciem sosny w drzewostanie, natomiast wzrasta z nachyleniem stoków.

Badania sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki, numer grantu: 2019/35/N/ST10/01923

**Słowa kluczowe:** gatunki starego lasu, lasy porolne, wskaźnik dojrzałości lasu FMI, model regresji wielorakiej, Północno-Wschodnie Karpaty

## Big data in forest recreation monitoring

### Big data w monitoringu rekreacyjnego wykorzystania terenów leśnych

**Mariusz Ciesielski**<sup>\*</sup>, Kamil Choromański<sup>2</sup>, Dariusz Gotlib<sup>2</sup>, Karolina Taczanowska<sup>3</sup>, Fruzsina Stefan<sup>3</sup>, Agnieszka Kamińska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

<sup>2</sup>Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland

<sup>3</sup>Institute of Landscape Development, Recreation and Conservation Planning, University of Natural Resources and Life Sciences, Peter-Jordan-Straße 65, 1180 Vienna, Austria

\*Corresponding author: m.ciesielski@ibles.waw.pl

### **Abstract**

The discussion about the designation of socially important forests is complex. There is no doubt that the aspect of social mobility in forest areas should be an important element. The concept of mobility can be understood to mean, among other things: place and time of activity, the direction and volume of movement of society in forest areas. So far, the recreational use of forests by society in Poland has not been constantly monitored. This is due to the size of the forest and the lack of available data and research methods. Currently, research on these issues can be conducted using mobile phone data and the digital footprint left by users. Based on mobile phone data, IBL has carried out pilot projects for national parks and state forests in Poland in recent years, and the results obtained indicate a high application potential of this data. They can be successfully used to identify the pressure zones of individual forests and to map the presence of society in the forest. It is also data that can support appropriate planning for the development of recreational infrastructure in forests and nature conservation. The process of obtaining, processing and analysing data is complicated, but the knowledge gained on its basis can be an important element of decision-making and dialogue with society.

In the presentation, the above issues will be discussed using the example of recreational use of forests in the Warsaw agglomeration. The research combined mobile phone data, social media applications and surveys.

Project is funded by the National Science Centre, Poland under the OPUS call in the Weave programme.

**Keywords:** mobility, forest, recreation, ecosystem services, big data

### **Abstrakt**

Dyskusja nad wyznaczaniem lasów ważnych społecznie jest wielowątkowa. Niewątpliwie istotny jej element powinien stanowić aspekt mobilności społeczeństwa na terenach leśnych. Pod pojęciem mobilności można rozumieć między innymi: miejsce i czasu odbywania aktywności, zasięgi przemieszczania się społeczeństwa (miejsce zamieszkania/praca -> teren leśny) oraz wielkość ruchu na terenach leśnych. Dotychczas w Polsce nie prowadzono stałego monitoringu rekreacyjnego wykorzystania lasów przez społeczeństwo. Związane jest to z wielkością zajmowanej przez lasy powierzchni, jak również z brakiem dostępnych danych i metod badawczych. Obecnie badania nad tymi zagadnieniami można prowadzić z wykorzystaniem danych pochodzących z telefonów komórkowych i pozostawianego przez ich użytkowników śladu cyfrowego. Na podstawie danych z telefonii komórkowej IBL przeprowadził w ostatnich latach prace pilotażowe dla parków narodowych i lasów państwowych w Polsce, a otrzymane wyniki wskazują na dużym potencjał wdrożeniowy tych danych. Mogą być one z powodzeniem wykorzystywane do wyznaczania stref oddziaływania poszczególnych lasów oraz mapowania obecności społeczeństwa w lasach. To także dane, które mogą wspomóc odpowiednie planowanie rozbudowy infrastruktury rekreacyjnej w lasach i ochronę przyrody. Proces pozyskania, przetwarzania i analizy danych jest skomplikowany, jednak wiedza wygenerowana na ich podstawie może stanowić istotny element podejmowania decyzji i dialogu ze społeczeństwem.

Prezentacja obejmować będzie omówienie wspomnianych wyżej zagadnień na przykładzie rekreacyjnego wykorzystania lasów aglomeracji warszawskiej. W badaniach wykorzystano fuzję danych telefonii komórkowej, aplikacji społecznościowych oraz badań ankietowych.

Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu OPUS w programie Weave (nr 2021/43/I/HS4/01451).

**Słowa kluczowe:** mobilność, las, rekreacja, usługi ekosystemowe, big data

# The application of geographic information system in investigating the local climate of urban areas

## Wykorzystanie systemów informacji geograficznej w badaniu klimatu lokalnego obszarów zurbanizowanych

Kaja Czarnecka\*

Climate Research Department, Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55 St., 00-818 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: czarnecka@twarda.pan.pl

### Abstract

The unique local urban climate is influenced by spatial development – the intensity of development, the height of surrounding buildings, the size of biologically vital areas, surface waters etc. To recognize the impact of individual factors on thermal conditions, it is necessary to apply diverse research methods. By integrating field surveys, air temperature measurements, and satellite image analysis, it is possible to better understand the processes shaping the local climate of cities. This study aims to present three investigations of the local climate in Warsaw, utilizing geographic information systems to identify environmental elements most influencing thermal conditions.

The first study evaluated the impact of the environment defined by spatial development indicators on thermal characteristics, considering 21 air temperature measurement sites. Calculations were conducted using QGIS 3.18.2, RayMan Pro, Google Earth Pro, Bing Aerial and TreeCrownMap. The analysis focused on particularly hot periods when heat loads in the city are highest.

The second study analysed the thermal characteristics of the Vistula Valley in Warsaw, using 10-minute data from 6 years from three points located in the valley – south, downtown, and north. OpenStreetMap, Bing Aerial, Google Earth Pro, hemispherical photos, SkyViewFactor Calculator, and land surface temperature images were used to describe the immediate surroundings of the measurement sites.

The third example presented preliminary results of the analysis of urban "oases of coolness" conducted for Warsaw. Using the Hot Spot Analysis tool (Getis-Ord  $G_i^*$ ) of ArcMap 10.2.2, 25 Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS, and Sentinel-2A/B MSI images were processed. The study aimed to identify the most frequently occurring Cold Spots in Warsaw and attempt to determine the factors leading to their formation.

The results of all three studies showed that the size of biologically vital areas, the presence of green infrastructure, and surface waters have a particularly significant impact on the local thermal regime.

**Keywords:** thermal monitoring, thermal contrasts, spatial development indicators, Cold Spot

### Abstrakt

Na unikalny klimat lokalny miast wpływ ma zagospodarowanie przestrzenne – intensywność zabudowy, wysokość okolicznych budynków, wielkość powierzchni biologicznie czynnej, wody powierzchniowe i in. W celu lepszego zrozumienia procesów wpływających na klimat lokalny obszarów zurbanizowanych konieczne jest stosowanie zróżnicowanych metod badawczych, np. integracja inwentaryzacji terenu z pomiarami temperatury powietrza oraz analizą obrazów satelitarnych. Założeniem niniejszej pracy jest przedstawienie trzech typów badań klimatu lokalnego w Warszawie, które dzięki wykorzystaniu systemów informacji geograficznej umożliwiły wskazanie elementów otoczenia w największym stopniu kształtujących warunki termiczne.

W pierwszym badaniu, mającym na celu ocenę wpływu otoczenia zdefiniowanego przez wskaźniki zagospodarowania przestrzennego na charakterystyki termiczne, uwzględniono 21 punktów pomiarów temperatury powietrza. Obliczenia zostały przeprowadzone w QGIS 3.18.2, RayMan Pro i Google Earth Pro oraz wykorzystano Bing Aerial i Mapę Koron Drzew. Analizę wykonano dla okresów szczególnie gorących, kiedy obciążenia cieplne w mieście są największe.

Drugie badanie poświęcono charakterystyce termicznej Doliny Wisły w Warszawie. W tym celu przeanalizowano 10-minutowe dane z 6 lat z trzech punktów zlokalizowanych w dolinie – na południu, w części śródmiejskiej oraz na północy miasta. Do opisu najbliższego otoczenia stacji pomiarowych wykorzystano OpenStreetMap, Bing Aerial, Google Earth Pro, zdjęcia hemisferyczne, SkyViewFactor Calculator oraz obrazy temperatury powierzchni.

Trzeci przykład dotyczy wstępnych wyników analizy miejskich „oaz chłodu” przeprowadzonej dla całej Warszawy. Za pomocą narzędzia Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi\*) programu ArcMap 10.2.2 przetworzono 25 zobrażeń Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS i Sentinel-2A/B MSI. Celem badania było wskazanie miejsc najczęściej występujących „Cold Spotów” oraz próba określenia czynników prowadzących do ich powstawania.

Wyniki wszystkich trzech badań, wykazały, że szczególnie duży wpływ na lokalny reżim termiczny ma wielkość powierzchni biologicznie czynnej, obecność zielonej infrastruktury oraz wód powierzchniowych.

**Słowa kluczowe:** monitoring temperatury, kontrasty termiczne, wskaźniki zagospodarowania przestrzennego, „Cold Spot”

## **Estimating building heights from global Digital Elevation Models**

### **Wykorzystanie globalnych Cyfrowych Modeli Wysokościowych do szacowania wysokości budynków**

Katarzyna Krasnodębska\*

Department of Urban and Population Studies, Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences (IGSO PAS), Twarda 51/55, 00-818 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: katarzyna.krasnodebska@twarda.pan.pl

#### **Abstract**

Detailed and publicly available spatial data on building heights is a key element in monitoring global urban development. For this purpose, a method for estimating aggregated building heights was developed under the assumptions of: availability of open data, low cost of the analyses performed, and transparency and reproducibility of the results obtained. The method, based on linear regression, uses open Digital Elevation Models as a source of information on building heights. The model is tested on six cities: Albuquerque, Beirut, London, Philadelphia, San Francisco and Toronto. Estimates of average building heights at 100m resolution show realistic spatial patterns and low error for the areas tested (RMSE of 0.95 and  $R^2$  of 0.62).

The research presented here is the result of a traineeship carried out at the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission in Ispra, Italy. The aim of the presentation at the EnviLink conference is to introduce conference participants to the possibilities of research traineeships at the JRC based on authors' own experience.

**Keywords:** building heights, Digital Elevation Model, modelling, data fusion

#### **Abstrakt**

Szczegółowe i ogólnodostępne dane przestrzenne dotyczące wysokości budynków są kluczowym elementem monitorowania globalnego rozwoju miast. W tym celu opracowano metodę szacowania zagregowanej wysokości budynków, przy założeniach: dostępności otwartych danych, niskich kosztach przeprowadzonych analiz oraz przejrzystości i powtarzalności uzyskanych wyników. Oparta na regresji liniowej metoda wykorzystuje otwarte Cyfrowe Modele Wysokościowe jako źródło informacji o wysokości budynków. Model jest przetestowany na sześciu miastach: Albuquerque, Bejrucie, Londynie, Filadelfii, San Francisco i Toronto. Szacunki średniej wysokości budynków w rozdzielczości 100 m wykazują realistyczne wzorce przestrzenne i niski błąd dla testowanych obszarów (RMSE równe 0,95 i  $R^2$  równe 0,62).

Przedstawione badania są rezultatem stażu badawczego zrealizowanego we Wspólnotowym Centrum Badawczym Komisji Europejskiej (JRC) w Isprze, we Włoszech. Celem prezentacji na konferencji EnviLink jest przedstawienie uczestnikom konferencji możliwości realizacji stażów badawczych w JRC na podstawie własnych doświadczeń.

**Słowa kluczowe:** wysokość budynków, Cyfrowy Model Wysokościowy, modelowanie, fuzja danych

## **Ecological consequences of suburbanisation. A case study of the Kujawsko-pomorskie Voivodship**

## Ekologiczne konsekwencje suburbanizacji na przykładzie województwa kujawsko-pomorskiego

Donata Wysocka<sup>1\*</sup>, Paweł Smoliński<sup>1</sup>, Elżbieta Grzelak-Kostulska<sup>2</sup>, Jadwiga Biegańska<sup>2</sup>, Stefania Środa-Murawska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Interdisciplinary Doctoral School of Social Sciences - Academia Rerum Socialium, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bojarskiego 1, 87-100 Toruń, Poland

<sup>2</sup>Faculty of Earth Sciences and Spatial Management, Department of Urban Studies and Regional Development, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Lwowska 1, 87-100 Toruń, Poland

\*Corresponding author: d.wysocka@doktorant.umk.pl

### Abstract

Climate change, significantly discussed in urban contexts, critically affects rural areas, which serve as ecological foundations yet often face neglect. This global issue requires immediate action to mitigate its impacts rather than prevent the inevitable changes. Urban sprawl into suburban regions, especially noticeable in Poland, exacerbates the challenge due to insufficient spatial planning, leading to haphazard development and increased anthropogenic pressure on land.

This study focused on the Kujawsko-Pomorskie Voivodeship, particularly the Bydgoszcz-Toruń Metropolitan Area, analyzing demographic and construction changes in suburban zones against the backdrop of climate change. Employing a two-stage analysis, the research first examined construction activities, demographic shifts, and internal migration to assess urban sprawl. Analysis periods—1995-2000, 2006-2011, and 2017-2022—were chosen to represent the start, peak, and current status of suburbanization, using indicators like population dynamics and dwelling completions to gauge the trend. The study's second phase calculated an environmental stress indicator which is the quotient of the average daily distance from the suburban area to the central points of the main urban centres and the amount of CO<sub>2</sub> produced. This highlights the critical need for sustainable planning and environmental measures in suburban regions to counteract the adverse effects of climate change and unchecked urban expansion.

**Keywords:** climate change, suburbanisation, spatial planning, urban sprawl

### Abstrakt

Jednym z największych wyzwań współczesnego świata są zmiany klimatyczne. Problem ten przytaczany głównie w kontekście miast, dotyczy także często pomijanych obszarów wiejskich. Uważane za zaplecze ekologiczne miast, obszary wiejskie muszą zmierzyć się z szeregiem problemów, wymuszających konieczność podjęcia działań prośrodowiskowych. Dlatego kluczowe jest nie tyle zapobieganie trwającym już zmianom klimatycznym, co przede wszystkim minimalizowanie ich negatywnych skutków. Na tym tle szczególnej uwagi wymaga problem niekontrolowanego rozlewania się miast (urban sprawl) na obszary podmiejskie, na których brak odpowiedniego planowania przestrzennego powoduje nieracjonalne użytkowanie rozległych terenów i tym samym wymusza często konieczność użytkowania nieekologicznych środków transportu. W efekcie tereny dotychczas wiejskie wraz z napływem migrantów w różnym stopniu podlegają procesowi suburbanizacji i znacznej ingerencji antropogenicznej.

Celem badania było sprawdzenie, na ile zmiany związane z suburbanizacją demograficzną i rezydencjalną przekładają się na generowanie zanieczyszczeń wytwarzanych przez ruch samochodowy. Zakres przestrzenny badania ograniczono do województwa kujawsko-pomorskiego, obejmującego interesujące studium przypadku Bydgosko-Toruńskiego Obszaru Funkcjonalnego. Badanie przeprowadzono poprzez zastosowanie dwuetapowej analizy. W pierwszej kolejności przeanalizowano wskaźniki suburbanizacji demograficznej, w tym saldo migracji oraz dynamikę zmian liczby ludności, oraz wskaźnik suburbanizacji rezydencjalnej, tj. liczbę mieszkań oddanych do użytku na 1000 mieszkańców. Analiza ta pozwoliła przedstawić skalę zjawiska urban sprawl w wymiarze przestrzennym. Na bazie zaproponowanych wskaźników opracowano syntetyczny wskaźnik suburbanizacji, który umożliwił wydzielenie stref podmiejskich dużych miast województwa kujawsko-pomorskiego. Zakres czasowy dla rozpatrywanych wskaźników objął trzy okresy: lata 1995-2000, 2006-2011 oraz 2017-2022, które określają kolejno: początek procesu suburbanizacji, największą jego dynamikę w Polsce, a wreszcie stan obecny, tożsamy z ustabilizowaniem suburbanizacji. Następnie obliczono wskaźnik obciążenia ekologicznego, będący ilorazem

średniego dziennego dystansu ze strefy podmiejskiej do punktów centralnych głównych ośrodków miejskich oraz ilości wyprodukowanego CO<sub>2</sub>. Wykazano, że z uwagi na duże znaczenie transportu indywidualnego w strefie podmiejskiej, obszary wiejskie objęte zjawiskiem urban sprawl są coraz mniej ekologiczne i narażone tym samym na nieodwracalne przekształcenia środowiska oraz zmiany klimatu.

**Słowa kluczowe:** zmiany klimatyczne, suburbanizacja, planowanie przestrzenne, urban sprawl

**The "Stay Overnight in the Forest" programme and the mBDL mobile application as means to promote the social role of forests through tourism and recreation in Poland**  
**Program Lasów Państwowych pn. „Zanocuj w lesie” i aplikacja mobilna mBDL jako sposoby do realizowania społecznej roli lasu poprzez turystykę i rekreację w Polsce**

Monika Kozłowska-Adamczak<sup>\*</sup>, Patrycja Essing-Jelonkiewicz

Faculty of Geographical Sciences, Kazimierz Wielki University, Kościeleckich Square 8, 85-033 Bydgoszcz, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: monika.kozlowska@ukw.edu.pl

**Abstract**

One of the trends observed in tourism which reflects the increase in tourist and recreational attractiveness of forests is the urge to "return to nature". Said trend has emerged as a result of multiple factors, with the most important being the increase in environmental awareness and care for the health of the society on the one hand, and the negative assessment of the living environment and "civilisation fatigue" on the other. Therefore, increasingly frequent efforts to promote access to forests focus on providing forest users with safe and enriching experiences while protecting the nature. In response to the needs of forest tourism and recreation enthusiasts, the State Forest Holding Company is implementing a new programme called "Stay Overnight in the Forest" (starting on Feb 15th, 2021 with selected Forest Districts and encompassing the entire country as of May 1st, 2021). The programme concerns dispersed camping in the forest areas and is a contemporary example of building good relations and trust between the State Forests and the society as part of the promotion of the social role of the forest, especially the tourist and leisure function of forests in Poland.

The paper aims to present current activities related to the development of a new tourist and recreational offer in the forest areas belonging the State Forest Holding. Particular emphasis is placed on the importance of the "Stay Overnight in the Forest" programme and the related mBDL mobile application, which are crucial in promoting the modern tourist and recreational offer in the forest areas of Poland. The results of surveys conducted among forest districts participating in the "Stay Overnight in the Forest" programme indicate that the initiative has been particularly popular in forest districts located in the suburbs of cities of various sizes, including large agglomerations with more than 100 thousand inhabitants. This is likely related to the specificity of Poland and its settlement system, i.e. the spatial distribution of cities of different sizes as well as peripheral areas adjacent to forests. The areas of Promotional Forest Complexes are also considered a key factor in this regard.

The analyses constitute an extension of the research presented in the publication of 2024 (Kozłowska-Adamczak et al. 2024) and are based on the results of an environmental survey conducted (online via the Microsoft Forms platform) from April 25th, 2023 to May 27th, 2023. The survey was carried out among the representatives of forest districts in Poland participating in the "Stay Overnight in the Forest" programme since May 1st, 2021 (N=425). The survey was complemented by telephone interviews with selected forest districts conducted in 2022 (i.e., during the pilot study) and in 2023 (immediately after the completion of the main study), and further supplemented with internal documents (e.g. decisions of the Director-General of the State Forests) or forestry reports and statistics provided by the State Forests.

**Keywords:** the social role of forests, forest tourism and forest recreation, the "Stay Overnight in the Forest" programme, mBDL mobile application

## Abstrakt

Wśród trendów obserwowanych w turystyce wskazującym na wzrost atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej lasów jest „powrót do natury”. Pojawienie się tego trendu, jest efektem działania wielu czynników, przy czym zdecydowanie najważniejszą rolę odgrywają z jednej strony wzrost świadomości ekologicznej i dbałość o zdrowie społeczeństwa, z drugiej zaś negatywna ocena środowiska życia i „zmęczenie cywilizacją”. Dlatego coraz częściej działania promujące dostęp do lasów skupiają się na zapewnieniu użytkownikom lasu bezpiecznych i wzbogacających doświadczeń przy jednoczesnej ochronie przyrody. W odpowiedzi na potrzeby miłośników turystyki i rekreacji leśnej Państwowe Gospodarstwo Leśne – Lasy Państwowe (PGL LP) proponuje społeczeństwu (od 15.02.2021 r. tylko w wybranych Nadleśnictwach w Polsce, a od 01.05.2021 r. już w całym kraju) realizację nowego programu pn. „Zanocuj w lesie”. Program ten (dot. rozproszonego biwakowania na obszarze leśnym) to współczesny przykład budowania dobrych relacji i zaufania pomiędzy Lasami Państwowymi a społeczeństwem w ramach realizowania społecznej roli lasu, a zwłaszcza funkcji turystyczno-wypoczynkowej lasów w Polsce.

Celem referatu jest przedstawienie bieżących działań związanych z rozwojem nowej oferty turystyczno-rekreacyjnej na obszarach leśnych pozostających w zasobach Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe. Szczególny nacisk położono na znaczenie programu „Zanocuj w lesie” i powiązanej z nim aplikacją mobilną mBDL istotnych w promowaniu współczesnej oferty turystyczno-rekreacyjnej na obszarach leśnych w Polsce. Jak pokazują wyniki badań ankietowych wśród nadleśnictw uczestniczących w programie „Zanocuj w lesie”, od samego początku najwyższe zainteresowanie programem notuje się w nadleśnictwach położonych w suburbiach miast różnej wielkości, w tym dużych aglomeracjach powyżej 100 tys. mieszkańców. Związane jest to niewątpliwie ze specyfiką i układem osadniczym Polski, w tym rozmieszczeniem przestrzennym miast różnej wielkości, jak i obszarów peryferyjnych pozostających w sąsiedztwie obszarów leśnych. Ogromne znaczenie w tej kwestii odgrywają także obszary Leśnych Kompleksów Promocyjnych.

Analizy są rozszerzeniem badań zaprezentowanych w publikacji z 2024 r. (Kozłowska-Adamczak i in. 2024) i bazują na wynikach ankiety środowiskowej przeprowadzonej (w formie on-line na platformie Microsoft Forms) w dniach od 25.04.2023 r. do 27.05.2023 r. Badanie przeprowadzono wśród przedstawicieli nadleśnictw w Polsce uczestniczących od 01.05.2021 r. w realizowaniu programu „Zanocuj w lesie” (N=425). Elementem uzupełniającym badania ankietowe były też wywiady telefoniczne z wybranymi nadleśnictwami w kraju prowadzone w 2022 r. (tj. w trakcie badania pilotażowego), jak i w 2023 r. (zaraz po zamknięciu badania głównego) oraz m.in. wewnętrzne dokumenty (np. decyzje Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych) czy raporty i statystyki leśne Lasów Państwowych.

**Słowa kluczowe:** społeczna rola lasu, turystyka i rekreacja leśna, program "Zanocuj w lesie", aplikacja mobilna mBDL

## What the Polish bushcrafter prefers? - a statistical approach to the forest man

### O tym, co preferuje polski bushcraftowiec, czyli statystyczne ujęcie człowieka lasu

Weronika Juszczyk\*, Krystian Rzepka, Agnieszka Szczepaniak

Forestry Students' Association at the Faculty of Forestry, Warsaw University of Life Science, Nowoursynowska 166 St., 02-787 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: s211196@sggw.edu.pl

## Abstract

Forests have many different functions in human life – from economic and natural ones to those recently gaining an increasing interest i.e. – social functions. Widely understood tourism and recreational use of forest areas meet the growing need of people to rest from the pace of everyday life. The group particularly associated with staying in the forest are bushcrafters.

The aim of the study was to characterize the average Polish bushcrafter as well as to compare their profile with the foreign counterparts from Scandinavia and United Kingdom. An additional question that guided the following work was to check whether the ‘Zanocuj w lesie’ (‘Overnight in the Forest’) project launched by the State Forests

in Poland has met the expectations of its target group, i.e. tourists willing to spend the night among the trees, which primarily include bushcraft lovers.

We prepared two surveys aimed at indicating the most important features that distinguish a bushcrafter. Respondents were asked about their age, education, origin, preferences regarding staying in the forest, familiarity with the 'Zanocuj w lesie' project and any proposals for changes that could be introduced to it. The questionnaire was distributed via bushcraft fanpage on Facebook. Nearly 200 responses were received, which after processing were used to create a profile of the native forest man, who turned out to be a middle-aged male from medium-sized city. Comparison of this image against a foreign background showed high similarities except for minor legal differences.

**Keywords:** bushcraft, camping in nature, 'Zanocuj w lesie' project

### **Abstrakt**

Lasy pełnią w życiu człowieka wiele różnorodnych funkcji – od gospodarczych poprzez przyrodnicze do społecznych. Szeroko rozumiana turystyka i rekreacyjne wykorzystanie obszarów leśnych wychodzą naprzeciw zwiększającej się wśród ludzi potrzebie odpoczynku od tempa codziennego życia. Grupą szczególnie związaną z przebywaniem w lesie są bushcraftowcy.

Celem badania było scharakteryzowanie przeciętnego polskiego bushcraftowca przy pomocy analiz statystycznych, a także porównanie jego sylwetki z zagranicznymi odpowiednikami ze Skandynawii i Wielkiej Brytanii. Dodatkowym pytaniem, które przyświecało poniższej pracy było sprawdzenie czy projekt Lasów Państwowych „Zanocuj w lesie” sprostą oczekiwaniom swojej grupy docelowej, a więc miłośnikom bushcraftu.

Sporządziliśmy dwie ankiety, które miały na celu wskazanie najważniejszych cech, którymi wyróżnia się bushcraftowiec. Ankietowanym zostały postawione pytania o ich wiek, wykształcenie, pochodzenie, preferencje dotyczące przebywania w lesie, stopień zapoznania z programem „Zanocuj w lesie” oraz ewentualne propozycje zmian, które można by wprowadzić do projektu. Gotowy formularz pytań został umieszczony na fanpage'ach bushcraftowych na portalu Facebook. Otrzymano niemal 200 odpowiedzi, które po opracowaniu posłużyły do zbudowania sylwetki rodzimego człowieka lasu, który okazał się mężczyzną w średnim wieku ze średniej wielkości miasta. Porównanie tego wizerunku z zagranicznym tłem wykazało wiele podobieństw, jak również drobnych różnic wynikających z uwarunkowań prawnych.

**Słowa kluczowe:** bushcraft, Lasy Państwowe, biwakowanie, "Zanocuj w lesie"

## **Mapping dynamically changing mountain vegetation from above – how is it possible?**

### **Kartowanie dynamicznie zmieniającej się roślinności górskiej „z góry” – jak to możliwe?**

**Adriana Marcinkowska-Ochtyra**<sup>\*</sup>, Adrian Ochtyra, Krzysztof Gryguc

Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: [adriana.marcinkowska@uw.edu.pl](mailto:adriana.marcinkowska@uw.edu.pl)

### **Abstract**

As widely known, the climate is constantly changing, both due to natural factors and human activities. These changes can be observed in various environments. One of them is mountain ecosystems, which on the largest scale and in the highest mountain ranges, is associated with the melting of mountain glaciers, drastically affecting the local flora and fauna. However, in lower mountains or mountainous regions where vegetation occurs, this will be evident through changes such as the shifting of the upper treeline or the overgrowth of grasslands by mountain dwarf pine shrubs.

Due to the uniqueness of these ecosystems, many of them are under protection. It is important, therefore, to monitor their condition and observe the direction of changes to better manage such areas. However, in terrains with significant elevation differences, field monitoring is limited to selected locations. Weather and terrain conditions make frequent updates of research over large areas impractical. In this case, invaluable sources of information are



remote sensing and satellite data acquired continuously and objectively for areas across the globe. The aspect of frequently acquired data is crucial if we aim to capture the dynamics of the studied objects, such as mountain vegetation types.

The mission that seems promising in this context is the Sentinel-2 mission of the European Space Agency. Data has been acquired since 2015, with a twin constellation since 2017, providing a revisit time of 5 days. The spatial resolution ranges from 10 to 20 meters, and the spectral bands cover the visible, near-infrared, and shortwave infrared ranges. This provides wide-ranging possibilities for applications, both in scientific research and practical use of data for purposes such as e.g. monitoring mountain vegetation.

As a case study in this presentation, the area of Karkonosze will be showcased, where Sentinel-2 data, prepared as a multi-temporal cloud-free mosaic for vegetation classification, were utilized along with ground collected reference data. Initial processing was conducted in the Google Earth Engine cloud computing platform, and the classification itself was performed in RStudio. Detailed analysis was performed on identified classes, selected data acquisition dates (vegetative period in 2018 and 2019), and additional variables chosen in the feature selection process. The accuracy results obtained for different classification scenarios were presented.

This research is based on the first case study presented within Module 2 of an open E-learning course on Time Series Analysis in Remote Sensing for Understanding Human-Environment Interactions (E-TRAINEE, Erasmus+ Strategic partnership, ID 2020-1-CZ01-KA203-078308) developed within collaboration of four research groups from Charles University, Heidelberg University, University of Innsbruck, and University of Warsaw.

**Keywords:** mapping, mountain vegetation, time series, satellite data

### Abstrakt

Jak powszechnie wiadomo, klimat ciągle się zmienia, zarówno pod wpływem czynników naturalnych, jak i działalności człowieka. Zmiany te można zaobserwować w różnych środowiskach. Jednym z nich są ekosystemy górskie, co na największą skalę i w najwyższych górach wiąże się z topnieniem lodowców górskich, co drastycznie wpływa na okoliczną florę i faunę. Natomiast w niższych górach czy rejonach górskich, gdzie pojawia się roślinność, będzie to widoczne poprzez np. zmiany położenia górnej granicy lasu czy zarastanie muraw przez kosodrzewinę.

Ze względu na wyjątkowość ekosystemów górskich wiele z nich jest objętych ochroną. Ważne jest zatem monitorowanie ich stanu i obserwowanie kierunku zmian, aby móc jak najlepiej zarządzać takimi obszarami. Jednakże, na terenach o znacznych różnicach wysokości monitoring terenowy ogranicza się do wybranych lokalizacji. Warunki pogodowe i terenowe sprawiają, że częste aktualizacje badań na dużych obszarach są utrudnione. W tym przypadku nieocenionym źródłem informacji są dane teledetekcyjne i satelitarne pozyskiwane w sposób ciągły i obiektywny dla obszarów na całym świecie. Aspekt często pozyskiwanych danych jest kluczowy, jeśli chcemy uchwycić dynamikę badanych obiektów, np. typów roślinności górskiej.

Misją, która wydaje się w tym kontekście obiecująca, jest misja Sentinel-2 Europejskiej Agencji Kosmicznej. Dane pozyskiwane są od 2015 r., a w konstelacji bliźniaczej od 2017 r., co zapewnia czas ponownej wizyty nad badanym terenem wynoszący około 5 dni. Rozdzielczość przestrzenna wynosi od 10 do 20 metrów, a kanały spektralne obejmują zakres widzialny, bliską podczerwień i podczerwień krótkofalową. Daje to szerokie możliwości zastosowań, zarówno w badaniach naukowych, jak i praktycznym wykorzystaniu danych do m.in. monitorowania roślinności górskiej.

Jako studium przypadku w tej prezentacji zostanie zaprezentowany obszar Karkonoszy, gdzie wykorzystano dane Sentinel-2, przygotowane jako wieloczasowa, bezchmurna mozaika do klasyfikacji roślinności, a także naziemne dane referencyjne. Wstępne przetwarzanie przeprowadzono w platformie chmurowej Google Earth Engine, natomiast sama klasyfikacja została wykonana w RStudio. Szczegółowej analizie poddano zarówno zidentyfikowane klasy, wybrane daty pozyskania danych (okres wegetacyjny w latach 2018 i 2019), jak i dodatkowe zmienne wybrane w procesie tzw. *feature selection*. Zaprezentowane zostaną wyniki dokładności uzyskane dla różnych scenariuszy klasyfikacji.

Niniejsze badanie opiera się na pierwszym studium przypadku przedstawionym w ramach Modułu 2 otwartego kursu e-learningowego E-TRAINEE (*E-learning course on Time Series Analysis in Remote Sensing for Understanding Human-Environment Interactions*, partnerstwa strategiczne programu Erasmus+, ID 2020-1-CZ01- KA203-078308) opracowanego w ramach współpracy czterech grup badawczych z Uniwersytetu Karola, Uniwersytetu w Heidelbergu, Uniwersytetu w Innsbrucku i Uniwersytetu Warszawskiego.

**Słowa kluczowe:** kartowanie, roślinność górska, serie czasowe, dane satelitarne

## **Assessment of the impact of weather conditions on forest health status in Poland**

### **Ocena wpływu warunków meteorologicznych na stan zdrowotny lasów w Polsce**

**Kinga Kulesza\***, Agata Hościło

Centre of Applied Geomatics, Institute of Geodesy and Cartography, Zygmunta Modzelewskiego St. 27, 02-679 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: kinga.kulesza@igik.edu.pl

#### **Abstract**

The influence of climate change on forest condition is noticeable, and has already been manifested in several parts of Europe, including Poland.

We investigate a long-term trend and variability of forest greenness, as well as its dependence on the changing values of meteorological elements. Data on the condition of vegetation, expressed as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI), are derived from MODIS satellite data from 2002-2021 for the entire area of Poland. Selected meteorological elements – temperature (T), precipitation (P) and evapotranspiration (ETo) – are derived from ERA5-Land reanalysis.

We document the general greening of forests in Poland. The greening is mostly visible in central-eastern Poland, where the annual mean NDVI increased by 0.030 in 20 years, while it is weaker in the Baltic coast and in the southern edges of Poland. The most important meteorological elements affecting forest condition are P and ETo. The strongest correlations between NDVI and P and ETo reach 0.55 and are located in central Poland, and in the form of a belt from western to eastern borders. Delays in response of forest condition to the triggering meteorological elements were also examined using the methods of Wavelet Coherence and Pearson's linear correlation with time lag. The strongest relationships occur between condition of the forest vegetation and T and ETo. There is a significant cohesion with 8-16 month (ca. 1 year) delay and 20-32 month (ca. 2 year) delay. Many significant correlations between vegetation indices and T occur with a long delay, suggesting a significant lag in the forests' response to the changes in T.

**Keywords:** NDVI, temperature, precipitation, greening, wavelet coherence

#### **Abstrakt**

Zmiany klimatu mają istotny wpływ na kondycję drzewostanów, co wyraźnie widoczne jest w wielu częściach Europy, w tym również w Polsce.

W badaniach analizujemy zmiany i zmienność kondycji lasów, a także ich zależność od zmieniających się wartości elementów meteorologicznych. Dane o kondycji roślinności, wyrażone za pomocą wskaźników spektralnych NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i EVI (Enhanced Vegetation Index), pochodzą z satelitarnych danych MODIS, z lat 2002-2021 dla obszaru całej Polski. Wybrane elementy meteorologiczne – temperatura (T), opady (P) i ewapotranspiracja (ETo) – pochodzą z reanalizy ERA5-Land.

Badania dokumentują ogólne „zielenienie się” lasów w Polsce. Poprawa kondycji drzewostanów jest najbardziej widoczna w Polsce środkowo-wschodniej, gdzie średnie roczne NDVI wzrosło w ciągu 20 lat o 0,030, natomiast jest słabsza na wybrzeżu Bałtyku i na południowych krańcach Polski. Najważniejszymi elementami meteorologicznymi wpływającymi na stan zdrowotny lasów są P i ETo. Najsilniejsze korelacje pomiędzy NDVI i P oraz ETo sięgają 0,55 i są zlokalizowane w Polsce centralnej oraz w postaci pasa od granicy zachodniej do wschodniej. Badano także opóźnienia w reakcji drzewostanów na zmiany warunków meteorologicznych metodami Wavelet Coherence oraz korelacji Pearsona z opóźnieniem. Najsilniejsze zależności występują pomiędzy kondycją roślinności leśnej a T i ETo. Występuje znaczna korelacja w przypadku opóźnienia wynoszącego 8–16 miesięcy (około 1 rok) i 20–32 miesięcy (około 2 lata). Istotne korelacje między wskaźnikami wegetacji a T występują z dużym opóźnieniem, co sugeruje znaczne opóźnienie w reakcji lasów na zmiany T.

**Słowa kluczowe:** NDVI, temperatura, opady, zielenienie, zbieżność falkowa

## **The use of modern geodetic techniques to study terrestrial water storage changes**

### **Wykorzystanie nowoczesnych technik geodezyjnych do badania zmian zasobów wód kontynentalnych**

**Jan Mikocki\***, Anna Kłos, Artur Leńczuk, Janusz Bogusz

Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Department of Military Hydrometeorology and Geomatics, Military University of Technology, gen. Sylwestra Kaliskiego 2 St., 00-908 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: jan.mikocki@wat.edu.pl

#### **Abstract**

Water is the main factor regulating human life processes, also finding its uses in energy production, transport or agriculture. The demand for water is increasing with population growth and is compounded by the effects of climate change (e.g., droughts). For this reason, water storage monitoring is crucial for the proper functioning of society. Recently, high-precision geodetic measurements have been widely used for this purpose (hydrogeodesy), providing an alternative to hydrological measurements.

One geodetic technique is the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite gravity mission, which makes it possible to determine water storage based on observations of the Earth's gravitational field. Another geodetic technique used for this purpose is GPS (Global Positioning System), which was originally used for navigation. The loading of the Earth's crust with hydrosphere causes displacements (changes in position) of GPS permanent stations, and the determination of changes in water storage is possible by performing an inversion of the displacements using the Green's functions.

**Keywords:** terrestrial water storage, GRACE, GPS

#### **Abstrakt**

Woda jest głównym czynnikiem regulującym procesy życiowe człowieka, znajdując również swoje zastosowanie w produkcji energii, transporcie czy rolnictwie. Zapotrzebowanie na wodę rośnie wraz ze wzrostem liczby ludności i jest potęgowane skutkami zmian klimatu (np. suszami). Z tego względu monitorowanie zasobów wodnych jest kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania społeczeństwa. Ostatnimi czasy powszechnie wykorzystywane są w tym celu pomiary geodezyjne (hydrogeodezja), które cechują się wysoką precyzją i stanowią alternatywę dla pomiarów hydrologicznych.

Jedną z technik geodezyjnych jest satelitarna misja grawimetryczna GRACE (ang. Gravity Recovery and Climate Experiment), która umożliwia wyznaczanie zasobów wodnych na podstawie obserwacji pola grawitacyjnego Ziemi. Inną techniką geodezyjną wykorzystywaną w tym celu jest GPS (ang. Global Positioning System), która kiedyś stosowana była głównie do celów nawigacji. Obciążenie skorupy ziemskiej hydrosferą powoduje przemieszczenia (zmiany pozycji) stacji permanentnych GPS, a wyznaczenie zmian zasobów wodnych jest możliwe poprzez wykonanie inwersji (matematycznego odwrócenia) przemieszczeń z wykorzystaniem funkcji Greena.

**Słowa kluczowe:** zasoby wód kontynentalnych, GRACE, GPS

## **Chlorophyll Fluorescence in satellite-based monitoring of wetlands in the Biebrza River Valley**

### **Fluorescencja chlorofilu w satelitarnych badaniach stanu mokradel w Dolinie Biebrzy**

**Maciej Bartold\***, Marcin Kluczek

Remote Sensing Center, Institute of Geodesy and Cartography, Zygmunta Modzelewskiego 27 St., 02-679 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: maciej.bartold@igik.edu.pl

## Abstract

Wetlands are a critical component of the landscape for climate mitigation, adaptation and biodiversity. Keeping an eye on wetland vegetation is crucial due to it playing a major role in the planet's carbon cycle and ecosystem management. Measuring plant chlorophyll fluorescence (ChF) provides precise insight into their current state and photosynthetic activity. The aim of our study is to determine whether it is possible to use such a machine learning algorithm that is applicable to Sentinel-2 (S-2) satellite imagery to retrieve ChF data with high spatial resolution. In situ measurements were evaluated and applied for retrieving ChF using a machine learning algorithm utilizing the spectral bands. The study follows with the next analyses on how the different spectral bands of S-2 contribute to the ChF model results, the influence of using a machine learning method, and how this study's findings can be useful for wetland science and for mapping chlorophyll fluorescence using Earth Observation data.

Our results revealed the advantages of using a set of classifiers derived from S-2 satellite image mosaics to accurately map the spatio-temporal distribution of ChF in a terrestrial landscape. The validation proved that the XGBoost algorithm is quite accurate in estimating ChF with a good determination of 0.71 and least bias of 0.012. The precision of chlorophyll fluorescence measurements is reliant upon determining the optimal S-2 satellite overpass time. This research is a contribution to further fluorescence mapping studies, especially in the context of the upcoming European Space Agency mission, the FLuorescence EXplorer (FLEX), which will aim to determine fluorescence data for the globe on a continuous basis. Further surveys will allow the proposed solution to be extended to other plant ecosystems (forests, agricultural fields), which is particularly important in view of climate change, carbon sequestration and sustainable agriculture.

**Keywords:** chlorophyll fluorescence, machine learning, plant stress, peatlands

## Abstrakt

Mokradła są kluczowym ekosystemem wodnym w kontekście łagodzenia zmian klimatycznych, adaptacji klimatycznej i różnorodności biologicznej. Monitorowanie roślinności w mokradłach jest istotne ze względu na jej istotną rolę w obiegu węgla oraz ochronie i kształtowaniu środowiska. Pomiar fluorescencji chlorofilu roślinnego (ChF) dostarcza precyzyjnych informacji o ich aktualnym stanie i aktywności fotosyntetycznej roślin. Celem naszego badania jest ustalenie, czy możliwe jest zastosowanie algorytmu uczenia maszynowego z wykorzystaniem obrazów z satelity Sentinel-2 (S-2) w celu uzyskania danych dotyczących fluorescencji chlorofilu o wysokiej rozdzielczości przestrzennej. Naziemne pomiary fluorescencji chlorofilu zostały wykorzystane do modelowania satelitarnego parametru fluorescencji chlorofilu przy użyciu algorytmu uczenia maszynowego, opartego na zakresach spektralnych rejestrowanych przez satelity obserwacji Ziemi (Earth Observation). Przeanalizowano wpływ różnych zakresów spektralnych na wyniki modelu ChF, wpływ zastosowania wybranej metody uczenia maszynowego oraz to, w jaki sposób wyniki tego badania mogą być przydatne dla nauki o mokradłach i mapowania fluorescencji chlorofilu przy użyciu satelitarnych danych programu Earth Observation.

Nasze wyniki ujawniły zalety korzystania zestawu klasyfikatorów opartych na kompozycjach czasowych obrazów z satelity S-2 do przestrzennego i czasowego mapowania rozkładu ChF. Wyniki walidacji potwierdziły, że algorytm XGBoost działa precyzyjnie w oszacowaniu ChF, osiągając współczynnik dopasowania modelu na poziomie 0,71 i minimalne odchylenie wynoszące 0,012. Precyzja pomiarów fluorescencji chlorofilu zależy od określenia optymalnego czasu przejścia satelity S-2. Niniejsza praca badawcza przyczynia się do dalszych badań nad monitorowaniem fluorescencji, zwłaszcza w kontekście nadchodzącej misji Europejskiej Agencji Kosmicznej - FLuorescence EXplorer (FLEX), która będzie miała na celu uzyskiwanie danych o fluorescencji na całym globie w sposób ciągły. Kolejne badania pozwolą na rozszerzenie zaproponowanego rozwiązania na inne ekosystemy roślinne (w tym lasy i pola uprawne), co jest istotne w kontekście zmian klimatycznych, sekwestracji węgla i programu zrównoważonego rolnictwa.

**Słowa kluczowe:** fluorescencja chlorofilu, uczenie maszynowe, stres roślin, torfowiska

# Correlation of the flooding regime with the presence of *Solidago gigantea* over the valleys of Narew and Vistula in Poland

## Współzależność reżimu powodziowego z występowaniem nawłoci (*Solidago gigantea*) nad dolinami Narwi i Wisły w Polsce

**Szymon Sala**<sup>1\*</sup>, Rizos-Theodoros Chadoulis<sup>2</sup>, Marek Ruciński<sup>1</sup>, Eleftherios Katsikis<sup>2</sup>, Piotr Archicinski<sup>3</sup>, Ewa Gromny<sup>1</sup>, Edyta Wozniak<sup>1</sup>, Ioannis Manakos<sup>2</sup>, Andrzej Affek<sup>4</sup>, Anna Foks-Ryznar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences, Bartycka 18a St., 00-716 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>Centre for Research and Technology Hellas, Information Technologies Institute, P.O.Box 60361, 6th km Harilaou - Thermi, 57001, Thessaloniki, Greece

<sup>3</sup> Institute of Environmental Engineering, Warsaw University of Life Science, Nowoursynowska 166 St., 02-787 Warsaw, Poland

<sup>4</sup>Department of Geocology, GIS and Cartography Workgroup, Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55 St., 00-818 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: ssala@cbk.waw.pl

### Abstract

The mapping of invasive species is essential for effective management and conservation efforts.

In this study, we aimed to map the distribution of the invasive species *Solidago gigantea* using phenology and remote sensing. Phenological descriptors are temporal patterns of plant life cycle events, such as flowering and fruiting, which can provide valuable information for species identification and monitoring. We collected field data on *Solidago gigantea*'s phenological characteristics, including the timing and duration of flowering and fruiting, across the floodplains. Remote sensing data, including aerial imagery and satellite images, were integrated with the field data to create a spatial distribution map of *Solidago gigantea*. Because of the research-confirmed effect of soil moisture on the spread of *S. gigantea* and its vulnerability to flooding over longer periods of time, we decided to investigate the importance of surface water as a factor influencing the alien species invasion. To conduct this type of research we have chosen the floodplains located on the Vistula and Narew river terraces as a study area. These locations are known for being exposed to extended periods of water backlog. Using satellite data we were able to locate plots of *S. gigantea* that are periodically flooded and monitor the effects the water has on the plant itself. Our goal was to determine if the inundation has a positive or negative impact on the spreading.

**Keywords:** invasive species, remote sensing, flood detection

### Abstrakt

Mapowanie gatunków inwazyjnych ma kluczowe znaczenie dla skutecznego zarządzania ich występowaniem i działań ochronnych.

W naszym badaniu celem było zmapowanie rozmieszczenia inwazyjnego gatunku *Solidago gigantea* przy użyciu jego cech fenologicznych i teledetekcji. Cechy fenologiczne to wzorce identyfikowane w trakcie cyklu życiowego roślin, takie jak kwitnienie i owocowanie, które mogą dostarczyć cennych informacji do identyfikacji i monitorowania gatunków. Zebraliśmy dane terenowe dotyczące cech fenologicznych *Solidago gigantea*, przede wszystkim czas trwania kwitnienia i owocowania na terenach zalewowych. Dane teledetekcyjne, w tym zdjęcia dronowe i obrazy satelitarne, zostały zintegrowane z danymi terenowymi w celu stworzenia mapy rozmieszczenia przestrzennego *Solidago gigantea*. Ze względu na potwierdzony badaniami wpływ wilgotności gleby na rozprzestrzenianie się *S. gigantea* i jej podatność na powódzie w dłuższych okresach czasu, postanowiliśmy zbadać znaczenie wód powierzchniowych jako czynnika wpływającego na inwazję tego gatunku w Polsce. Do przeprowadzenia tego typu badań wybraliśmy tereny zalewowe położone na tarasach rzecznych Wisły i Narwi. Miejsca te są znane z tego, że są narażone na wydłużone okresy zalegania wody. Korzystając z danych satelitarnych, byliśmy w stanie zlokalizować łany *S. gigantea*, które są okresowo zalewane i monitorować wpływ wody na samą roślinę. Naszym celem było ustalenie, czy zalewanie ma pozytywny czy negatywny wpływ na rozprzestrzenianie się.

**Słowa kluczowe:** gatunki inwazyjne, teledetekcja, monitoring powodzi

# Semi-automatic method of watercourse network generation based on high-resolution digital elevation model

## Półautomatyczna metoda generowania sieci cieków wodnych w oparciu o wysokorozdzielczy Numeryczny Model Terenu

**Natalia Rebisz**<sup>1\*</sup>, Filip Iwaniec, Franciszek Błaś, Adam Ziółkowski, Karol Kwartnik, Paweł Sasak, Igor Pawelec<sup>2</sup>, Wojciech Krawczyk<sup>2</sup>, Jakub Miszczyszyn<sup>2,3</sup>, Aleksandra Urban, Paweł Hawryło<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

<sup>2</sup>Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

<sup>3</sup>Polish Geographical Society, Branch of Remote Sensing

\*Corresponding author: natalia.rebisz@student.urk.edu.pl

### Abstract

Poland has been experiencing various hydrological problems for many years. This is not only drought and commonly declining groundwater levels, but also the threat of impeded runoff in flat areas with very slight slopes. The condition for rational management of water resources is to have reliable data on the hydrological network.

The goal of the research was to propose a methodology for semi-automatic detection of watercourses. The proposed method assumes that the user has several reference watercourse fragments, which are used to calibrate the parameters of the algorithm responsible for automatic detection of the hydrological network. The proposed method allows the algorithms to be optimized to the conditions of the catchment. The solution was programmed as a package of functions in R based on the hydrological analysis tools available in the whitebox package. The proposed method uses a high-resolution Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 0.5 m generated from airborne laser scanning point clouds. Currently, automatic calibration is performed for several parameters, such as: the size of drainless areas eliminated at the DEM preprocessing stage; the method of determining the direction of runoff; and the minimum amount of runoff accumulation to form a watercourse.

The study was carried out in the area of the Oława Forest District (Regional Directorate of State Forests in Wrocław) in the basin of the Smortawa River, which is a right tributary of the Oder River with a length of 38.72 km. The analyses were carried out in cooperation with and for the needs of the Bureau of Forest Management and Geodesy (BULiGL), Brzeg branch. The developed method will allow BULiGL to optimize the work of during the hydrological inventories performed.

During the study, a significant problem was observed related to the impact of the large number of uninventoried culverts in the study area on the shape of the generated network. The first attempts to take into account the presence of culverts by "burning" them into the DEM, allowed a significant improvement in the accuracy of detection of watercourses.

In the next stages of the research, it is planned to develop a tool to automatically determine the width of a watercourse and a culvert detection algorithm.

**Keywords:** DEM, parametrisation, detection of watercourses, flow direction, watercourse inventory

### Abstrakt

Od wielu lat w Polsce obserwuje się różnego rodzaju problemy hydrologiczne. Jest to nie tylko susza i powszechnie obniżający się poziom wód gruntowych, ale także zagrożenie związane z utrudnionym odpływem na terenach płaskich o bardzo niewielkich spadkach terenu. Warunkiem racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi jest posiadanie wiarygodnych danych o sieci hydrologicznej.

Celem badań było zaproponowanie metodyki półautomatycznej detekcji cieków wodnych. Proponowana metoda zakłada posiadanie przez użytkownika kilku referencyjnych fragmentów cieków wodnych, które są wykorzystywane do kalibracji parametrów algorytmu odpowiedzialnego za automatyczną detekcję sieci hydrologicznej. Proponowana metoda umożliwi zoptymalizowanie algorytmów do warunków panujących w danej zlewni. Rozwiązanie zostało zaprogramowane jako pakiet funkcji w języku R w oparciu o narzędzia do

analiz hydrologicznych dostępne w pakiecie whitebox. Proponowana metoda wykorzystuje wysokorozdzielczy Numeryczny Model Terenu (NMT) o rozdzielczości przestrzennej 0,5 m generowany na bazie chmur punktów lotniczego skanowania laserowego. Obecnie automatyczna kalibracja wykonywana jest dla kilku parametrów takich jak: wielkość obszarów bezodpływowych eliminowanych na etapie wstępnego przetwarzania NMT; metoda określania kierunku spływu; oraz minimalna wielkość akumulacji spływu do utworzenia cieków wodnych.

Badania zostały przeprowadzone na terenie Nadleśnictwa Oława (Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych we Wrocławiu) w dorzeczu rzeki Smortawa będącej prawym dopływem Odry o długości 38,72 km. Analizy wykonano we współpracy i na potrzeby Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej oddział w Brzegu. Opracowana metoda pozwoli na optymalizację prac BULiGL w trakcie wykonywanych inwentaryzacji hydrologicznych.

Podczas badań zaobserwowano istotny problem związany z wpływem dużej liczby niezainwentaryzowanych przepustów na analizowanym obszarze na kształt generowanej sieci. Pierwsze próby uwzględnienia obecności przepustów poprzez ich „wypalanie” w NMT, pozwoliły na znaczącą poprawę dokładności detekcji cieków.

W kolejnych etapach badań planowane jest stworzenie narzędzia pozwalającego na automatyczne określenie szerokości cieków wodnych oraz algorytmu detekcji przepustów.

**Słowa kluczowe:** NMT, parametryzacja, detekcja cieków, kierunek spływu, inwentaryzacja cieków

## **The method of delimiting forest areas with the use of airborne laser scanning data and hyperspectral imaging use of airborne laser scanning data and hyperspectral imaging**

### **Metoda delimitacji obszarów leśnych z wykorzystaniem danych lotniczego skanowania laserowego i zobrazowań hiperspektralnych**

**Tomasz Hycza**<sup>\*</sup>, Krzysztof Stereńczak

Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: t.hycza@ibles.waw.pl

#### **Abstract**

Poland is obliged to report forest land area to the Climate Convention (UNFCCC) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO/UN). Differences between national and international definitions lead to differences in the reporting of forest area to international organizations. Remote sensing is useful for estimating forest land area. This is important in the context of reporting, estimating carbon stocks, monitoring biodiversity and mitigating the effects of climate change. According to the definition formulated by FAO/UN and the Kyoto Protocol, woody vegetation should meet certain criteria of height and tree canopy coverage.

Three methods for determining the degree of tree cover were compared and verified using the Height Crown Model and object-based segmentation. Arable land is not considered forest as defined by FAO/UN and the Forest Act, even if it contains woody vegetation. These include, among others: plantations of industrial plants, including orchards. To extract them, the Elevation Model of Crowns and methods related to distribution analysis and granulometry were used. After detecting and segmenting tree crowns, their species must be determined to determine which trees can actually form a forest. The classification into 8 forest-forming species was carried out on the basis of hyperspectral data and a number of classification algorithms. Finally, there are lands with vegetation that have not yet reached the spatial parameters required by particular definitions, but are expected to achieve them within the required period of time. Vegetation was classified into two groups of species: those that do not meet the parameters required by the FAO/UN definition and others. The classification used hyperspectral data and point clouds from airborne laser scanning. Information on species was used to classify land into forest, non-forest and potentially forest land.

**Keywords:** remote sensing, forest definition, criteria, reporting, tree vegetation

#### **Abstrakt**

Polska jest zobowiązana do raportowania powierzchni gruntów leśnych do Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) oraz Organizacji ds. Wyżywienia i Rolnictwa Organizacji Narodów Zjednoczonych (FAO/UN). Różnice między

krajowymi i międzynarodowymi definicjami prowadzą do różnic w raportowaniu powierzchni leśnej do organizacji międzynarodowych. Teledetekcja jest użyteczna do szacowania powierzchni gruntów leśnych. Jest to ważne w kontekście sprawozdawczości, szacowania zasobów węgla, monitorowania bioróżnorodności i łagodzenia skutków zmian klimatu. Według definicji sformułowanej przez FAO/UN i w Protokole z Kioto roślinność drzewiasta powinna spełniać określone kryteria wysokości i pokrycia przez korony drzew.

Porównano i zweryfikowano trzy metody określania stopnia zadrzewienia z wykorzystaniem Wysokościowego Modelu Koron i segmentacji obiektowej. Grunty orne nie są uznawane za leśne według definicji sformułowanej przez FAO/UN i w Ustawie o Lasach, nawet jeśli występuje na nich roślinność drzewiasta. Należą do nich m.in. plantacje roślin przemysłowych, w tym np. sadów. W celu ich ekstrakcji wykorzystano Wysokościowy Model Koron oraz metody związane z analizą rozmieszczenia i granulometrię. Po detekcji i segmentacji koron drzew, należy określić ich gatunek, aby stwierdzić które z drzew może faktycznie tworzyć las. Klasyfikacja na 8 gatunków lasotwórczych została przeprowadzona na podstawie danych hiperspektralnych i szeregu algorytmów klasyfikacyjnych. Istnieją w końcu grunty z roślinnością, która nie osiągnęła jeszcze parametrów przestrzennych wymaganych przez poszczególne definicje, ale oczekiwane jest, że osiągną je w wymaganym okresie czasu. Dokonano klasyfikacji roślinności na dwie grupy gatunków: te, które nie osiągną parametrów wymaganych przez definicję FAO/UN oraz pozostałe. W klasyfikacji wykorzystano dane hiperspektralne i chmury punktów z lotniczego skanowania laserowego. Informację nt. gatunków wykorzystano do klasyfikacji gruntów na leśne, nieleśne i potencjalnie leśne.

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, definicje lasu, kryteria, raportowanie, roślinność drzewiasta

## **Unsupervised assessment of the species diversity of Poland's forests**

### **Nienadzorowana ocena różnorodności gatunkowej lasów Polski**

**Jakub Talaga\***, Paweł Netzel

Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: jakub.talaga@student.urk.edu.pl

#### **Abstract**

Biodiversity is a characteristic of stands that is influenced by many factors, such as species composition, age, or structure (Brockerhoff et al. 2017). Tree species diversity also maps global and local processes that occur in the ecosystem (Ricklefs, He 2016). Tree species diversity also makes it possible to assess the resistance of stands to damage (e.g. winds, insect gradations) (Brzeziecki et al. 2013). Therefore, it can be an effective indicator of the quality of a stand. There are many research studies (Uddin et al. 2015; Fortuna, Di Battista 2020; Immitzer, Atzberger 2023) on this aspect in search of effective methods to analyse biodiversity and estimate the changes that an ecosystem undergoes.

Acquiring species data is a problem in assessing species diversity. Such information is possible through ground observations or the classification of satellite data (Hościło, Lewandowska 2019). Classification of satellite observations is performed using supervised learning.

The presentation will show a method for unsupervised assessment of species diversity in Polish forests using satellite data and the Shannon-Wiener index (SWI). The research area is the whole territory of Poland. The stands under the management of the State Forests were adopted for the analysis. Results obtained based on calculations of data collected in the National Forest Inventory (NFI) database were presented as a reference.

The results show a correspondence between the SWI calculated from the BDL data and the assessment obtained from the unsupervised satellite data analysis:  $R^2=0.68$ ,  $RMSE=0.17$ ,  $BIAS=-0.10$ , and Pearson's correlation coefficient 0.823. The results obtained indicate the possibility of using the unsupervised assessment of species diversity of Polish forests as a proxy for the assessment of forest species biodiversity.

**Keywords:** unsupervised learning, biodiversity, Sentinel-2, forests

#### **Abstrakt**



Bioróżnorodność jest cechą drzewostanów, na którą wpływa wiele czynników, takich jak skład gatunkowy, wiek, lub struktura (Brockhoff i in. 2017). Zróżnicowanie gatunkowe drzew odwzorowuje także globalne oraz lokalne procesy, które zachodzą w ekosystemie (Ricklefs, He 2016). Różnorodność gatunkowa drzew pozwala także oceniać odporność drzewostanów na uszkodzenia (np. wiatry, gradacje owadów) (Brzeziecki et al. 2013). Może być zatem skutecznym wskaźnikiem jakości wybranego drzewostanu. Prowadzi się wiele badań (Uddin i in. 2015; Fortuna, Di Battista 2020; Immitzer, Atzberger 2023) nad tym aspektem, w poszukiwaniu skutecznych metod analizy bioróżnorodności i szacowania zmian, jakim ulega ekosystem.

Problemem w ocenie różnorodności gatunkowej jest pozyskanie danych o gatunkach. Uzyskanie takich informacji możliwe jest na podstawie obserwacji naziemnych lub klasyfikacji danych satelitarnych (Hościło, Lewandowska 2019). Klasyfikacja obserwacji satelitarnych wykonywana jest z wykorzystaniem uczenia nadzorowanego.

W wystąpieniu przedstawiona zostanie metoda nienadzorowanej oceny różnorodności gatunkowej lasów Polski z wykorzystaniem danych satelitarnych oraz wskaźnika Shannona-Wiennera (SWI). Obszarem przeprowadzonych badań jest teren całej Polski. Do analizy przyjęto drzewostany pod zarządem Lasów Państwowych. Jako odniesienie przedstawiono wyniki uzyskane na podstawie obliczeń danych zgromadzonych w bazie danych Banku Danych o Lasach.

Otrzymano zgodność pomiędzy wskaźnikiem SWI wyliczonym z danych BDL, a oceną otrzymaną z nienadzorowanej analizy danych satelitarnych:  $R^2=0.68$ ,  $RMSE=0.17$ ,  $BIAS=-0.10$ , współczynnik korelacji Pearsona 0.823. Otrzymane wyniki wskazują na możliwość użycia nienadzorowanej oceny różnorodności gatunkowej lasów Polski jako przybliżenia oceny bioróżnorodności gatunkowej lasu.

**Słowa kluczowe:** uczenie nienadzorowane, bioróżnorodność, lasy, Sentinel-2

## **Spatial complexity changes of forest areas worldwide in the years 1992-2020**

### **Zmiany złożoności przestrzennej obszarów leśnych na świecie w latach 1992-2020**

Adrian Nowacki\*

Faculty of Geographical and Geological Sciences, Adam Mickiewicz University, Krygowskiego 10 St., 61-680 Poznań, Poland

\*Corresponding author: adriannowacki007@gmail.com

#### **Abstract**

Describing the spatial structures of local landscapes is a significant aspect of environmental research. Spatial signatures, such as raster cell co-occurrence matrices, are utilized to calculate five metrics of information theory.

Two primary metrics of landscape configuration and composition - marginal entropy and relative mutual information, allow to determine the diversity and compactness of spatial structures within local landscapes. Analyzing their similarities influences identifying trends in the changes of composition and configuration of individual areas, such as deforestation and reforestation.

The aim of the presentation is to show the major changes in landscape composition and configuration of forest areas between 1992 and 2020.

**Keywords:** spatial complexity, marginal entropy, relative mutual information

#### **Abstrakt**

Opisywanie struktur przestrzennych lokalnych krajobrazów jest znaczącym elementem badań środowiskowych. W tym celu wykorzystuje się sygnatury przestrzenne, m.in. macierze współwystępowania komórek rastra, które pozwalają obliczyć pięć metryk teorii informacji.

Dwa główne, uniwersalne metryki konfiguracji i kompozycji krajobrazu - entropia brzegowa oraz względna informacja wzajemna, pozwalają określić różnorodność oraz zwartość struktur przestrzennych lokalnych krajobrazów. Analiza ich podobieństw wpływa na określenie tendencji zmian kompozycji i konfiguracji poszczególnych obszarów, np. wylesiania i ponownego zalesiania.

Celem prezentacji jest ukazanie głównych wyników obejmujących zidentyfikowanie obszarów leśnych o największych globalnych zmianach kompozycji i konfiguracji krajobrazu w latach 1992-2020.

**Słowa kluczowe:** złożoność przestrzenna, entropia brzegowa, względna informacja wzajemna

## **Using repeated airborne laser scanning (ALS) data to assess the role of climate and site condition on forest volume growth**

### **Wykorzystanie powtórzonych danych lotniczego skanowania laserowego (ALS) do oceny wpływu klimatu i warunków siedliskowych na przyrost zasobności**

**Elvis Tangwa**<sup>1\*</sup>, Wiktor Tracz<sup>2</sup>, Robert Magnuson<sup>1,4</sup>, Krzysztof Stereńczak<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>IDEAS NCBR, Chmielna 69 St., 00-801 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>Department of Geomatics and Land Management, Faculty of Forestry, Warsaw University of Life Sciences, Nowoursynowska 159, 02-7767 Warsaw, Poland

<sup>3</sup>Department of Geomatics, Forest Research Institute, Sekocin Stary, 3 Braci Leśnej St., 05-090, Raszyn, Poland

<sup>4</sup>Faculty of Computer Science, Białystok University of Technology, Białystok, Poland

\*Corresponding author: elvis.tangwa@ideas-ncbr.pl

#### **Abstract**

Precision is needed to improve forest monitoring and management in the face of climate change. Airborne Laser Scanning (ALS) is a cutting-edge technology that provides 3D information on vegetation structure to improve the accuracy of forest volume estimation. While this is widely recognised, the additional information from local climate and soil data has not yet been fully exploited for volume growth estimation.

This study aims to evaluate the potential of repeated ALS data (2007 and 2015) in combination with climate variability (temperature and precipitation) and environmental factors (soil physical and chemical composition and site type) to improve the estimation of volume growth at the stand plot and species level. The specific objectives of the research are to validate growth and find the best modelling approach to quantify growth and change over time. The research will also assess growth sensitivity to climate variability, especially the species level. The specific research questions to be addressed are (1) how has growth volume changed over time and what are the benefits of integrating soil and climate information into ALS-based models? (2) which modelling strategy accurately captures change in volume growth and (3) how sensitive the ALS-based model of volume growth is to climate variability.

We plan to test statistical and machine-learning methods to find answers to these questions. We will initially model growth based solely on ALS variables and then in combination with site-specific and climate information. We expect the research results to improve our understanding of forest growth dynamics in general and species-specific response and adaptation to climate change.

**Keywords:** airborne laser scanning (ALS), climate change, site condition, volume growth

#### **Abstrakt**

Aby poprawić monitorowanie lasów i zarządzanie nimi w obliczu zmian klimatu, konieczna jest precyzja. Lotnicze skanowanie laserowe (ALS) to nowoczesna technologia, która dostarcza trójwymiarowych informacji o strukturze roślinności, co pozwala na poprawę dokładności szacowania zasobności lasów. Chociaż jest to powszechnie uznane, dodatkowe informacje z lokalnych danych o klimacie i glebie nie zostały jeszcze w pełni wykorzystane do oszacowania przyrostu zasobności.

Celem tego badania jest ocena potencjału powtórzonych danych ALS (2007 i 2015) w połączeniu ze zmiennymi klimatycznymi (temperatura i opady) oraz czynnikami środowiskowymi (fizykochemiczny skład gleby oraz typ siedliska) w celu poprawy szacowania przyrostu zasobności na poziomie powierzchni i gatunku. Szczegółowym celem badawczym była walidacja przyrostu i znalezienie najlepszego podejścia do modelowania w celu ilościowego określenia przyrostu i zmian w czasie. Badanie oceni również wrażliwość przyrostu na zmienność

klimatyczną, szczególnie na poziomie gatunku. Konkretnie pytania badawcze, na które należy odpowiedzieć, to: (1) jak zmieniała się wielkość przyrostu w czasie i jakie są korzyści z integracji informacji o glebie i klimacie z modelami opartymi na ALS? (2) która strategia modelowania dokładnie oddaje zmianę przyrostu zasobności oraz (3) jak wrażliwy jest model przyrostu zasobności oparty na ALS na zmienność klimatu.

Aby znaleźć odpowiedzi na te pytania, planujemy przetestować metody statystyczne i uczenie maszynowe. Początkowo będziemy modelować przyrost wyłącznie w oparciu o zmienne ALS, a następnie w połączeniu z informacjami dotyczącymi konkretnego miejsca i klimatu. Oczekujemy, że wyniki badań pogłębią naszą wiedzę na temat ogólnej dynamiki wzrostu lasów oraz reakcji i adaptacji do zmian klimatycznych specyficznych dla gatunku.

**Słowa kluczowe:** lotnicze skanowanie laserowe (ALS), zmiany klimatu, warunki siedliskowe, przyrost zasobności

## **Development of a strategy for the conservation of genetic resources based on genetic and geographic data – black poplar example**

### **Opracowanie strategii zachowania zasobów genowych w oparciu o dane genetyczne i geograficzne na przykładzie topoli czarnej**

Weronika B. Żukowska<sup>\*</sup>, Andrzej Lewandowski

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5 St., 62-035 Kórnik, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: wzukowska@man.poznan.pl

#### **Abstract**

Genetic diversity is the foundation of biodiversity. It is also the starting point for breeding and selection programs for woody species. Actions focusing on the protection of species or entire ecosystems may be insufficient to secure an appropriate level of genetic diversity. In this context, taxa with a high degree of clonality and the presence of hybrid individuals that are difficult to identify require special attention. Black poplar (*Populus nigra* L.) is an example of such species. Equally important is the spatial distribution of genetic variability, which provides valuable information about the naturalness of a population, but above all enables the development of appropriate conservation, sampling, and seed collection strategies.

Black poplar is one of the main forest-forming species of riverine riparian forests of Eurasia, characterized by high biodiversity. This tree is highly plastic and resistant to pollution. Most of the currently bred fast-growing hybrid poplar varieties are derived from black poplar. However, the natural ecosystems of this species have been largely converted to agricultural and forest land. Moreover, river flooding, necessary for the natural regeneration of black poplar, has been limited to such an extent that the species is now considered to be at risk of extinction in many European countries. In Poland, black poplar is not under legal protection, but its populations are becoming smaller and most of the trees are at advanced age and in poor health. Natural regeneration occurs almost exclusively along the middle Vistula section. Moreover, black poplar crosses with commonly occurring Euroamerican hybrid poplars, which poses a significant threat to the purity of its gene pool.

The study aimed to determine the spatial genetic structure (SGS) and genetic variability of black poplar populations located along the biggest river valleys in Poland. The analyses were carried out using genetic data (nuclear DNA microsatellite markers) and geographical coordinates of all black poplar individuals. A total of 26 populations from the Vistula (8), Oder (9), Warta (3), Bug (3), Narew (1), and San (2) valleys were examined (1,261 trees). According to the results, most of the populations were characterized by a strong SGS. The highest and statistically significant degree of relatedness was found for the first two distance classes in the case of 14 populations. A particularly strong correlation was revealed for the populations from Obrzycko (Warta) and Tarnobrzeg (Vistula). The population from Obrzycko had also a unique gene pool. The overall level of genetic variation was high. However, the populations differed in terms of the degree of clonality (average 20.08%), which was higher in river valleys with a high degree of transformation (Warta and Oder). The level of genetic diversity was low ( $F_{ST} = 0.058$ ,  $p < 0.001$ ). Nevertheless, the genetic clustering analysis identified 11 distinct genetic clusters. Only in the case of the Vistula, no significant barriers to gene flow were observed. The effective sizes of most

populations were quite low (average  $N_e$  for individual rivers = 30-55), except for the populations from the Vistula (average  $N_e$  = 104).

The results will be complemented with genotyping of single nucleotide polymorphisms (SNPs) and will ultimately be used to develop a comprehensive conservation strategy for the genetic resources of black poplar in Poland.

The research was financed under the National Science Center research project no. 2021/41/B/NZ9/00722.

**Keywords:** genetic markers, genetic variation, spatial genetic structure, *Populus*, riparian ecosystems

### Abstrakt

Różnorodność genetyczna jest fundamentem bioróżnorodności. Stanowi także bazę wyjściową dla programów hodowli i selekcji gatunków drzewiastych. Działania skupiające się na ochronie gatunków bądź całych ekosystemów mogą być niewystarczające dla zabezpieczenia odpowiedniego poziomu różnorodności genetycznej. W tym kontekście szczególnej uwagi wymagają taksony cechujące się wysokim stopniem klonalności, a także występowaniem trudnych do identyfikacji osobników mieszańcowych. Przykładem takiego gatunku jest topola czarna (*Populus nigra* L.). Równie istotne znaczenie ma przestrzenny rozkład zmienności genetycznej, który stanowi cenną informację na temat naturalności populacji, ale przede wszystkim umożliwia opracowanie właściwych strategii ochrony, próbkowania i zbioru nasion.

Topola czarna stanowi jeden z głównych gatunków lasotwórczych nadrzecznych łągów Eurazji cechujących się wysoką bioróżnorodnością. Drzewo to charakteryzuje się wysoką plastycznością oraz odpornością na zanieczyszczenia. Większość hodowanych obecnie szybko rosnących odmian mieszańcowych topoli wywodzi się właśnie od topoli czarnej. Naturalne ekosystemy tego gatunku zostały jednak w dużej mierze przekształcone w użytki rolne i leśne. Co więcej, wylewy rzek, niezbędne do naturalnego odnawiania się topoli czarnej, ograniczono na tyle, że obecnie gatunek ten uważany jest za zagrożony wyginięciem w wielu krajach Europy. W Polsce topola czarna nie jest objęta ochroną gatunkową, jednak jej populacje są coraz mniej liczne, a większość drzew jest w zaawansowanym wieku i złym stanie zdrowotnym. Naturalne odnowienia występują niemal wyłącznie na odcinku środkowej Wisły. Ponadto topola czarna krzyżuje się z występującymi powszechnie mieszańcowymi topolami euroamerykańskimi, co stanowi istotne zagrożenie dla czystości jej puli genowej.

Celem badań było określenie przestrzennej struktury genetycznej (SGS) i zmienności genetycznej populacji topoli czarnej zlokalizowanych wzdłuż największych rzek w Polsce. W analizach wykorzystano dane genetyczne (markery mikrosatelitarne jądrowego DNA) oraz współrzędne geograficzne wszystkich osobników topoli czarnej. Łącznie przebadano 26 populacji z doliny Wisły (8), Odry (9), Warty (3), Bugu (3), Narwi (1) i Sanu (2) (1261 drzewa). Zgodnie z wynikami większość populacji cechowała się silną SGS. Największy i istotny statystycznie stopień pokrewieństwa stwierdzono dla pierwszych dwóch klas dystansu w przypadku 14 populacji. Szczególnie silna korelacja dotyczyła populacji z Obrzycka znad Warty oraz z Tarnobrzegu nad Wisłą. Populacja z Obrzycka cechowała się również unikatową pulą genową. Ogólny poziom zmienności genetycznej był wysoki. Populacje różniły się jednak pod względem stopnia klonalności (średnio 20,08%), który był wyższy w dolinach rzek o wysokim stopniu przekształcenia (Warta i Odra). Poziom zróżnicowania genetycznego był niski ( $F_{ST} = 0,058$ ,  $p < 0,001$ ). Niemniej jednak analiza grupowania genetycznego wskazała 11 odrębnych klastrow genetycznych. Jedynie w przypadku Wisły nie zaobserwowano istotnych barier dla przepływu genów. Efektywne wielkości większości populacji były dość niskie (średnia  $N_e$  dla poszczególnych rzek = 30-55), z wyjątkiem populacji znad Wisły (średnia  $N_e$  = 104).

Wyniki zostaną poszerzone o genotypowanie markerów typu polimorfizm pojedynczego nukleotydu (SNP) i finalnie posłużą do opracowania kompleksowej strategii ochrony zasobów genowych topoli czarnej w Polsce.

Badania zostały sfinansowane w ramach projektu badawczego NCN nr 2021/41/B/NZ9/00722.

**Słowa kluczowe:** markery genetyczne, zmienność genetyczna, przestrzenna struktura genetyczna, *Populus*, ekosystemy rzeczne

## The potential of using remote sensing techniques in forest genetic research

### Potencjał wykorzystania technik teledetekcji w badaniach genetycznych drzew leśnych

Vasyl Mohytych\*

Department of Silviculture and Genetics of Forest Trees, Forest Research Institute, Sękocin Stary, Braci Leśnej 3 St., 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: V.Mohytych@ibles.waw.pl

### **Abstract**

Trees play a key role in forest ecosystems, forestry and their sustainable development. Therefore, forest geneticists in many countries and regions of the world are striving to protect or utilize valuable genetic resources. However, genetic research on forest trees (phenotyping) is a great challenge due to the long life span of trees and the influence of various environmental factors on the phenotype of the tree.

Currently, the only method to assess the breeding value of forest trees is to conduct provenance/progeny trials. In this approach, specific populations or genotypes of trees are selected and their progeny are compared under different environmental conditions. Each trial involves thousands of trees of known origin and is a valuable source of information; the results of measurements and observations are used to understand the response of forest trees to climate change and to select genotypes with traits useful to humans. However, planning and setup of trials and the subsequent systematic measurement of such large-scale experiments makes these studies extremely time-consuming and expensive. Furthermore, as trees evolve, it becomes increasingly difficult to measure the traits of such a large number of individuals.

With the advances in remote sensing, these technologies could easily replace some of the tasks performed in the experiments (such as measuring tree height or crown width or assessing phenological phase). However, there are doubts about the usefulness, accuracy, time and cost efficiency of the results obtained with these methods. Therefore, interdisciplinary research combining forest genetics and remote sensing is needed.

Since 2004, the Polish tree breeding program has been carried out by the Department of Forest Tree Breeding and Genetics of the Forest Research Institute. As part of this program, 215 progeny trials for five forest tree species (beech, pine, fir, spruce and larch) are being carried out. These trials could become the most important basis for testing remote sensing methods in forest genetics. Effectively developed solutions should prove useful and highly appreciated not only in Poland, but also in many other countries.

**Keywords:** LiDAR, tree phenology, tree height, progeny test trial, quantitative genetics

### **Abstrakt**

Drzewa mają ogromne znaczenie dla ekosystemów, gospodarki leśnej oraz jej zrównoważonego rozwoju. Z tego powodu działania ukierunkowane na ochronę lub wykorzystanie cennych zasobów genetycznych przeprowadzane są przez genetyków leśnych w wielu krajach i regionach na całym świecie. Niemniej jednak, badania genetyczne drzew leśnych (fenotypowanie) są dość trudne w realizacji z uwagi na długi okres życia drzew oraz oddziaływanie wielu czynników środowiskowych, które wywierają wpływ na fenotyp drzewa.

Obecnie jedyną metodą poznania wartości hodowlanej drzew leśnych jest założenie upraw testujących. Podejście to polega na wybieraniu konkretnych populacji lub genotypów drzew, których potomstwo jest porównywane w testach wzrostowych założonych w różnorodnych warunkach środowiskowych. Każdy test zawiera kilka tysięcy drzew o znanym pochodzeniu i jest bardzo cennym źródłem informacji (wyniki pomiarów i obserwacji służą do zrozumienia reakcji drzew leśnych na zmiany klimatyczne oraz przeprowadzeniu doboru genotypów o cechach korzystnych dla człowieka). Chociaż planowanie oraz zakładanie doświadczeń genetycznych, a następnie systematyczne prowadzenie pomiarów na tak obszernym materiale badawczym, czynią te badania niezwykle czasochłonnymi i kosztownymi. Ponadto pomiary cech dla tak dużej liczby osobników stają się coraz trudniejsze wraz z rozwojem drzew.

W miarę postępu rozwiązań teledetekcyjnych, wydaje się, że technologie te mogą łatwo zastąpić niektóre prace (pomiar wysokości lub szerokości korony czy ocena fazy fenologicznej) wykonywane w doświadczeniach genetycznych. Aczkolwiek na chwilę obecną nasuwają się obawy dotyczące użyteczności wyników uzyskanych za pomocą tych metod, ich dokładności, czasochłonności oraz kosztów. W tym celu konieczne są interdyscyplinarne badania łączące genetykę drzew leśnych i teledetekcję.

Od 2004 roku Zakład Hodowli i Genetyki Drzew Leśnych IBL koordynuje „Program Testowania”. W programie założono 215 upraw testujących dla 5 gatunków drzew leśnych (buk, sosna, jodła, świerk, modrzew). Powierzchnie te mogą stać się podstawową bazą w celu sprawdzenia metod teledetekcyjnych w badaniach

genetycznych drzew leśnych, a skutecznie opracowane rozwiązania powinny stać się użyteczne i wysoko ocenione nie tylko w Polsce, ale również w wielu innych krajach.

**Słowa kluczowe:** LiDAR, fenologia drzew, wysokość drzew, uprawa testująca, genetyka ilościowa

## **GeoSpatial Big Data in Forest Environment: Challenges and Perspectives**

### **Geoprzestrzenne Big Data o środowisku leśnym: wyzwania i perspektywy**

Bartłomiej Kraszewski\*

Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: b.kraszewski@ibles.waw.pl

#### **Abstract**

Geospatial Big Data represents a crucial resource in forest area monitoring and management, as it enables the integration of spatial data from different sources and the analysis of complex spatial patterns. In our work, we will present the potential and challenges related to the use of Geospatial Big Data in Forest Research Institute projects.

In the first part, we will present the variety of geospatial data used in forest environmental analysis, including aerial and satellite imagery, LiDAR data, GIS databases and field measurements. We will then outline the possibilities of integrating these data to create new products to help monitor forest threats and assess environmental change.

In terms of challenges, we will address issues related to the large amount of geospatial data, its interoperability and the need to develop advanced analytical methods. We will also highlight the need to provide appropriate tools and IT infrastructures for storing, processing and sharing data. In the technological context, we will present several solutions that are used in the projects we carry out.

Geospatial Big Data can play a crucial role in the effective monitoring and management of forest environments by enabling a better understanding of the processes occurring in forest ecosystems and supporting decision making at management level. However, to realize the full potential of geospatial big data, the challenges associated with data processing, analysis and interoperability need to be effectively addressed and investments made in the development of advanced techniques.

**Keywords:** remote sensing, big data, geospatial data, geoinformatics

#### **Abstrakt**

Geoprzestrzenne Big Data stanowią kluczowy zasób w monitorowaniu i zarządzaniu środowiskiem leśnym, umożliwiając integrację danych przestrzennych z różnych źródeł oraz analizę złożonych wzorców przestrzennych. W naszej pracy zaprezentujemy potencjał oraz wyzwania związane z wykorzystaniem geoprzestrzennych Big Data w trakcie projektów realizowanych w Instytucie Badawczym Leśnictwa.

W pierwszej części zaprezentowana zostanie różnorodność danych geoprzestrzennych używanych w analizach środowiska leśnego, obejmujących m.in. obrazy lotnicze i satelitarne, dane LiDAR, bazy GIS oraz pomiary terenowe. Następnie przedstawimy możliwości integracji tych danych do tworzenia nowych produktów wspomagających monitorowanie zagrożeń lasów oraz oceny zmian środowiskowych.

W kontekście wyzwań, rozważamy kwestie związane z dużą objętością danych geoprzestrzennych, ich interoperacyjnością oraz potrzebą opracowania zaawansowanych metod analizy. Ponadto, zwrócimy uwagę na konieczność zapewnienia odpowiednich narzędzi i infrastruktury informatycznej do przechowywania, przetwarzania i udostępniania danych. W kontekście technologicznym zaprezentujemy kilka rozwiązań stosowanych w realizowanych przez nas projektach.

Geoprzestrzenne Big Data mogą odgrywać kluczową rolę w efektywnym monitorowaniu i zarządzaniu środowiskiem leśnym, umożliwiając lepsze zrozumienie procesów zachodzących w ekosystemach leśnych oraz wspierając podejmowanie decyzji na poziomie zarządzania. Jednakże, osiągnięcie pełnego potencjału

geoprzestrzennych Big Data wymaga skutecznego rozwiązania wyzwań związanych z przetwarzaniem, analizą i interoperacyjnością danych, a także inwestycji w rozwój zaawansowanych technik.

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, big data, dane geoprzestrzenne, geoinformatyka

## **Review of Artificial Intelligence Tools for Processing Ground-based LiDAR Data in Precision Forestry**

### **Przegląd narzędzi sztucznej inteligencji do przetwarzania naziemnych danych LiDAR w leśnictwie precyzyjnym**

**Maksymilian Kulicki**<sup>1,2\*</sup>, Carlos Cabo<sup>3</sup>, Tomasz Trzciniński<sup>2,4</sup>, Janusz Będkowski<sup>1</sup>, Krzysztof Stereńczak<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Institute of Fundamental Technological Research Polish Academy of Sciences, Pawińskiego St. 5B, 02-106 Warsaw, Poland

<sup>2</sup> IDEAS NCBR, Chmielna 69 St., 00-801 Warsaw, Poland

<sup>3</sup> Department of Mining Exploitation and Prospecting, University of Oviedo, Mieres, Spain

<sup>4</sup> Warsaw University of Technology, Pl. Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland

<sup>5</sup> Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: maksymilian.kulicki@ideas-ncbr.pl

#### **Abstract**

Ground-based LiDAR tools, both static and mobile, are getting increasingly popular in forestry research. They enable detailed and accurate mapping of individual trees, not available with airborne scanning. With the advent of such high-detail data collection, there emerges a crucial need for appropriate data processing techniques. A promising approach involves the use of Artificial Intelligence methods, in particular Machine Learning and Deep learning.

This work is a systematic review of such AI methods used to process ground-based LiDAR data for forest inventory purposes. We identified three core tasks solved by AI: semantic segmentation, individual tree segmentation, and tree species classification, along with several other tasks.

Our results show that field is rapidly growing, driven by the increasing popularity of Deep learning methods since 2022. Deep learning approaches give better results than traditional machine learning models on a variety of tasks. However, while the current research leverages many state-of-the-art DL architectures, many methods are overlooked. Many advanced AI models, particularly instance segmentation architectures for identifying individual trees, are still overlooked. Additionally, Graph Neural Networks, a promising class of models, remains largely unexplored. The field also lags behind in areas of semi-supervised and self-supervised learning, approaches which can make use of unlabeled data. A major hurdle for progress is the lack of openly shared code and data, hindering research reproducibility. This issue is amplified by the lack of standardized evaluation metrics. The field could benefit from large benchmark datasets that would provide rich training data and a fair ground for comparison.

In summary, the review shows the increasing potential of using AI for forest inventory with ground-based LiDAR. It could be further enhanced by standardized evaluation, open code sharing and exploring new AI paradigms.

**Keywords:** forestry, artificial intelligence, machine learning, deep learning

#### **Abstrakt**

Naziemne skanery LiDAR, zarówno statyczne, jak i mobilne, stają się coraz bardziej popularne w leśnictwie. Umożliwiają one szczegółowe i dokładne mapowanie pojedynczych drzew, niedostępne w przypadku skanowania z powietrza. Wraz z pojawieniem się tak szczegółowych danych, pojawia się kluczowa potrzeba odpowiednich technik przetwarzania. Obiecujące podejście obejmuje wykorzystanie metod sztucznej inteligencji, w szczególności uczenia maszynowego i głębokiego uczenia.

Niniejsza praca stanowi systematyczny przegląd takich metod wykorzystywanych do przetwarzania naziemnych danych LiDAR do inwentaryzacji lasów. Zidentyfikowaliśmy trzy podstawowe zadania rozwiązywane przez sztuczną inteligencję: segmentację semantyczną, segmentację poszczególnych drzew i klasyfikację gatunków drzew, a także kilka innych zadań.

Nasze wyniki pokazują, że dziedzina ta szybko się rozwija, napędzana rosnącą popularnością uczenia głębokiego od 2022 roku. Podejścia oparte na uczeniu głębokim dają lepsze wyniki niż tradycyjne modele uczenia maszynowego. Chociaż obecne badania wykorzystują wiele nowoczesnych architektur, wiele metod jest pomijanych. Część zaawansowanych modeli, w szczególności architektury segmentacji które można by zastosować do identyfikacji pojedynczych drzew, jest nadal pomijanych. Ponadto grafowe sieci neuronowe, obiecująca klasa modeli, pozostaje w dużej mierze niezbadana. Dziedzina pozostaje również w tyle w obszarach semi-supervised i self-supervised learning, metod które mogą wykorzystywać dane pozbawione ludzkich anotacji. Ważną przeszkodą dla rozwoju jest brak otwartego udostępniania kodu i danych, co utrudnia odtwarzalność badań. Problem ten potęguje brak ustandaryzowanych metod ewaluacji. Dziedzina mogłaby skorzystać z dużych, publicznych zbiorów danych, które zapewniłyby źródło danych treningowych i podstawę do porównań.

Podsumowując, praca pokazuje rosnący potencjał wykorzystania sztucznej inteligencji do inwentaryzacji lasów za pomocą naziemnego LiDAR-u. Potencjał ten można dodatkowo zwiększyć poprzez standaryzację ewaluacji, otwarte udostępnianie kodu i eksplorowanie nowych paradygmatów sztucznej inteligencji.

**Słowa kluczowe:** leśnictwo, sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe

## **Assessment of the accuracy of winter wheat yield models based on remote sensing data**

### **Ocena dokładności modeli wzrostu pszenicy ozimej na podstawie danych teledetekcyjnych**

**Radosław Gurdak**<sup>1\*</sup>, Katarzyna Dąbrowska-Zielińska<sup>2</sup>, Jędrzej Bojanowski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Polish Space Agency, Trzy Lipy 3 St., 80-172 Gdańsk, Poland

<sup>2</sup>Institute of Geodesy and Cartography, Modzelewskiego 27 St., 02-679 Warsaw, Poland

<sup>3</sup>CloudFerro S.A., Fabryczna 5 St., 00-446 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: radoslaw.gurdak@polsa.gov.pl

#### **Abstract**

The importance of agriculture should be seen primarily in the context of meeting the world's nutritional needs. Despite the measures taken, the percentage of people who experienced moderate or high food insecurity is systematically growing. The presented research has been performed and designed under the PhD studies at the University of Warsaw. The goal of the PhD thesis is to create an algorithm that allows to estimate the yield of winter wheat based on satellite data using machine learning methods - Support Vector Regression (SVR), Random Forest (RF) and AquaCrop Model.

During 2016-2019 crop growing season a series of ground measurements of soil vegetation parameters have been performed in Poland agricultural areas. Field measurements were conducted at agriculture study site which belongs to Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring (JECAM-GEOGLAM).

The research assessed the range of variability of various LAI prediction methods: empirical model, Sentinel Application Platform (SNAP), soCAP and LAI products from the Copernicus Land Monitoring website, calculated on the basis of Proba-V satellite images. The results obtained from the images from the Sentinel-2 satellite showed the best accuracy (RMSE=0,52). The root mean square error (RMSE) for the empirical model, SNAP and soCAP was the lowest in all phases. There is a significant decrease in the effectiveness of the prediction of the LAI after the use of 300-meter decade-long products calculated on Proba-V satellite (RMSE=1,84).

The final stage of the work was the use of estimated LAI values from satellite imagery and meteorological data in SVR, RF and AquaCrop models in order to predict yields. The results obtained with the use of RF calculated



on the basis of LAI Sentinel-2 data are characterized by the lowest RMSE error = 10.1 dt/ha. A slightly larger error appears when using the LAI in-situ data.

**Keywords:** winter wheat, yield, agriculture, machine learning, satellite data

### **Abstrakt**

Znaczenie rolnictwa należy postrzegać przede wszystkim w kontekście zaspokajania potrzeb żywieniowych świata. Pomimo podejmowanych działań odsetek osób doświadczających umiarkowanego lub wysokiego braku bezpieczeństwa żywnościowego systematycznie rośnie. Prezentowane badania zostały przeprowadzone i zaprojektowane w ramach studiów doktoranckich na Uniwersytecie Warszawskim. Celem pracy doktorskiej jest ocena dokładności produktu LAI publikowanego na serwisie Copernicus Global Land Service i dedykowanego przez ESA oprogramowania Sentinel Application Platform (SNAP) oraz modelowanego LAI na podstawie danych Sentinel-2, Landsat-8, Proba-V/Sentinel-3 w stosunku do naziemnych pomiarów wartości LAI dla obszaru JECAM, określenie wpływu źródła danych teledetekcyjnych na dokładność działania modeli wzrostu pszenicy ozimej oraz modelowanie plonów pszenicy ozimej poprzez zastosowanie metod uczenia maszynowego (Support Vector Regression i Random Forest) oraz modelu AquaCrop.

W sezonach wegetacyjnym 2016-2019 przeprowadzono serię pomiarów naziemnych parametrów pszenicy ozimej na obszarach rolniczych w Polsce. Pomiary terenowe przeprowadzono w rolniczym obszarze badawczym należącym do Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring (JECAM-GEOGLAM).

Wyniki uzyskane na podstawie zdjęć z satelity Sentinel-2 wykazały najlepszą dokładność (RMSE=0,52). Średni błąd kwadratowy (RMSE) dla modelu empirycznego, SNAP i soCAP był najniższy we wszystkich fazach. Zaobserwowano znaczny spadek skuteczności predykcji LAI po zastosowaniu 300-metrowych produktów dekadowych obliczonych na satelicie Proba-V (RMSE=1,84).

Ostatnim etapem pracy było wykorzystanie oszacowanych wartości LAI ze zdjęć satelitarnych i danych meteorologicznych w modelach SVR, RF i AquaCrop w celu prognozowania plonów. Wyniki uzyskane z wykorzystaniem RF obliczonego na podstawie danych LAI Sentinel-2 charakteryzują się najniższym błędem RMSE = 10,1 dt/ha.

**Słowa kluczowe:** pszenica ozima, plon, rolnictwo, uczenie maszynowe, dane satelitarne

## **Assessment of drought characteristics using geodetic measurements**

### **Ocena właściwości suszy na podstawie danych geodezyjnych**

Artur Leńczuk\*

Department of Military Hydrometeorology and Geomatics, Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology, gen. Sylwestra Kaliskiego 2 St., 00-908 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: artur.lenczuk@wat.edu.pl

### **Abstract**

Recently, the climate is changing at an unprecedented pace. Every year we experience new record measures of global average temperature. The rapidly warming climate causes more frequent and more severe droughts, which have a significant impact on humans life, the environment, industry and agriculture leading to famine, poverty, the redistribution of species diversity, wildfires and economic losses, among other things. It is therefore essential to define ways of assessing the magnitude of drought that may be able to mitigate or prevent drought, thus finding ways to monitor drought characteristics is becoming a key challenge for scientists in the 21st century. In the last number of years, it has been possible through geodetic measurements. The geodetic measurements are providing insights into, among other things, the variance of the Earth's gravity field from the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite mission or the changes in position of the permanent Global Navigation Satellite Systems (GNSS) stations, which are successfully used to study water storage changes in near real time.

In following study, I will present the high potential of drought indices determined from GRACE and GNSS data for climate assessment. The spatial and temporal relationships of the drought indices with local and regional extreme hydrometeorological events will be discussed.

**Keywords:** geodetic measurements, drought index, climate warming

#### **Abstrakt**

Obecnie klimat zmienia się w bezprecedensowym tempie. Z roku na rok jesteśmy świadkami kolejnych rekordowych pomiarów średniej globalnej temperatury. Gwałtownie ocieplający się klimat powoduje występowanie coraz częstszych i silniejszych susz, które mają istotny wpływ na życie ludzi, środowisko, przemysł i rolnictwo powodując m.in. głód, ubóstwo, zmianę różnorodności gatunkowej, pożary czy straty w przemyśle. Dlatego należy określić sposoby oceny skali suszy, które mogą być przydatne w łagodzeniu jej skutków lub jej zapobieganiu, a znalezienie sposobu monitorowania właściwości suszy staje się kluczowym wyzwaniem naukowców XXI wieku. W ostatnich latach jest to możliwe dzięki pomiarom geodezyjnym. Pomiar geodezyjne dostarczają informacji na temat m.in. wariacji pola grawitacyjnego Ziemi z pomiarów misji grawimetrycznej GRACE (ang. Gravity Recovery and Climate Experiment) czy zmian pozycji stacji permanentnych GNSS (ang. Global Navigation Satellite Systems), które z sukcesem wykorzystywane są do badania zmian zasobów wodnych w czasie niemalże rzeczywistym.

W swoich badaniach przedstawię potencjał wskaźników suszy wyznaczonych na podstawie danych GRACE i GNSS do oceny klimatu. Omówione zostaną zależności przestrzenne i czasowe wyznaczonych wskaźników suszy z lokalnymi i regionalnymi wydarzeniami hydrometeorologicznymi.

**Słowa kluczowe:** pomiary geodezyjne, wskaźnik suszy, ocieplenie klimatu

### **Canopy Height Model development using GEDI (NASA) and Sentinel-1, -2 (ESA) data fusion - application possibilities in Polish forestry**

#### **Generowanie Modeli Koron Drzew z zastosowaniem fuzji danych GEDI (NASA) oraz Sentinel-1, -2 (ESA) - możliwości aplikacyjne w modelu polskiego leśnictwa**

Wojciech Krawczyk\*, Piotr Wężyk

Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: wojciech.krawczyk@student.urk.edu.pl

#### **Abstract**

Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI, NASA) satellite laser scanning (SLS) mission aims to provide height and spatial structure measurements of forests on a global scale. The launch of the mission in 2019 enabled to acquire SLS data over vast areas, previously lacking precise 3D data, such as airborne laser scanning (ALS) point clouds. From the perspective of a Polish user with open access to ALS point clouds, GEDI data may seem unattractive, which is reflected in the scant interest of this data in research and implementation in Poland.

The aim of the presented research was to generate Canopy Height Model (CHM), by fusing remote sensing measurements: full-waveform SLS GEDI, satellite imagery of Sentinel-1 and Sentinel-2 (ESA) missions using machine learning approach. The accuracy of CHM was compared with reference ALS measurements and GEDI global forest height maps. The area of the study consisted of Niepołomice Forest stands (10,467.47 ha, Niepołomice Forest District, RDLP Kraków). Following data was used to generate CHM: GEDI data acquired in 2019 during growing season and 2019 Sentinel-1 and Sentinel-2 time series. Training models based on Random Forest (RF), Extreme Gradient Boosting (XGB) and Support Vector Machines (SVM) algorithms, available in the caret package (R environment) were tested.

The results showed that CHM generated using RF algorithm had the highest accuracy, characterised by: Bias= -1.21 m, RMSE error= 7.55 m and  $R^2=0.64$  compared to ALS reference. The generated CHM underestimated the height of high stands ( $H>15$  m) and overestimated it for low stands ( $H<15$  m), but was more accurate than global

forest height models. Although the developed CHM model did not offer high accuracy of forest stand height determination that ALS data accustoms us to, the time series of predictive models can be used in monitoring of clearcutting, or in the case of sudden disaster events.

**Keywords:** GEDI, Sentinel, Canopy Height Model, data fusion

### **Abstrakt**

Misja satelitarnego skanowania laserowego (SLS) Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI, NASA) ma na celu dostarczenie pomiarów wysokości oraz struktury przestrzennej lasów w skali globalnej. Rozpoczęcie misji w 2019 r. umożliwiło pozyskanie danych SLS na rozległych obszarach, dotychczas pozbawionych precyzyjnych danych 3D, takich jak chmury lotniczego skanowania laserowego (ALS). Z perspektywy polskiego użytkownika posiadającego otwarty dostęp do chmur punktów ALS (coraz częściej serii czasowych), dane SLS GEDI na pierwszy rzut oka mogą wydawać się nieatrakcyjne, co znajduje swój wyraz znikomym zainteresowaniem tymi danymi w badaniach i wdrożeniach w Polsce.

Celem prezentowanych badań było wygenerowanie modelu wysokościowego MKD (Modelu Koron Drzew), na drodze fuzji pomiarów teledetekcyjnych: full-waveform SLS GEDI, zobrażeń satelitarnych misji Sentinel-1 oraz Sentinel-2 (ESA) z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego. Dokładność MKD określono względem referencyjnych pomiarów ALS oraz globalnych map wysokości drzewostanów (dane GEDI). Obszar prezentowanych badań stanowiły drzewostany kompleksu głównego Puszczy Niepołomickiej (10,467.47 ha, Nadleśnictwo Niepołomice, RDLP Kraków). Do wygenerowania modelu wysokościowego MKD wykorzystano: dane GEDI pozyskane w 2019 r. w okresie wegetacji oraz serię czasową zobrażeń Sentinel-1 oraz Sentinel-2 z 2019 r. W pracy przetestowano modele uczące bazujące na algorytmach Random Forest (RF), Extreme Gradient Boosting (XGB) oraz Support Vector Machines (SVM), dostępne w pakiecie caret (środowisko R).

Osiągnięte wyniki wykazały, że największą dokładnością charakteryzował się MKD wygenerowany przy zastosowaniu algorytmu RF, wykazujący względem referencji (ALS): błąd systematyczny (Bias)= -1.21 m, błąd RMSE= 7.55 m przy współczynniku  $R^2=0.64$ . Wygenerowany model MKD zaniżał wysokość drzewostanów wysokich ( $H>15$  m) oraz przeszacowywał ją w przypadku drzewostanów niskich ( $H<15$  m), jednak był dokładniejszy niż globalne modele wysokości lasów. Pomimo, iż opracowany model MKD nie oferuje wysokiej dokładności pomiaru wysokości drzewostanów do jakich przyzwyczaili nas dane ALS, to jednak serie czasowe modeli predykcyjnych mogą zostać wykorzystane np. w monitoringu postępu cięć związanych z użytkowaniem rębny, czy w przypadku nagłych zdarzeń o charakterze klęskowym.

**Słowa kluczowe:** GEDI, Sentinel, Model Koron Drzew, fuzja danych

## **Trend Analysis of Zagros Forest Dynamics and Their Responses to Climate Change: Time Series Analysis Using Google Earth Engine**

### **Analiza trendów dynamiki lasów Zagros i ich reakcji na zmiany klimatyczne: analiza szeregów czasowych przy użyciu Google Earth Engine**

**Vahid Nasiri**<sup>1\*</sup>, Ahmad Abbasnezhad Alchin<sup>2</sup>, Paweł Hawryło<sup>1</sup>, Luiza Tymieńska-Czabańska<sup>1</sup>, Jarosław Socha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Resources Management, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, Krakow 31-425, Poland

<sup>2</sup>Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

\*Corresponding author: Vahid.Nasiri@urk.edu.pl

### **Abstract**

Understanding climate change's impact on forests' spatial and temporal dynamics is crucial for their survival amid rising global temperatures. Zagros forests are vital in Iran, offering ecological, economic, and cultural benefits. They provide timber and non-timber forest products and bolster ecotourism while serving cultural rituals and local identity.

This study aimed to: (1) evaluate the spatial-temporal trends in forest dynamics; (2) examine the temporal and spatial variations in climatic factors, and (3) investigate the relationship between forest dynamics and climate change. In this context, we analyzed various dense time series datasets with a revisit time of 8 days for the past 20 years (2000-2020) within the 1.7 million hectares of Zagros forests. These datasets included the NDVI vegetation index (as a proxy for forest greening), gross primary productivity (GPP; as a proxy for forest productivity), as well as four climatic and hydrological factors: precipitation, actual evapotranspiration (ET), day temperature (LSTd), and night temperature (LSTn). We utilized spatial statistical methods, such as the Mann-Kendall trend test and spatial correlation coefficients, to assess these variables and their interrelationships.

The trend analysis of NDVI and GPP showed an increasing trend in 92.15% and 91.01% of the study area, respectively. The statistical test also revealed that this increasing trend is significant ( $p < 0.05$ ) in approximately 62.98% (NDVI trend) and 56.45% (GPP trend) of the area. Additionally, the analysis of climatic and hydrological factors revealed notable trends: precipitation exhibited an increasing trend, while both daytime (LSTd) and nighttime (LSTn) temperatures showed upward trends, respectively.

These findings highlight the complex interplay between vegetation dynamics and climate factors within the studied Zagros forest. The ongoing research aims to delve into the intricate relationship between vegetation dynamics and climate factors, representing the next crucial phase in comprehending this complex interplay.

**Keywords:** vegetation dynamics, climate change, time series, trend analysis

### **Abstrakt**

Zrozumienie wpływu zmian klimatycznych na przestrzenną i czasową dynamikę lasów jest kluczowe dla ich przetrwania w obliczu rosnących globalnych temperatur. Lasy Zagros są niezwykle ważne w Iranie, oferując korzyści ekologiczne, ekonomiczne i kulturowe. Dostarczają drewno i produkty leśne niebędących drewnem oraz wspierają ekoturystykę, jednocześnie służąc rytuałom kulturowym i lokalnej tożsamości.

Celem tego badania było: (1) ocena przestrzenno-czasowych trendów w dynamice lasów; (2) zbadanie czasowych i przestrzennych zmian czynników klimatycznych; oraz (3) zbadanie związku między dynamiką lasów, a zmianami klimatycznymi. W tym kontekście analizowaliśmy różnorodne zbiorcze dane szeregów czasowych z czasem rewizyty co 8 dni przez ostatnie 20 lat (2000-2020) na obszarze 1,7 miliona hektarów lasów Zagros. Zbiory danych obejmowały indeks roślinności NDVI (jako wskaźnik zielenienia się lasów), pierwotną produktywność brutto (GPP; jako wskaźnik produktywności lasów), a także cztery czynniki klimatyczne i hydrologiczne: opady, rzeczywistą ewapotranspirację (ET), temperaturę dzienną (LSTd) i nocną (LSTn). Wykorzystaliśmy metody statystyczno – przestrzenne, takie jak test trendu Manna-Kendalla i współczynniki korelacji przestrzennej, aby ocenić zmienne oraz ich wzajemne zależności.

Analiza trendów NDVI i GPP wykazała wzrostowy trend odpowiednio w 92,15% i 91,01% badanego obszaru. Test statystyczny ujawnił również, że trend wzrostowy jest istotny ( $p < 0,05$ ) w ok. 62,98% (trend NDVI) i 56,45% (trend GPP) obszaru. Ponadto analiza czynników klimatycznych i hydrologicznych wykazała znaczące trendy: opady wykazały trend wzrostowy, podobnie jak temperatura dzienna (LSTd) i nocna (LSTn).

Wyniki te podkreślają złożoną wzajemną zależność w badanych lasach Zagros między dynamiką roślinności, a czynnikami klimatycznymi. Trwające badania mają na celu pogłębienie zrozumienia złożonych relacji między dynamiką roślinności, a czynnikami klimatycznymi, co stanowi kolejny kluczowy etap w zrozumieniu tych złożonych wzajemnych zależności.

**Słowa kluczowe:** dynamika roślinności, zmiany klimatu, serie czasowe, analizy trendów

## **The use of Threshold and trend-based vegetation change monitoring algorithm in change detection of the Tatra Mountains vegetation**

### **Wykorzystanie algorytmu TVCMA (Threshold and trend-based vegetation change monitoring algorithm) w wykrywaniu zmian roślinności Tatr**

**Adrian Ochtyra**<sup>\*</sup>, Adriana Marcinkowska-Ochtyra, Krzysztof Gryguc, Edwin Raczko

Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: adrian.ochtyra@uw.edu.pl

## Abstract

Unquestionably beneficial for geographical research applications is the global availability of Earth Observation data collected over decades. Optical data, like Landsat's 50-year archive, facilitates the examination of vast regions at consistent intervals, offering insights into environmental conditions and their fluctuations. The authors using remote sensing develop innovative, crafting algorithms of differing complexities to monitor changes in the environment. Such algorithms necessitate multiple adjustable parameters or possess the capability to identify solely a singular type of change (abrupt or gradual). The objective of this research is to detect both types of changes in forests using the Threshold- and Trend-Based Vegetation Change Monitoring Algorithm (TVCMA).

The Polish and Slovak Tatra Mountains forests, where intense winds and outbreaks of bark beetles occur, were selected as the study site. The extensive Landsat time series covering the period 1984–2022 was used as input. The corrected data from May to September each year underwent clouds and shadows masking, followed by the creation of time series composites. Based on this, Tasseled Cap transformation bands and spectral indices were then calculated. TVCMA was subsequently applied, employing various threshold values. Model selection based on reference data points was carried out, resulting in an accuracy assessment with over 80% of disturbance events successfully detected. Finally, disturbance maps for each year were generated, illustrating detected events across the entire study site.

This research is based on the third case study presented within Module 2 of an E-TRAINEE open E-learning course (Erasmus+ Strategic partnership, ID 2020-1-CZ01-KA203-078308) developed within collaboration of Charles University, Heidelberg University, University of Innsbruck, and University of Warsaw.

**Keywords:** multitemporal analysis, change detection, image time series, vegetation

## Abstrakt

Niewątpliwą korzyścią dla zastosowań w badaniach geograficznych jest globalna dostępność danych z obserwacji Ziemi pozyskiwanych przez dziesięciolecia. Dane optyczne, takie jak te z 50-letniego archiwum Landsat, ułatwiają badanie rozległych regionów w stałych odstępach czasu, oferując wgląd w warunki środowiskowe i ich fluktuacje. Autorzy, korzystając z technik teledetekcyjnych, opracowują innowacyjne algorytmy o różnej złożoności, aby monitorować zmiany w środowisku. Takie algorytmy często wymagają wielu parametrów do dostosowania lub posiadają zdolność do identyfikowania tylko jednego rodzaju zmiany (gwałtownej lub stopniowej). Celem tych badań jest wykrycie obu rodzajów zmian w lasach przy użyciu algorytmu TVCMA (*Threshold and trend-based vegetation change monitoring algorithm*).

Lasy Tatr Polskich i Słowackich, gdzie występują intensywne wiatry i gradacje kornika drukarza, zostały wybrane jako teren badawczy. Rozległa seria czasowa obrazów Landsat obejmująca okres od 1984 do 2022 roku została wykorzystana jako dane wejściowe. Skorygowane dane z każdego roku od maja do września poddano maskowaniu chmur i cieni, a następnie utworzono kompozycje czasowe dla każdego roku. Na ich podstawie obliczono składowe transformacji Tasseled Cap oraz wskaźniki spektralne. Następnie zastosowano algorytm TVCMA, używając różnych wartości progowych w celu wykrycia najlepszego podejścia. Wybór najlepszego modelu został przeprowadzony na podstawie oceny dokładności w oparciu o punkty referencyjne. Algorytm poprawnie wykrył 80% przypadków zaburzeń stanu roślinności. Na podstawie wyników działania algorytmu opracowano dla każdego roku mapy wykrytych zmian w obszarze badań.

Ta praca badawcza oparta jest na trzecim studium przypadku przedstawionym w ramach Modułu 2 kursu E-TRAINEE, otwartego kursu e-learningowego (strategiczne partnerstwo Erasmus+, ID 2020-1-CZ01-KA203-078308), opracowanego we współpracy Uniwersytetu Karola, Uniwersytetu w Heidelbergu, Uniwersytetu w Innsbrucku i Uniwersytetu Warszawskiego.

**Słowa kluczowe:** analizy wieloczasowe, wykrywanie zmian, serie czasowe danych obrazowych, roślinność

## What was and is not - lost settlements of the Kingdom of Poland in the eyes of modern non-invasive research tools

### Co było a nie jest - zaginione osady Królestwa Polskiego w oku współczesnych narzędzi badań nieinwazyjnych

**Weronika Wnuk**<sup>1,2\*</sup>, Adrian Ochtyra<sup>1</sup>, Tomasz Panecki<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

<sup>2</sup> Faculty of Archaeology, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

<sup>3</sup>The Tadeusz Manteuffel Institute of History Polish Academy of Sciences, Rynek Starego Miasta 29/31 St., 00-272 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: wa.wnuk@student.uw.edu.pl

#### Abstract

The lecture will present the results of the research conducted as part of the master's thesis. The subject of the study was 325 lost places according to the publication "Ziemie polskie Korony w drugiej połowie XVI wieku" (Polish Lands of the Crown in the second half of the 16th century) (ed. Marek Słoń). Using the tools of historical geography and contemporary archeology, an attempt was made to determine, without the need of field works, whether visible remains of ancient settlements have survived in selected places. On selected old maps, it was checked whether these places existed during the period of development of a given map, which may suggest in which period the selected place was abandoned by its inhabitants. The longer it was inhabited, the greater the chance of finding traces of its existence. Then, using a modern map and an orthophotomap (available on the Geoportal), it was verified whether the area where the lost settlements were located had not been built up or flooded with water, which makes it impossible to analyze the Digital Terrain Model in this place. After this activity it was possible to look for preserved traces of their existence for just over 200 places. Of all the lost settlements, traces visible in the field have been identified for 20. Although it may seem like a small number, it should be remembered that these were places inhabited before the 17th century and most of them were small settlements (sometimes even single houses). Each of the places where traces were found was presented on 2D models with light falling from eight different sides and on a 3D model to accurately present the search results.

The results of this and similar research may contribute to the protection of potential archaeological sites, e.g. from regular plowing or destruction as a result of construction works without prior salvage research.

**Keywords:** historical geography, Digital Terrain Model, old maps

#### Abstrakt

Podczas referatu przedstawione zostaną wyniki badania prowadzonego w ramach pracy magisterskiej. Przedmiotem badania było 325 miejsc zaginionych wg publikacji „Ziemie polskie Korony w drugiej połowie XVI wieku” (red. Marek Słoń). Za pomocą narzędzi geografii historycznej i archeologii współczesności podjęto próbę określenia bez konieczności pracy w terenie, czy dla wybranych miejsc zachowały się widoczne pozostałości dawnego osadnictwa. Na wybranych mapach dawnych sprawdzono, czy miejsca te istniały w okresie opracowywania danej mapy, co może sugerować w którym okresie wybrane miejsce zostało opuszczone przez jego mieszkańców. Im dłużej było zamieszkane, tym większa szansa na odnalezienie śladów jego istnienia. Następnie za pomocą mapy współczesnej oraz ortofotomapy (dostępnym w Geoportalu) zweryfikowano czy obecnie teren, na którym znajdowały się zaginione osady, nie został zabudowany lub zalany wodą, co uniemożliwia analizę Numerycznego Modelu Terenu w tym miejscu. Po tej czynności już tylko dla nieco ponad 200 można było szukać zachowanych śladów ich istnienia. Spośród wszystkich zaginionych osad widoczne w terenie ślady zidentyfikowano dla 20. Choć pozornie wydaje się, że to niewiele, to należy pamiętać, że mowa o miejscach zamieszkałych przed XVII w., a większość z nich była niewielkimi osadami (czasem wręcz były to pojedyncze domy). Każde z takich miejsc, w którym znaleziono ślady zostało zaprezentowane na modelach 2D ze światłem padającym z ośmiu różnych stron oraz na modelu 3D, aby dokładnie przedstawić wyniki poszukiwań.

Wyniki tego i podobnych badań mogą przyczynić się do ochrony potencjalnych stanowisk archeologicznych np. przed regularną orką lub zniszczeniem w wyniku prac budowlanych bez uprzednich badań ratunkowych.

**Słowa kluczowe:** geografia historyczna, Numeryczny Model Terenu, mapy dawne

## **Variability of light conditions under the tree canopy in the Tatra National Park**

### **Zmienność warunków świetlnych panujących pod okapem drzewostanu w lasach Tatrzańskiego Parku Narodowego**

Szymon Jajuga\*

Department of Forest Biodiversity, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow/

\*Corresponding author: [szymon.jajuga@urk.edu.pl](mailto:szymon.jajuga@urk.edu.pl)

#### **Abstract**

The proper development of seedlings and saplings depends on the controlled conditions prevailing under the canopy of the tree (Bolibok 2010). The openness of the tree stand (canopy openness) and the range of leaf area (LAI) to the main parameters characterized by such features as: range of sunlight, range, direct and scattered solar rays. The light reaching the forest floor is strongly correlated with the structure of the tree stand. It is one of the specific factors shaping plant growth conditions (Gazda 2011).

Linked hemispherical photographs are one of the most common methods (Anderson 1964) in characterizing the structure of a stand's canopy and its influence on the conditions prevailing under the stand's canopy.

The main aim of the research was that they prevailed for several days in the natural environment and their variability, considering their impact on the growth and development of undergrowth plants and the young generation of tree species. Control tests during the 2020 and 2021 growing season in the forests of the Tatra National Park. 30 plots were randomly selected and 30-meter transects were established. In order to determine the light conditions, after each transect, 5 photos were taken at a distance of 5 meters, starting from the fifth meter of the transect on the plots in 2020, and 7 photos on the plots in 2021. A fish-eye device was used for documentation. The research material consists of 166 photos. Research analysis of research material using the Gap Light Analyzer 2.0 (GLA) program. The light conditions under the canopy of the tree stand varied greatly. The most illuminated patches were located under the canopy of a tree stand with very high openwork (66% openwork of the tree canopy), at an altitude of 1,084 m above sea level, on the north-eastern slope, above Łysa Polana. The most shaded patches were located under the canopy of a tree stand with low openwork (4%), at an altitude of 991 m above sea level, on the north-western slope, in the Kościeliska Valley. In addition to the variability noted between patches, differences in light conditions prevailing on the transect were described. The most diverse transect was located under the canopy of trees with medium openness (42%), at an altitude of 1004 m above sea level, on the eastern slope, in the massif of the Western Tatras, while the least diverse transect was located under the canopy of trees with low openness (19%), at an altitude 1053 m above sea level, on the north-eastern slope, in the Bukowińskie Foothills.

The obtained results indicate a large diversity of light conditions on the forest floor. The developed data and relationships can constitute the basis for further detailed research. By using methods to numerically express the light conditions under the tree canopy, in the future this type of research will help us better understand the dynamics of light conditions depending on changes in the structure of the canopy.

**Keywords:** light conditions, stand canopy openness, GLA

#### **Abstrakt**

Prawidłowy rozwój nalotu i podrostu zależny jest od warunków świetlnych panujących pod okapem drzewostanu (Bolibok 2010). Ażurowość sklepienia drzewostanu (*canopy openness*) oraz wskaźnik powierzchni liści (LAI) to główne parametry charakteryzujące takie cechy jak: intensywność promieniowania słonecznego, całkowite, bezpośrednie i rozproszone promieniowanie słoneczne. Światło docierające do dna lasu jest silnie skorelowane ze strukturą drzewostanu. Jest ono jednym ze szczególnie ważnych czynników kształtujących warunki do wzrostu roślinności (Gazda 2011).

Wykorzystanie zdjęć hemisferycznych jest jednym z najbardziej powszechnych sposobów (Anderson 1964) w charakteryzowaniu struktury okapu drzewostanu oraz jego wpływie na to jak kształtuje ona warunki panujące pod okapem drzewostanu.

Głównym celem niniejszych badań było określenie panujących na dnie lasu warunków świetlnych oraz ich zmienności, zważywszy na ich wpływ na wzrost i rozwój roślin runa oraz młodego pokolenia gatunków drzew. Badania przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym 2020 i 2021 roku, w lasach porastających Tatrzański Park Narodowy. Wylosowano 30 powierzchni, na których założono 30-metrowe transekty. W celu określenia warunków świetlnych, na każdym transekcie wykonano po 5 zdjęć w odległościach co 5 metrów, poczynając od piątego metra transektu na powierzchniach w 2020 r., a po 7 zdjęć na powierzchniach w 2021 r. Do dokumentacji fotograficznej wykorzystano aparat typu „rybie oko”. Materiał badawczy stanowiło łącznie 166 zdjęć. Analizę materiału badawczego przeprowadzono za pomocą programu Gap Light Analyzer 2.0 (GLA).

Warunki świetlne panujące pod okapem drzewostanu były bardzo zróżnicowane między sobą. Najbardziej doświetlone płaty zlokalizowane były pod okapem drzewostanu o bardzo wysokiej ażurowości (66 % ażurowości okapu drzewostanu), na wysokości 1084 m n. p. m., na północno-wschodnim zboczu, nad Łysą Polaną. Najbardziej zacienione płaty zlokalizowane były pod okapem drzewostanu o niskiej ażurowości (4 %), na wysokości 991 m n. p. m., na północno-zachodnim zboczu, w Dolinie Kościeliskiej. Oprócz zmienności notowanej między płatami, opisano zróżnicowanie warunków świetlnych panujących na transekcje. Najbardziej zróżnicowany transekt był zlokalizowany pod okapem drzew o średniej ażurowości (42 %), na wysokości 1004 m n. p. m., na wschodnim zboczu, w masywie Tatr Zachodnich, natomiast najmniej zróżnicowany transekt zlokalizowany był pod okapem drzewostanu o niskiej ażurowości (19 %), na wysokości 1053 m n. p. m., na północno-wschodnim zboczu, na Pogórzu Bukowińskim.

Otrzymane wyniki wskazują na duże zróżnicowanie warunków świetlnych panujących na dnie lasu. Opracowane dane i zależności mogą stanowić podstawę do dalszych szczegółowych badań. Dzięki zastosowaniu metod pozwalających wyrazić liczbowo warunki świetlne panujące pod okapem drzew, w przyszłości tego typu badania pomogą nam lepiej poznać dynamikę warunków świetlnych w zależności od zmian struktury okapu.

**Słowa kluczowe:** warunki świetlne, ażurowość okapu drzewostanu, GLA

## Satellite data time series in monitoring of the Bór na Czerwonem Nature Reserve

### Wieloczasowe serie danych satelitarnych w monitoring rezerwatu przyrody Bór na Czerwonem

**Krzysztof Gryguc**<sup>1\*</sup>, Stanisław Lewiński<sup>1</sup>, Edyta Woźniak<sup>1</sup>, Michał Krupiński<sup>1</sup>, Marek Ruciński<sup>1</sup>, Szymon Sala<sup>1</sup>, Marcei Ślusarczyk<sup>2</sup>, Maciej Florys<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Observation, Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences, Bartycka 18a St., 00-716 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>The Nature and Human Foundation, Kostkowice, Górska 21 St., 42-425 Kroczyce, Poland

\*Corresponding author: kgryguc@cbk.waw.pl

#### Abstract

Peatland areas play a key role in the functioning of ecosystems. They are natural reservoirs of water and carbon, regulate their circulation and provide habitats for many valuable plant and animal species. Bór na Czerwonem Nature Reserve, located in the Orava-Nowy Targ Basin, protects valuable raised and transitional bogs. It is part of the European Ecological Network Natura 2000 and has been included in the Ramsar list of wetlands of international importance. Understanding the long-term processes taking place there and effectively managing the area and carrying out active conservation measures require regular and long-term monitoring. Satellite data series can be a tool for this purpose. They make it possible to indicate long-term trends and the impact and scale of disturbances in peatland ecosystems.

In the presented study, a 40-year (1984-2023) Landsat satellite data series was used to analyze vegetation patches in the Bór na Czerwonem Nature Reserve based on selected remote sensing indicators. The Bayesian Estimator



of Abrupt change, Seasonality, and Trend (BEAST) algorithm was used to detect trends, anomalies, and seasonality.

The results obtained indicate the general direction and dynamics of natural and anthropogenic processes occurring in the various parts that make up the reserve. Further interdisciplinary research will allow us to better understand and interpret the observed phenomena and trends, as well as the impact of active measures taken to protect this valuable ecosystem.

The study was carried out within the framework of the project No. MFEOG 07.02.01-06-0062/21-0 "Karpaty Łączą – ochrona Torfowisk Orawsko-Nowotarskich". Basis of the study: agreement no. 1/08/2023/bor dated 30.08.2023, Model przestrzennych uwarunkowań abiotycznych w Rezerwacie Przyrody „Bór na Czerwonem”.

**Keywords:** time series, peatbog, monitoring, satellite imagery

### **Abstrakt**

Obszary torfowiskowe odgrywają kluczową rolę w funkcjonowaniu ekosystemów. Są naturalnymi rezerwuarami wody i węgla, regulują ich obieg oraz stanowią siedliska dla wielu cennych gatunków roślin i zwierząt. Rezerwat Przyrody Bór na Czerwonem, położony w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej, chroni cenne torfowiska wysokie i przejściowe. Jest częścią Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 oraz został wpisany na listę Ramsarską obszarów wodnoblotnych o znaczeniu międzynarodowym. Zrozumienie zachodzących tam długotrwałych procesów oraz skuteczne zarządzanie tym obszarem i prowadzenie czynnych działań ochronnych wymaga regularnego i długotrwałego monitoringu. Narzędziem do tego celu mogą być serie danych satelitarnych. Pozwalają one na wskazanie długoterminowych trendów i oraz wpływ i skalę zaburzeń w ekosystemach torfowiskowych.

W prezentowanym opracowaniu wykorzystano 40-letnie (1984-2023) serie danych satelitarnych Landsat do analizy wydzielenia roślinności w Rezerwacie Przyrody Bór na Czerwonem na podstawie wybranych wskaźników teledetekcyjnych. Zastosowano algorytm Bayesian Estimator of Abrupt change, Seasonality, and Trend (BEAST) do detekcji trendów, anomalii i sezonowości.

Otrzymane wyniki wskazują na ogólny kierunek oraz dynamikę naturalnych i antropogenicznych procesów zachodzących w poszczególnych częściach wchodzących w skład rezerwatu. Dalsze interdyscyplinarne badania pozwolą lepiej zrozumieć i zinterpretować zaobserwowane zjawiska i trendy oraz wpływ podejmowanych aktywnych działań na rzecz ochrony tego cennego ekosystemu.

Opracowanie zostało wykonane w ramach projektu nr MFEOG 07.02.01-06-0062/21-0 „Karpaty Łączą – ochrona Torfowisk Orawsko-Nowotarskich”. Podstawa wykonania opracowania: umowa nr 1/08/2023/bór z dnia 30.08.2023 r., Model przestrzennych uwarunkowań abiotycznych w Rezerwacie Przyrody „Bór na Czerwonem”.

**Słowa kluczowe:** serie czasowe, torfowisko, monitoring, zobrazowania satelitarne

## **Multi-scale recognition of the climatic functioning of peatlands in Poland – the MIRECLIM Project**

### **Wieloskalowe rozpoznanie klimatycznego funkcjonowania torfowisk w Polsce – projekt MIRECLIM**

**Adrian Kaszkiel**<sup>1\*</sup>, Jarosław Baranowski<sup>1</sup>, Arkadiusz Bartczak<sup>2</sup>, Kaja Czarnecka<sup>1</sup>, Agnieszka Halaś<sup>3</sup>, Anna Jarocińska<sup>4</sup>, Joanna Kaczorowska<sup>1</sup>, Patrycja Kowalczyk<sup>1</sup>, Magdalena Kuchcik<sup>1</sup>, Katarzyna Lindner-Cendrowska<sup>1</sup>, Dominika Łuców<sup>3</sup>, Michał Słowiński<sup>3</sup>, Sandra Słowińska<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Climate Research Department, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55 St., 00-818 Warsaw, Poland

<sup>2</sup> Department of Environmental Resources and Geohazards, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Kopernika 19 St., 87-100 Toruń, Poland

<sup>3</sup> Department of Past Landscape Dynamics, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55 St., 00-818 Warsaw, Poland

<sup>4</sup>Faculty of Geography and Regional Studies, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

\*Corresponding authors: adriankaszkiel@gmail.com; s.slowinska@twarda.pan.pl

### **Abstract**

Climate change alters the functioning of ecosystems, reduces biodiversity, and drives some species extinct. Therefore, it may disturb the functioning of northern peatlands, which often act as glacial microrefugia, as proven by paleoecological research and the detection of species from the glacial period. Although microclimatic conditions have been identified as one of the most important factors of microrefugia existence, peatlands have not been investigated in such research.

The MIRECLIM project aims to fill this knowledge gap by investigating the climatic functioning of many mid-forest bogs and poor fens in Poland.

For this purpose, hydrometeorological research will be carried out at the peatlands in three regions characterized by a climate gradually changing from a more oceanic to a more continental one. In situ measurements will be compared with data from the analysis of multispectral Sentinel-2 and Landsat satellite images. The obtained results will be used to validate and parameterize microclimatic models. The combination of various data types will allow a better assessment of the state and management effects of peatland ecosystems.

One of the outcomes of the project will be the Mireclim database. It will serve as a platform to integrate the data obtained from in situ measurements with analyzed satellite data. Moreover, the project will contribute to the growth of social consciousness of the importance of peatlands in the context of biodiversity and climate change.

**Keywords:** peatland, microclimate, microrefugia, climate change

### **Abstrakt**

Zmiany klimatu wpływają na funkcjonowanie ekosystemów, w tym na spadek bioróżnorodności oraz wymieranie niektórych gatunków. Mogą też doprowadzić do zaburzeń w funkcjonowaniu części torfowisk północnych, pełniących rolę mikrorefugium, o czym świadczą wyniki badań paleoekologicznych oraz przetrwanie gatunków z okresu glacialnego. Pomimo tego, że warunki mikroklimatyczne uznawane są za jedno z kluczowych, badania klimatu torfowisk nie były dotychczas przeprowadzane na szerszą skalę.

Celem projektu MIRECLIM jest dostarczenie nowych informacji na temat klimatycznego funkcjonowania torfowisk poprzez zbadanie wielu śródleśnych torfowisk mszarnych w Polsce, stosując podejście wieloskalowe.

W tym celu zostaną przeprowadzone badania hydrometeorologiczne na śródleśnych torfowiskach w trzech regionach Polski, charakteryzujących się stopniowo zmieniającym się klimatem, z bardziej oceanicznego na bardziej kontynentalny. Pomiar in-situ zostaną porównane z danymi pochodzącymi ze zobrażeń wielospektralnych Sentinel-2 oraz ze zdjęć satelitarnych Landsat. Wyniki zostaną wykorzystane do walidacji oraz parametryzacji modeli mikroklimatycznych. Połączenie wielu poziomów badań pozwoli na lepszą integrację danych oraz usprawni zarządzanie ekosystemami torfowiskowymi.

Jednym z wymiernych efektów projektu będzie baza „Mireclim”, która posłuży do integracji danych in-situ z danymi pochodzącymi ze zobrażeń satelitarnych. Chcemy, by wyniki projektu przyczyniły się również do wzrostu świadomości społecznej na temat istotnej roli torfowisk w dobie zmian klimatu oraz zachowania bioróżnorodności.

**Słowa kluczowe:** torfowisko, mikroklimat, microrefugia, zmiany klimatu

## **Impact of invasive tree species on ectomycorrhizal fungi in pine forest ecosystems**

### **Wpływ inwazyjnych gatunków drzew na grzyby ektomykoryzowe w borach sosnowych**

**Robin Wilgan**<sup>\*</sup>, Marta Kujawska, Tomasz Leski

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, 5 Parkowa St., 62-035 Kórnik, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: rwilgan@man.poznan.pl

## Abstract

Biological invasions are a key element in nature conservation and forest management. Invasive trees can reduce biodiversity, modify nutrient cycles, and disturb native forest ecosystems. Ectomycorrhizal fungi form a close symbiosis with native forest trees and are necessary for their development, but the impact of invasive trees on ectomycorrhizal (ECM) fungi in native forests is poorly studied. This study aimed to determine, how invasive trees *Robinia pseudo-acacia*, *Prunus serotina*, and *Quercus rubra* affect fungi in the native pine forest ecosystem.

We used the NGS sequencing, which allows us to detect thousands of fungal taxa (i.e. fungal metagenomes), based on DNA isolated from soil. The soil was sampled along the gradient of increasing abundance of invasive trees, i.e. stands dominated by invasive trees, with a low abundance of invasive trees and without invasive trees. Each invasive tree species was tested independently. Altogether 81 study sites were used.

The results have shown, that each invasive tree species had an impact on ECM fungi. A high density of *R. pseudoacacia* has the strongest impact, almost eradicating ECM fungi from the soil. A low density of *R. pseudoacacia* and a high density of *P. serotina* have similar and lower negative effects, but a low density of both *P. serotina* and *Q. rubra* has no significant impact on ECM fungi. A high density of *Q. rubra* increases the share and diversity of ECM fungi compared to uninvaded pine forests.

The study has also shown, that *R. pseudoacacia* can negatively influence ECM fungi in the surrounding forests, because the abundance and richness of ECM fungi were considerably lower in pine forests near *Robinia* stands, than in pine forests elsewhere. However, the influence of *Robinia* on forests in its surroundings requires further studies.

The study was funded by the NCN, grant number 2020/37/N/NZ8/01403.

**Keywords:** plant-fungal interactions, mycorrhiza, forest ecology, biological invasions

## Abstrakt

Inwazje biologiczne stanowią jeden z głównych problemów współczesnej ochrony przyrody oraz gospodarki leśnej. Inwazyjne gatunki drzew zmniejszają bioróżnorodność, wpływają na obieg pierwiastków oraz prowadzą do zaburzeń w rodzimych ekosystemach leśnych. Wpływ inwazyjnych gatunków drzew na grzyby ektomykoryzowe, które są związane ścisłą symbiozą z rodzimymi gatunkami drzew i są niezbędne dla prawidłowego rozwoju drzew leśnych, pozostaje jednak w niewielkim stopniu poznany. Dlatego celem przeprowadzonych badań jest opisanie, jak trzy inwazyjne gatunki drzew: *Robinia pseudoacacia*, *Prunus serotina* i *Quercus rubra*, wpływają na zbiorowiska grzybów glebowych w rodzimych ekosystemach leśnych.

Zastosowano sekwencjonowanie nowej generacji, pozwalające wykryć DNA tysięcy taksonów grzybów w glebie, czyli tzw. metagenomy grzybów. Próby glebowe pobrano wzdłuż gradientu rosnącego udziału gatunku inwazyjnego: od borów sosnowych pozbawionych inwazyjnych gatunków drzew, przez stanowiska w borach z niskim udziałem gatunku inwazyjnego, po stanowiska z dominacją gatunku inwazyjnego. Każdy inwazyjny gatunek badano niezależnie, wykorzystując łącznie 81 stanowisk badawczych.

Wyniki badań wykazały, że każdy z trzech badanych gatunków drzew istotnie wpływał na grzyby ektomykoryzowe. Wysoki udział *R. pseudoacacia* wywierał najsilniejszy negatywny wpływ, niemal eliminując grzyby ektomykoryzowe z gleby. Niski udział *R. pseudoacacia* i wysoki udział *P. serotina* wywierały porównywalny negatywny wpływ na grzyby ektomykoryzowe, ale niskie udziały *P. serotina* oraz *Q. rubra* nie wywierały istotnego wpływu. Stanowiska z wysokim udziałem *Q. rubra* cechowała istotnie wyższa różnorodność i obfitość grzybów ektomykoryzowych, niż odnotowane w borach sosnowych.

Badania wykazały również, że *R. pseudoacacia* może wywierać negatywny wpływ na lasy w jej otoczeniu. Bory sosnowe pozbawione gatunków inwazyjnych, ale rosnące w sąsiedztwie *R. pseudoacacia* cechowały się istotnie niższym udziałem i obfitością grzybów ektomykoryzowych, niż pozostałe stanowiska w borach sosnowych. Ocena wpływu robinii na lasy w jej otoczeniu wymaga jednak przeprowadzenia dalszych, szerszej zakrojonych badań.

Badania były finansowane przez NCN, grant nr 2020/37/N/NZ8/01403.

**Słowa kluczowe:** interakcje roślin i grzybów, mykoryza, ekologia lasu, inwazje biologiczne

# Regeneration potential and genetic variability of black poplar (*Populus nigra* L.) along the Vistula River

## Potencjał regeneracyjny i zmienność genetyczna topoli czarnej (*Populus nigra* L.) nad Wisłą

**Dominika Robak**<sup>\*</sup>, Andrzej Lewandowski, Weronika Barbara Żukowska

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5 St., 62-035 Kórnik, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: drobak@man.poznan.pl

### Abstract

Black poplar is the main component of riparian forests, which are becoming less and less common in Poland, and an extremely important species both in terms of economic and ecological values. The observed decline in the number of individuals of this species is caused by human activity and the lack of appropriate areas that are necessary for natural regeneration. An additional threat is the fact that black poplar may cross with fast-growing hybrid poplar varieties, which may lead to the contamination of its gene pool.

We studied a total of 623 black poplar trees. Four populations, each comprising the group of mature trees and the group of natural regeneration, were located along different sections of the Vistula River. In this study, we aimed to assess the species' purity, presence of clones and genetic variability. Another goal of the study was to compare the gene pools of presumed natural regeneration and mature trees growing in the same location. As black poplar can reproduce vegetatively, we also wanted to check whether the chosen reproductive strategy differs depending on the location and the degree of land transformation. The analyses were performed based on the polymorphism of 14 microsatellite nuclear DNA loci and using species-specific nuclear and chloroplast DNA markers.

The results showed that in the group of mature trees located in the middle section of the Vistula there were nine hybrid individuals, and in the group of mature trees from the lower section of the river there was one hybrid individual. Clonality analysis showed that clones constituted a total of 41% of all analyzed individuals. Genetic variation parameters were comparable between groups. We observed high genetic variability, the genetic differentiation among the studied groups of presumed natural regeneration was almost twice as high as among the groups of mature trees. The most different population from the others was the one located closest to the river influx, as shown by the results of the principal coordinates analysis and genetic clustering. At the level of individual trees, we observed that only in the middle section of the Vistula River the group of presumed natural regeneration reflects the gene pool of the group of mature trees. In the case of other populations, the groups of potential natural regeneration reflect the gene pools of mature trees to a much lesser extent.

Regulation of rivers and transformation of floodplains have led to the lack of suitable areas that are necessary for the growth and development of young seedlings. Moreover, black poplar populations in Poland are usually old and occur mainly in small groups. Both our results and those of previous studies confirm the need to develop black poplar protection programs in Poland.

The research was funded by the Polish National Science Centre (grant no. 2021/41/B/NZ9/00722).

**Keywords:** black poplar, natural regeneration, genetic variability

### Abstrakt

Topola czarna jest głównym komponentem coraz rzadziej występujących na terenie Polski lasów łęgowych, gatunkiem niezwykle ważnym z ekologicznego i ekonomicznego punktu widzenia. Obserwowany spadek liczebności osobników tego gatunku jest spowodowany działalnością człowieka oraz brakiem odpowiednich terenów, niezbędnych dla naturalnego odnawiania. Dodatkowe zagrożenie stanowi fakt, że topola czarna może krzyżować się z szybko rosnącymi mieszańcowymi odmianami topoli, co może skutkować zanieczyszczeniem jej puli genowej.

Analizie poddaliśmy łącznie 623 osobniki topoli czarnej. Analizowaliśmy cztery populacje zlokalizowane wzdłuż różnych odcinków Wisły, z czego każda populacja składała się z grupy drzew dojrzałych i grupy przypuszczalnie naturalnego odnowienia. W niniejszym badaniu chcieliśmy ocenić czystość gatunkową, obecność klonów oraz zmienność genetyczną. Celem pracy było również porównanie pul genowych między potencjalnymi naturalnymi

odnowieniami a dojrzałymi drzewami, które znajdują się w tej samej lokalizacji. Ponieważ topola czarna może również rozmnażać się wegetatywnie, chcieliśmy sprawdzić czy wybrana strategia reprodukcyjna różni się w zależności od lokalizacji danej populacji i stopnia przekształcenia terenu. Analizy wykonano w oparciu o polimorfizm 14 mikrosatelitarnych loci jądrowego DNA oraz z wykorzystaniem specyficznych gatunkowo markerów DNA jądrowego i chloroplastowego.

Rozpoznaliśmy dziewięć osobników hybrydowych w grupie dojrzałych drzew ze środkowego odcinka Wisły oraz zaledwie jedną hybrydę wśród grupy drzew dojrzałych z dolnego odcinka rzeki. Analiza klonalności wykazała, że klony stanowiły w sumie 41% wszystkich badanych osobników. Parametry zmienności genetycznej były porównywalne między grupami. Zaobserwowaliśmy wysoką zmienność genetyczną, a zróżnicowanie genetyczne pomiędzy grupami przypuszczalnie naturalnego odnowienia było niemal dwa razy większe niż pomiędzy grupami drzew dojrzałych. Populacja zlokalizowana najbliżej ujścia rzeki znacznie różniła się od pozostałych, co potwierdziły wyniki analiz statystycznych. Zaobserwowaliśmy, że wyłącznie na środkowym odcinku rzeki, na poziomie indywidualnych drzew, grupa naturalnego odnowienia odzwierciedla pulę genową drzew dojrzałych. W przypadku pozostałych populacji, grupy potencjalnych naturalnych odnowień odzwierciedlają pulę genową drzew dojrzałych w znacznie mniejszym stopniu.

Regulacja rzek oraz przekształcanie terenów zalewowych doprowadziły do braku odpowiednich terenów potrzebnych dla wzrostu i rozwoju siewek. Ponadto, populacje topoli czarnej w Polsce są zazwyczaj stare i występują głównie w niewielkich grupach. Zarówno nasze, jak i wyniki poprzednich badań potwierdzają potrzebę opracowania programów ochrony topoli czarnej w Polsce.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (grant nr 2021/41/B/NZ9/00722).

**Słowa kluczowe:** topola czarna, naturalne odnowienie, zmienność genetyczna

### **Metabolome analysis of *N. tabacum* cv. *BY-2* suspension cells depending on sample size and method of normalization of GC MS/MS data**

#### **Analiza metabolomów komórek zawiesiny *N. tabacum* cv. *BY-2* w zależności od wielkości próby oraz sposobu normalizacji danych GC MS/MS**

**Anita Rządiewicz**<sup>1\*</sup>, Anna Kasproicz-Maluśki<sup>2</sup>, Maria Tomys<sup>2</sup>, Tomasz Skrzypczak<sup>2</sup>, Łukasz Marczak<sup>3\*</sup>, Agnieszka Szuba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Genetics and Environmental Interactions, Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5 St., 62-035 Kórnik, Poland

<sup>2</sup>Faculty of Biology, Department of Molecular and Cellular Biology, Adam Mickiewicz University, Uniwersytetu Poznańskiego 6 St., 61-614 Poznań, Poland

<sup>3</sup>Laboratory of Mass Spectrometry, Institute of Bioorganic Chemistry, Polish Academy of Sciences, Zygmunta Noskowskiego 12/14 St., 61-704 Poznań, Poland

\*Corresponding authors: arzadkiewicz@man.poznan.pl, lukasmar@ibch.poznan.pl

#### **Abstract**

One of the first stages of laboratory work is the appropriate selection of sample size, which may have a significant impact on the quality of results obtained when analyzing the biochemistry of plant cells, in particular during high-throughput OMIC experiments, such as untargeted metabolome analyses. A key role in this type of research is played by the stage of analysis of the obtained MS/MS data and, above all, by the process of data normalization. The proper selection of the normalization method may be crucial for the correct assessment of actual differences in the concentrations of the analyzed metabolites.

The aim of the presented experiment was to analyze the results obtained when examining the metabolomes of *N. tabacum* cv suspension cells. *BY-2* (cultivar Bright Yellow - 2) differing in sample weight and extract concentration, taking into account the optimization of metabolomics data analysis methods. Metabolomics results were analyzed from samples derived from a suspension of *BY-2* cells cultured *in vitro*, from which samples with

the following masses were prepared: 12.5 mg, 25 mg, 50 mg, 100 mg, 200 mg, extracted with methanol and methoxyamine buffer, and then analyzed qualitative method of gas chromatography combined with tandem mass spectrometry (GC-MS/MS). Additionally, the effect of extract dilution was examined. The research focused on analyzing the main groups of metabolites, such as sugars, amino acids, lipids and organic acids, to check which data normalization method would provide the best correlation between the amount of extracted biological material and the concentration of metabolites that were detected.

As a result, the conducted research provided the opportunity to verify and discuss the importance of sample size and the method of data normalization when interpreting the results of metabolomics analyses.

This research is funded by the National Science Center (DEC-2020/39/B/NZ9/03336).

**Keywords:** metabolome, metabolite, cell, data normalization, mass spectrometry

### **Abstrakt**

Jednym z pierwszych etapów prac laboratoryjnych jest odpowiedni dobór wielkości próby, co może mieć istotny wpływ na jakość uzyskanych wyników podczas analizy statusu biochemicznego komórek roślinnych, w szczególności podczas wysokoprzepustowych eksperymentów OMIC, takich jak niecelowane analizy metabolomu. Kluczową rolę w tego typu badaniach pełni etap analizy otrzymanych danych MS/MS, przede wszystkim proces normalizacji danych. Właściwy dobór metody normalizacji może mieć kluczowe znaczenie dla prawidłowej oceny rzeczywistych różnic w stężeniach analizowanych metabolitów.

Celem przedstawionego eksperymentu była analiza wyników otrzymanych podczas badania metabolomów komórek zawiesiny *N. tabacum* cv. *BY-2* (cultivar Bright Yellow - 2) różniących się masą naważki i stężeniem ekstraktu, w tym optymalizacja metod analizy danych metabolomicznych. Analizowano wyniki metabolomiczne z prób pochodzących z zawiesiny komórek *BY-2* kultywowanych *in vitro*, z której przygotowano naważki o masie odpowiednio: 12,5 mg, 25 mg, 50 mg, 100 mg, 200 mg, poddane procesowi ekstrakcji w metanolu i buforze metoksyaminy, a następnie analizie jakościowej metodą chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS). Dodatkowo badano wpływ rozcieńczenia ekstraktów. Badania skupiły się na analizie głównych grup metabolitów, takich jak: cukry, aminokwasy, lipidy oraz kwasy organiczne, celem sprawdzenia, która metoda normalizacji danych zaowocuje najlepszą korelacją pomiędzy zastosowaną ilością materiału badawczego poddanego ekstrakcji a poziomem finalnie wykrytych metabolitów.

W efekcie przeprowadzone badania umożliwiły weryfikację oraz omówienie znaczenia wielkości próby i sposobu normalizacji danych przy interpretacji wyników analizy metabolomicznej.

Praca ta została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki (DEC-2020/39/B/NZ9/03336).

**Słowa kluczowe:** metabolom, metabolit, komórka, normalizacja danych, spektrometria mas

## **Development of ecosystem services in forest complexes on the example of Brzeziny Forest District**

### **Rozwijanie usług ekosystemowych w kompleksach leśnych na przykładzie Nadleśnictwa Brzeziny**

**Julita Bujak**<sup>1\*</sup>, Marcin Pietrzykowski<sup>1</sup>, Mateusz Szast<sup>1</sup>, Renata Gielec<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Ecological Engineering and Forest Hydrology, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

<sup>2</sup>Brzeziny Forest District, State Forests, Kaletnik, Główna 3 St., 95-040 Koluszki, Poland

Corresponding author: [julita.bujak@urk.edu.pl](mailto:julita.bujak@urk.edu.pl)

### **Abstract**

The study attempts to assess the perception of forest ecosystem services by various social groups on the example of the Brzeziny Forest District (Regional Directorate of State Forests in Łódź). The questionnaire formulated 22

questions about the perception of forest management and existing formal and legal conditions (which are the basis for the functioning of forestry in Poland) in relation to the definition of ecosystem services. The groups of respondents were divided into: forestry students, employees professionally related to forest management, as well as social stakeholders, including the local community and occasional visitors to the forests of the Brzeziny Forest District.

The survey showed that most respondents, with the exception of forestry students, had not previously encountered the concept of ecosystem services, although forest functions were understood. The most frequently indicated forest function among foresters was productive, although non-productive functions were also noted. On the other hand, among residents of the forest district's neighborhood, attention was paid to productive functions, the possibility of harvesting wood for energy purposes but also the need for greater public education. Among forestry students and the local community, the importance of environmental and natural values was indicated in unison.

The surveys conducted condemn the growing awareness and public expectations of ecosystem services provided by forests.

**Keywords:** ecosystem services, forest functions, non-timber forest services

#### **Abstrakt**

W pracy dokonano próby oceny postrzegania funkcji ekosystemowych lasu przez różne grupy społeczne na przykładzie Nadleśnictwa Brzeziny (Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Łodzi). W ankiecie sformułowano 22 pytania dotyczące postrzegania prowadzonej gospodarki leśnej i istniejących uwarunkowań formalno-prawnych (będących podstawą do funkcjonowania leśnictwa w Polsce) w odniesieniu do definicji usług ekosystemowych. Grupy respondentów podzielono na: studentów leśnictwa, pracowników związanych zawodowo z gospodarką leśną, a także interesariuszy społecznych, w tym lokalną społeczność i osoby odwiedzające okazjonalnie lasy Nadleśnictwa Brzeziny.

Badania wykazały, że większość respondentów, za wyjątkiem studentów leśnictwa, nie spotkała się wcześniej z pojęciem usług ekosystemowych, choć rozumiano funkcje lasów. Najczęściej wskazywaną wśród leśników funkcją lasu była produkcyjna, jakkolwiek zwracano także uwagę na funkcje pozaprodukcyjne. Z kolei wśród mieszkańców sąsiedztwa nadleśnictwa zwracano uwagę na funkcje produkcyjne, możliwości pozyskania drewna w celach energetycznych ale i potrzebę większej edukacji społecznej. Wśród studentów leśnictwa i lokalnej społeczności wskazywano zgodnie na znaczenie walorów środowiskowych i przyrodniczych.

Przeprowadzone badania wskazują na coraz większą świadomość i rosnące oczekiwania społeczne w zakresie usług ekosystemowych świadczonych przez lasy.

**Słowa kluczowe:** usługi ekosystemowe, funkcje lasu, funkcje pozaprodukcyjne lasu

### **Analysis of genomic resources of the most valuable Scots pine ecotypes in Poland in the face of a changing climate**

#### **Analiza zasobów genomowych najcenniejszych ekotypów sosny zwyczajnej w Polsce w obliczu zmieniającego się klimatu**

**Martyna Lasek**<sup>1\*</sup>, W. Wachowiak<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Department of Genetics and Environmental Interactions, Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland

<sup>2</sup> Department of Plant Ecology and Environmental Protection, Institute of Environmental Biology, Adam Mickiewicz University in Poznań, Uniwersytetu Poznańskiego 6, 61-614 Poznań, Poland

\*Corresponding author: mlasek@man.poznan.pl

#### **Abstract**

In the face of ongoing climate change, a proper management of forest genetic resources is particularly important. In Poland, Scots pine is the main forest-forming species with high economic, social and environmental value.

Models predicting changes in the range of forest trees have shown that within 70 years, Scots pine may significantly change its range from southern to northern locations. Such a scenario is a big challenge for Polish forestry, because local ecotypes of species may not adapt to new environmental conditions.

This research uses the latest tools in the field of Scots pine population genomics to assess the level and distribution of genetic variability in the mitochondrial and nuclear genomes of selected most valuable breeding populations of this species in Poland. A set of 27 populations (845 trees) representing all seed regions of this species were analyzed.

The obtained results indicate high genetic similarity between the analyzed populations and their common history resulting from post-glacial recolonization and mixing of populations of different origins. Taking into account the uniform genetic background of the studied sites and the ongoing climate changes, which have a global negative impact on the condition and survival of the forest tree ecosystem, it seems that the current regionalization of Scots pine seed zones may require revision.

**Keywords:** seed regions, ecotype divergence, forest tree management, SNP genotyping, molecular markers

#### **Abstrakt**

W obliczu postępujących zmian klimatycznych szczególnie ważne jest właściwe zarządzanie leśnymi zasobami genowymi. W Polsce sosna zwyczajna jest głównym gatunkiem lasotwórczym o dużej wartości gospodarczej, społecznej i środowiskowej. Modele prognozujące zmiany w zasięgu występowania drzew leśnych wykazały, że w ciągu 70 lat sosna zwyczajna może znacząco zmienić swój zasięg występowania ze stanowisk południowych w kierunku północnym. Taki scenariusz stanowi duże wyzwanie dla polskiego leśnictwa, ponieważ lokalne ekotypy gatunków mogą nie być dostosowane do nowych warunków środowiskowych.

W badaniach wykorzystano najnowsze narzędzia z zakresu genomiki populacyjnej sosny zwyczajnej do oceny poziomu i rozkładu zmienności genetycznej w genomie mitochondrialnym i jądrowym wybranych najcenniejszych populacji hodowlanych tego gatunku w Polsce. Analizie poddano 27 populacji (845 drzew) reprezentujących wszystkie regiony nasienne tego gatunku.

Uzyskane wyniki wskazują na duże podobieństwo genetyczne pomiędzy analizowanymi populacjami oraz ich wspólną historię wynikającą z polodowcowej rekolonizacji i mieszania się populacji o różnym pochodzeniu. Biorąc pod uwagę jednolite tło genetyczne badanych stanowisk oraz postępujące zmiany klimatyczne, które globalnie mają negatywny wpływ na stan i przetrwanie ekosystemu drzew leśnych, wydaje się, że obecna regionalizacja stref nasiennych sosny zwyczajnej może wymagać rewizji.

**Słowa kluczowe:** regiony nasienne, zmienność ekotypowa, zarządzanie zasobami leśnymi, genotypowanie SNP, markery molekularne

## **Albedo analysis and classification of snow and ice cover in satellite images in the Svalbard archipelago**

### **Analiza albedo i klasyfikacja pokrywy śnieżno-lodowej na zdjęciach satelitarnych w archipelagu Svalbard**

Aleksandra Skolimowska\*

Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, Pl. Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: [aleksandra.skolimowska01@gmail.com](mailto:aleksandra.skolimowska01@gmail.com)

#### **Abstract**

The glaciers of the Svalbard archipelago influence climate regulation around the world. Their properties, including color, reflect part of solar radiation and limit the heating of the Earth and its adverse effects. Thanks to albedo, which is an indicator determining the amount of scattered solar radiation in relation to the amount falling on a given surface, it is possible to assess the ability of objects to heat up.



The aim of this study was to analyze the albedo index values and their connection with land cover classes in the studied area of the Svalbard archipelago, in particular snow and ice. Three Svalbard research areas were analyzed – Ny-Ålesund, Hornsund and Longyearbyen. The value of the albedo coefficient calculated on the basis of satellite images by Landsat 8 at different times of the year. The range of their spectral bands allows the use of the correct algorithm. In order to find the relationship between the albedo index values and land cover classes, a supervised classification was performed using high-resolution data from PlanetScope satellite images. It was extremely important to obtain Landsat 8 and PlanetScope data from similar dates in one season. The study examined photos from 2022 from early April (maximum snow coverage), late May and early June (middle of the melting season) and late August (end of the melting season). ArcMap and QGIS programs were used to process and analyze satellite data. As a result, the albedo coefficient values were calculated for each image pixel and assigned to the land cover class. The analysis of the results shows that, according to theory, snow has the highest albedo value in the studied area, but its values decrease over time, i.e. from the beginning to the end of the melting season.

**Keywords:** albedo, Landsat 8, classification, PlanetScope, remote sensing

### **Abstrakt**

Lodowce archipelagu Svalbard wpływają na regulację klimatu na całym świecie. Ich właściwości, w tym barwa sprawia, że odbijają część promieniowania słonecznego i ograniczają nagrzewanie Ziemi oraz jego niekorzystne skutki. Dzięki albedo, które jest wskaźnikiem określającym ilość rozproszonego promieniowania słonecznego w stosunku do padającego na daną powierzchnię można ocenić zdolności nagrzewania się obiektów.

Celem niniejszej pracy była analiza wartości wskaźnika albedo i ich związku z klasami pokrycia terenu na badanym obszarze archipelagu Svalbard, w szczególności śniegu i lodu. Analizie poddane zostały trzy obszary badawcze Svalbardu – Ny-Ålesund, Hornsund i Longyearbyen. Wartości współczynnika albedo obliczono na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat 8 w różnych okresach roku. Zakres ich kanałów spektralnych umożliwia zastosowanie odpowiedniego algorytmu. W celu znalezienia relacji wartości wskaźnika albedo z klasami pokrycia terenu, przeprowadzono klasyfikację nadzorowaną z wykorzystaniem wysokorozdzielczych danych satelitarnych PlanetScope. Wyjątkowo ważne było pozyskanie danych Landsat 8 i PlanetScope z podobnych dat w jednym sezonie. Badaniu poddane zostały zdjęcia z 2022 roku z początku kwietnia (maksymalne pokrycie śniegiem), przełomu maja i czerwca (środek sezonu topnienia) oraz końca sierpnia (koniec sezonu topnienia). Do przetwarzania i analizy danych satelitarnych wykorzystano programy ArcMap oraz QGIS. W rezultacie obliczono wartości współczynnika albedo dla każdego piksela obrazu oraz przydzielono je do klasy pokrycia terenu. Analiza wyników wskazuje, że zgodnie z teorią najwyższą wartością albedo na badanym obszarze charakteryzuje się śnieg, ale jego wartości obniżają się w czasie tj. od początku do końca sezonu topnienia.

**Słowa kluczowe:** albedo, Landsat 8, klasyfikacja, PlanetScope, teledetekcja

## **Influence of habitat type on the soil mycobiome of European white elm (*Ulmus laevis* Pall.)**

### **Typ siedliska, a mykobiom glebowy wiązu szypułkowego (*Ulmus laevis* Pall.)**

**Marta Kujawska**<sup>\*</sup>, Maria Rudawska, Leszek Karliński, Robin Wilgan, Tomasz Leski

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, 5 Parkowa St., 62-035 Kórnik, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: mkowalska@man.poznan.pl

### **Abstract**

Soil mycobiome affects nutrient cycles and decomposition, and provides plants with nutrient acquisition and protection against unfavorable environmental conditions. Soil fungi are represented by three main trophic modes: saprotrophs, pathotrophs and symbionts.

Mycorrhizal fungi are a specific part of soil mycobiome, which plays a crucial role in the development of trees. Mycorrhizal fungi excrete specific chemical compounds into the soil, which protects plants against detrimental

environmental factors like heavy metal compounds, salinisation, and water stress like drought and flooding. This ability is highly relevant in the ongoing climate change.

Ectomycorrhiza is the dominant form of tree symbiosis in temperate forests. Arbuscular mycorrhiza, the oldest type of mycorrhizal symbiosis, is formed by ~80% of known vascular plant species. However, in the temperate climate, it is represented mostly by herbaceous plants and shrubs, and several admixture tree genera like *Fraxinus*, *Acer*, and *Ulmus*.

To evaluate the influence of various environmental conditions on the soil mycobiome of *Ulmus laevis*, the 18 geographical locations were appointed in riparian and oak-hornbeam forests, and non-forest stands in urban, rural and post-industrial areas. Collected soil samples were analysed using Next-Generation Sequencing on the MiSeq Illumina platform with ITS2 region of fungal rDNA. Obtained DNA sequences were identified using UNITE and INSD databases and assigned to the trophic modes using the FungalTraits.

Minor but significant changes in the mean fungal taxa richness and the Shannon diversity index ( $H'$ ) were noted between the habitat types. The highest share of symbiotic fungi was noted in forest stands. In addition, microscopic assessment showed the highest share of specific structures formed by arbuscular mycorrhizal fungi inside elm roots from forest stands. It indicates, that habitat type is the key factor, that shapes the soil mycobiome of *Ulmus laevis*.

The study was financed by the National Science Centre (NCN), grant nr 2020/37/N/NZ9/01915.

**Keywords:** mycorrhizal symbiosis, arbuscular fungi, forest and non-forest habitats, soil fungal community

#### **Abstrakt**

Mykobiom glebowy jest kluczowym czynnikiem wspierającym m.in. obieg pierwiastków, rozkład materii organicznej, rozwój i ochronę roślin przed niekorzystnymi warunkami środowiskowymi. Pod względem pełnionej funkcji ekologicznej grzyby tworzące mykobiom glebowy dzielone są na trzy podstawowe grupy troficzne: saprotrofy, patogeny, i symbionty.

Szczególną część mykobiomu glebowego stanowią grzyby symbiotyczne tworzące symbiozę mykoryzową; mykoryza pełni kluczową rolę w rozwoju drzew leśnych. Grzyby mykoryzowe wydzielają również specyficzne związki chemiczne do gleby, chroniąc tym samym roślinę przed szkodliwymi czynnikami biotycznymi i abiotycznymi np. wpływem metali ciężkich, zasoleniem gleby czy stresem związanym z nadmiarem lub niedoborem wody. Ta zdolność może mieć szczególne znaczenie w obliczu postępujących zmian klimatu.

Wśród drzew występujących w lasach strefy umiarkowanej dominuje symbioza ektomykoryzowa, specyficzna dla roślin drzewiastych. Mykoryza arbuskularna, najstarszy typ symbiozy mykoryzowej, jest nawiązywana przez blisko 80% gatunków roślin naczyniowych na Ziemi. W klimacie umiarkowanym są to głównie rośliny zielne i krzewy, ale także niektóre gatunki domieszkowe drzew leśnych, takie jak jesion, klon i wiąz.

Aby sprawdzić, jak zróżnicowane warunki siedliska wpływają na mykobiom glebowy wiazu szypułkowego (*Ulmus laevis*), zbadano 18 lokalizacji reprezentujących siedliska lasów łęgowych i dębowo-grabowych, oraz siedliska nieleśne: miejskie, wiejskie, i przemysłowe. Zebrane próby glebowe analizowano z wykorzystaniem sekwencjonowania nowej generacji (Next Generation Sequencing) przy użyciu platformy MiSeq Illumina oraz regionu ITS2 rDNA grzybów. Otrzymane sekwencje przypisano do grup taksonomicznych grzybów przy użyciu baz danych UNITE i INSD, oraz do grup troficznych przy użyciu platformy FungalTraits.

Badania wykazały niewielkie, ale istotne różnice w średnim bogactwie gatunkowym oraz wartościach współczynnika różnorodności Shannona ( $H'$ ) pomiędzy typami siedlisk. Udział grzybów symbiotycznych był wyższy w lasach, niż na terenach nieleśnych, co również potwierdziły badania mikroskopowe, wyrażone poprzez stopień kolonizacji korzeni wiazu przez grzyby arbuskularne. Wyniki wskazują, że typ siedliska stanowi kluczowy czynnik kształtujący strukturę zbiorowisk grzybów glebowych wiazu szypułkowego.

Badania finansowane przez Narodowego Centrum Nauki, grant 2020/37/N/NZ9/01915.

**Słowa kluczowe:** symbioza mykoryzowa, grzyby arbuskularne, siedliska leśne i nieleśne, mykobiom glebowy

# Infrastructure elements that should accompany forest routes

## Elementy infrastruktury, które powinny towarzyszyć trasom leśnym

Agata Kobyłka<sup>1</sup>, Natalia Korcz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Tourism and Recreation, Faculty of Agrobioengineering, University of Life Sciences in Lublin, 15 Akademicka Street, 20-950 Lublin

<sup>2</sup> Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: n.korz@ibles.waw.pl

### Abstract

Recreation in forest areas is one of the most popular leisure activities due to the wide availability of forest areas and the small amount of funding needed for tourism and recreation in forest areas. These areas are naturally becoming a place of interest for people wishing to rest actively in nature, combining relaxation with care for their health and fitness. Forest areas, especially around urban agglomerations, play a very important role in the concept of ecosystem services.

The aim of this study was to investigate the public's opinion on the elements of tourism and recreational development that should accompany forest trails.

The research was conducted from February 2023 to February 2024 using a diagnostic survey method. A Computer Assisted Web Interview (CAWI) survey technique was used, with a proprietary survey questionnaire as the research tool. A total of 353 respondents took part in the study, of whom 60.3% were female and 39.7% male. Those who visit forests once a month or more often accounted for 49.6% and those who do so less often or do not go to the urban forests of Lublin - 50.4%. Analysis of the survey results was carried out using an Excel spreadsheet and Statistica 13.1 EN.

The largest group of respondents felt that forest trails should be accompanied by boards with a map of the route (85.8%), benches (71.9%), educational boards (71.1%) and shelters with tables (64.5%). Smaller groups of respondents were of the opinion that barriers were needed to facilitate the route (42.05%) and bike racks (52.6%). Women and men differed in their opinion. Women had a higher demand for almost all development elements (higher than men by 9 to 13%). The only exceptions were educational boards (response difference 0.7%) and shelters with tables (response difference 0.3%). A comparison was also made between the responses of those who do not visit the forest or do so infrequently and those who are often in the forest. The biggest differences in responses were for barriers to facilitate the route (8.6%) and benches (8.0%). In both cases, a greater need was declared by the first group. The two groups did not differ significantly in their responses when it came to bicycle racks (0.03%).

People who visit forests less often see a greater need for educational, informational and recreational infrastructure in them. Further respondents should check whether more tourist and recreational development in the forest would contribute to their greater frequency of visits to these areas.

**Keywords:** tourist and recreational development, forest areas, forest trails

### Abstrakt

Wypoczynek na terenach leśnych jest jedną z najbardziej popularnych form spędzania czasu wolnego ze względu na szeroką dostępność obszarów leśnych oraz nieduże środki finansowane jakie są potrzebne do uprawiania turystyki i rekreacji na terenach leśnych. Obszary te w naturalny sposób stają się miejscem zainteresowania osób chcących wypoczywać aktywnie na łonie natury, łącząc relaks z dbałością o swoje zdrowie i kondycję. Tereny leśne, zwłaszcza wokół aglomeracji miejskich odgrywają bardzo dużą rolę w koncepcji usług ekosystemowych.

Celem pracy było zbadanie opinii społecznej na temat elementów zagospodarowania turystyczno-rekreacyjnego, które powinny towarzyszyć trasom leśnym.

Badania były prowadzone od lutego 2023 do lutego 2024 roku metodą sondażu diagnostycznego. Wykorzystano technikę ankiety internetowej CAWI (ang. Computer Assisted Web Interview), a jako narzędzie badawcze autorski kwestionariusz ankiety. W badaniach wzięło udział 353 respondentów z czego 60,3% kobiet i 39,7% mężczyzn.

Osoby odwiedzające lasy raz w miesiącu i częściej stanowiły 49,6% a te, które robią to rzadziej lub nie chodzą do lasów miejskich Lublina – 50,4%. Analiza wyników badań została przeprowadzona w arkuszu kalkulacyjnym Excel oraz w programie Statistica 13.1 PL

Zdaniem największej grupy respondentów trasom leśnym powinny towarzyszyć tablice z mapą trasy (85,8%), ławki (71,9%), tablice edukacyjne (71,1%) i wiaty ze stolikami (64,5%). Mniejsze grupy respondentów były zdania, że potrzebne są barierki ułatwiające przejście trasy (42,05%) oraz stojaki na rowery (52,6%). Kobiety i mężczyźni różnili się w swojej opinii. Większe zapotrzebowanie zgłaszały kobiety odnośnie prawie wszystkim elementów zagospodarowania (większe od mężczyzn od 9 do 13%). Wyjątkiem były tylko tablice edukacyjne (różnica odpowiedzi 0,7%) i wiaty ze stolikami (różnica odpowiedzi 0,3%). Porównano także odpowiedzi osób które nie odwiedzają lasów lub robią to rzadko i osób, które są często w lesie. Największe różnice w odpowiedziach dotyczyły barierki ułatwiających przejście trasy (8,6%) i ławek (8,0%). W obu przypadkach większe zapotrzebowanie deklarowała grupa pierwsza. Obie grupy nie różniły się w istotnie w odpowiedziach gdy chodzi o stojaki na rowery (0,03%).

Osoby, które rzadziej odwiedzają lasy widzą większą potrzebę powstawania w nich infrastruktury edukacyjno-informacyjnej i wypoczynkowej. Kolejne badania powinny sprawdzać czy większe zagospodarowanie turystyczno-rekreacyjne lasu przyczyniłoby się do ich większej częstotliwości odwiedzin tych obszarów.

**Słowa kluczowe:** zagospodarowanie turystyczno-rekreacyjne, obszary leśne, trasy leśne

## **The impact of applying the biodynamic afforestation method on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on the reclaimed sand mine in Szczakowa**

### **Wpływ zastosowania metody biodynamicznej zalesień na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na rekultywowanym wyrobisku Kopalni Piasku Podsadzkowego w Szczakowej**

**Radosław Cichosz**<sup>1\*</sup>, M. Pająk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

<sup>2</sup>Faculty of Forestry, Department of Ecological Engineering and Forest Hydrology, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: radoslawcichosz1@gmail.com

#### **Abstract**

The aim of the study was to determine the impact of applying the biodynamic afforestation method (using admixture of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.)) on the growth and nutrient status of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), introduced as part of the reclamation.

The research was conducted in 2023, in a 9-year-old Scots pine stand, on the site of partially reclaimed Szczakowa Sand Mine. Reclamation on the surface where transects were established was carried out using the soil method. Two transects were established: Experimental, where a row admixture of black alder was introduced (every 5 rows of pine) and control, without admixtures. Each transect was divided into 5 plots with a length of 10m, encompassing 5 rows of pine (A-E) (control plot) or 5 rows of pine and 1 row of alder (A-E + OI where row A was closest to OI) (experimental plot). The plots were separated by 5-meter gaps. The following parameters were measured: diameter at breast height (d1.3), root collar diameters (d0.05), and heights (h) of all trees in the plots. From trees located in the middle of each plot, needles of the first and second year were sampled, one sample for each row. For needles, the average length of 50 needle pairs (150) as well as fresh mass (mf) and dry mass (md) of 100 needle pairs were determined. Needles of the second year were also analyzed for the content of biogenic elements (C, N, S).

The analysis of the results showed significant differences between the values of d1.3, d0.05, and h on the control and experimental transects. The medians of these parameters on the experimental plot were higher by 29.4%,

11.7%, and 35.1%, respectively. Significant differences also occurred for needle length (150) and carbon content in the needles.

**Keywords:** scots pine, black alder, reclamation

#### **Abstrakt**

Celem badania było określenie wpływu zastosowania biodynamicznej metody zalesień (zastosowania fitomelioracyjnej domieszki olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.)) na wzrost i poziom odżywienia, wprowadzonej w ramach rekultywacji, sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.).

Badania przeprowadzone zostały w 2023 roku, w 9-cio letnim drzewostanie sosnowym, na terenie częściowo zrekultywowanej Kopalni Piasków Podsadzkowych w Szczakowej. Rekultywacja na powierzchni na której założono transekty prowadzona była metodą glebową. Założono dwa transekty: Badawczy, na którym wprowadzono rzędową domieszkę olszy czarnej (rząd olszy co 5 rzędów sosny) oraz kontrolny, bez domieszek. Każdy transekt został podzielony na 5 powierzchni o długości 10m i obejmujący 5 rzędów sosny (A-E) (pow. kontrolna) lub 5 rzędów sosny i 1 olszy (A-E + Ol gdzie rząd A znajdował się najbliżej OL) (pow. badawcza). Powierzchnie oddzielono 5-cio metrowymi przerwami. Zmierzone zostały: pierśnice (d1,3), średnice szyi korzeniowej (d0,05), i wysokości (h) wszystkich drzew na powierzchniach. Z drzew znajdujących się w środku każdej powierzchni, ze środkowej części korony pobrano igły pierwszego i drugiego rocznika, po jednej próbce dla każdego z rzędów. Dla igieł określono średnią długość 50 par igieł (150) oraz świeżą masę (mf) i suchą masę (md) 100 par igieł. Igły drugiego rocznika poddano także analizie na zawartość pierwiastków biogenych (C, N, S).

Analiza wyników wykazała występowanie istotnych różnic pomiędzy wartościami d1,3, d0,05 i h na transekcje kontrolnym i badawczym. Mediany wymienionych parametrów na powierzchni badawczej były wyższe o odpowiednio 29,4%; 11,7%; 35,1%. Istotne różnice wystąpiły również dla długości igieł (150) oraz zawartości węgla w aparacie asymilacyjnym.

**Słowa kluczowe:** scots pine, black alder, rekultywacja

## **Vegetation condition changes of the tree stands in the Tatra Mountains from 1984 to 2022 using Landsat satellite images**

### **Analiza zmian drzewostanu na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego w latach 1984-2022 na podstawie danych satelitarnych Landsat**

**Aram Takmadzan\***, Adrian Ochtyra

Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: a.takmadzan@student.uw.edu.pl

#### **Abstract**

Vegetation condition monitoring and multi-temporal analysis of satellite imagery are becoming increasingly popular in environmental research. Remote sensing vegetation indices are used to study vegetation changes, allowing for the examination of chemical substances in plants such as water, carbon dioxide, chlorophyll, and many others. Remote sensing enables the study of hard-to-reach areas where field research is challenging, such as mountainous regions, tropical forests, or desert areas.

In this presentation, will be presented a multi-temporal analysis of the changes in the forest stands of the Tatra National Park (TPN) and the Tatranský národný park (TANAP) and its buffer zone from 1984 to 2022 year. The aim of the multi-temporal analysis conducted in this study was to investigate changes in forest condition and evaluate the accuracy of the LandTrendr algorithm. Google Earth Engine (GEE) platform and LandTrendr tools were used in the study, along with data obtained from the Landsat satellite mission. Vegetation indices were calculated from satellite data, including NBR (Normalized Burn Ratio), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDMI (Normalized Difference Moisture Index), TCG (Tasseled Cap Greenness), and TCW (Tasseled Cap

Wetness). Change maps generated using the LandTrendr algorithm were used to analyze changes in forest stands in the study area. The change maps exhibited a high level of overall accuracy, ranging from 93% to 97%.

The forest stands condition from 1984 to 2022 underwent significant changes, and based on the results obtained, it was calculated that the total area affected by negative changes was 150 km<sup>2</sup>. The study comprised four stages: creating multi-temporal composites, using the LandTrendr algorithm on the GEE platform, creating a validation layer, and evaluating the accuracy of the algorithm's results.

In the presentation, will be discussed the aforementioned stages and demonstrate how programming languages facilitated the automation of this process.

**Keywords:** remote sensing, temporal analyses, LandTrendr, changes, vegetation indices

### **Abstrakt**

Monitoring kondycji roślinności i analizy wieloczasowe zobrazowań satelitarnych stają się coraz popularniejsze w badaniach środowiskowych. Do badania zmian roślinności wykorzystywane są m.in. teledetekcyjne wskaźniki roślinności, pozwalają one na analizę zawartości substancji chemicznych w roślinie takich jak: woda, dwutlenek węgla, chlorofil i wiele innych. Teledetekcja umożliwia badanie obszarów trudno dostępnych, w których prace terenowe są utrudnione, na przykład: tereny górskie, tereny lasów tropikalnych lub tereny pustynne.

W prezentacji przedstawiona zostanie analiza wieloczasowa zmian drzewostanu Tatrzańskiego Parku Narodowego (TPN) i Tatrzański národný park (TANAP) wraz z jego otuliną w latach 1984-2022. Celem analizy wieloczasowej było zbadanie zmian kondycji drzewostanu oraz ocena dokładności algorytmu LandTrendr. W pracy wykorzystano platformę Google Earth Engine (GEE) i narzędzia LandTrendr oraz dane pozyskane przez misję satelitarną Landsat. Na podstawie danych satelitarnych obliczono teledetekcyjne wskaźniki roślinności: NBR (Normalized Burn Ratio), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDMI (Normalized Difference Moisture Index), TCG (Tasseled Cap Greenness), TCW (Tasseled Cap Wetness). Mapy zmian otrzymane przy pomocy algorytmu LandTrendr posłużyły do analizy zmian drzewostanów na badanym obszarze. Mapy zmian charakteryzowały się wysokim poziomem dokładności całkowitej 93-97%.

Kondycja roślinności w latach 1984-2022 uległa dużym zmianom, na podstawie uzyskanych wyników obliczono, że łączna powierzchnia obszarów dotkniętych negatywnymi zmianami roślinności wynosiła 150 km<sup>2</sup>. Badanie składało się z 4 etapów: opracowanie kompozycji wieloczasowych, użycie algorytmu LandTrendr na platformie GEE, opracowanie warstwy walidacyjnej i ocena dokładność uzyskanych wyników algorytmu.

W prezentacji omówione zostaną wyżej wymienione etapy oraz proces automatyzacji analizy.

**Słowa kluczowe:** analizy wieloczasowe, LandTrendr, zmiana, teledetekcyjne wskaźniki roślinności

## **Can environmental education affect the strength of a person's connection to nature – an experiment on young adults using the CNS and NEP psychometric scales**

### **Czy edukacja ekologiczna może mieć wpływ na siłę powiązania człowieka z naturą – eksperyment na młodych dorosłych z wykorzystaniem skali psychometrycznej CNS i NEP**

**Natalia Korcz**<sup>1\*</sup>, Agata Kobyłka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

<sup>2</sup> Department of Tourism and Recreation, Faculty of Agrobioengineering, University of Life Sciences in Lublin, 15 Akademicka Street, 20-950 Lublin

\*Corresponding author: n.korcz@ibles.waw.pl

### **Abstract**

Man's relationship with nature has been the focus of many scientific fields for many years. With the rise of environmental problems around the world, people's environmental awareness as well as the strength of their connection with nature are widely studied.

The purpose of the study was to see if walking in a suburban forest use passive methods of education (self-guided walking, self-guided walking with educational boards) and active methods (walking with a forest educator) have a real impact on people's connection to nature.

The study involved 60 participants (29 women and 31 men), who were randomly assigned to one of three groups. The first part of the experiment was conducted in a lecture hall at the University of Life Sciences in Lublin. Each participant independently filled out the CNS (Connectedness to Nature Scale) and NEP (New Ecological Paradigm Scale) questionnaire (control), after which the group went to a designated meeting place in the forest. The second part of the study took place on forest trails located in a suburban commercial forest. The first group walked along a route that had educational boards, each participant had to familiarize themselves with them (Route A). The second group walked with a forest educator on a route without boards (route B), and the third group walked the same route independently (route B). After the walk, participants completed the CNS and NEP scale questionnaires a second time. The differences were then calculated ( $\Delta$  = post-test - pre-test).

After a self-guided walk and a walk along an educational path with educational boards, the respondents' declared connection to nature increased ( $\Delta$  CNS scale score = 4.65 and 1.65, respectively). A walk with an educator was followed by a slight decrease in test values (-0.35). The differences did not prove to be statistically significant. As a result of the three types of walks, support for the New Ecological Paradigm (tested by the NEP scale) decreased. However, the decreases were small: after walking a route with signs (-0.95), walking alone (-0.65), and walking with an educator (-0.15). The results showed no statistically significant differences.

One-time contact with nature and brief education, both passive and active, had little effect on people's connection to nature and increased support for a pro-environmental worldview. What is important is long-term formal and informal education on ecological topics to clarify and understand the relationships taking place in the natural world.

**Keywords:** environmental education, forest, NEP, CNS, connection to nature

### **Abstrakt**

Stosunek człowieka do przyrody od wielu lat jest przedmiotem zainteresowania wielu dziedzin nauki. Wraz ze wzrostem problemów środowiskowych na całym świecie szeroko bada się świadomość ekologiczną ludzi jak również siłę powiązania z naturą.

Celem badania były sprawdzenie czy spacer w leśnie podmiejskim stosują bierne metody edukacji (samodzielny spacer, samodzielny spacer z wykorzystaniem tablic edukacyjnych) i aktywne (spacer z edukatorem leśnym) mają realny wpływ na powiązanie ludzi z naturą.

W badaniu wzięło udział 60 uczestników (29 kobiet i 31 mężczyzn), których losowo przydzielono do jednej z trzech grup. Pierwsza część doświadczenia została przeprowadzona w sali wykładowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Każdy uczestnik samodzielnie wypełniał kwestionariusz skali CNS (ang. Connectedness to Nature Scale) i NEP (ang. New Ecological Paradigm Scale) (kontrola), po czym grupa udała się na wyznaczone miejsce spotkania w lesie. Druga część badań odbyła się na ścieżkach leśnych zlokalizowanych w podmiejskim lesie gospodarczym. Pierwsza grupa przeszła trasą, która posiadała tablice edukacyjne, każdy uczestnik musiała się z nimi zapoznać (trasa A). Druga grupa przemieszczała się z edukatorem leśnym na trasie bez tablic (trasa B), a trzecia przeszła tą samą trasą samodzielnie (trasa B). Po spacerze uczestnicy po raz drugi uzupełnili kwestionariusze skali CNS i NEP. Następnie obliczono różnice ( $\Delta$  = post-test – pre-test).

Po samodzielny spacerze i spacerze ścieżką edukacyjną z tablicami edukacyjnymi wzrosło deklarowane powiązanie badanych z naturą (odpowiednio wynik  $\Delta$  skali CNS = 4,65 i 1,65). Po spacerze z edukatorem nastąpił nieznaczny spadek wartości testu (-0,35). Różnice nie okazały się istotne statystycznie. W wyniku trzech rodzajów spacerów spadło poparcie dla Nowego Paradygmatu Ekologicznego (badanego przez skalę NEP). Spadki te były jednak niewielkie: po przejściu trasy z tablicami (-0,95), samodzielny spacer (-0,65), a spacer z edukatorem (-0,15). Wyniki nie wykazały istotnych statystycznie różnic.

Jednorazowy kontakt z naturą i krótka edukacja zarówno bierna jak i aktywna miały niewielki wpływ na powiązanie człowieka z naturą i zwiększenie poparcia dla proekologicznego światopoglądu. Ważne jest

długotrwała edukacja formalna i nieformalna o tematyce ekologicznej, która pozwoli na wyjaśnienie i zrozumienie związków zachodzących w świecie przyrody.

**Słowa kluczowe:** edukacja ekologiczna, las, NEP, CNS, powiązanie z naturą

## **Change detection in the Tatra Mountains forests using Landsat time series and the BFAST Algorithm**

### **Detekcja zmian w drzewostanie Tatr z wykorzystaniem szeregów czasowych Landsat i algorytmu BFAST**

Aleksandra Krzywicka<sup>\*</sup>, Adrian Ochtyra

Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

<sup>\*</sup>Corresponding author: a.krzywicka6@student.uw.edu.pl

#### **Abstract**

Satellite observations have revolutionized our ability to monitor the state and evolution of Earth's landscapes. The availability of open-access satellite imagery, particularly from initiatives like the Landsat program, has made it easier to study environmental dynamics over time. This enables the analysis of long-term trends, seasonality, and timing and location of changes.

This research utilizes Landsat imagery from 1984 to 2023 to investigate changes in forest cover in the Tatra Mountains. Using the Google Earth Engine for initial data processing involved tasks such as filtering cloud cover, computing the NDVI index, and aggregating data into monthly images that cover the vegetation period. The BFAST (Breaks For Additive Season and Trend, Verbesselt et al., 2010) algorithm, applied through R, facilitated the decomposition of these time series into components of trend and seasonality, identifying significant changes. The effectiveness of the BFAST algorithm in detecting changes was evaluated by assessing its ability to accurately identify changes. This approach enables precise detection and comprehensive analysis of changes in the forest coverage of the Tatra Mountains, essential for protecting mountain ecosystems.

**Keywords:** remote sensing, change detection, time series, BFAST, vegetation indices

#### **Abstrakt**

Obserwacje satelitarne rewolucjonizowały sposób monitorowania stanu i zmian w krajobrazie Ziemi. Dostępność darmowych zobrazowań satelitarnych, takich jak te pochodzące z programu Landsat, ułatwiło badanie dynamiki zmian w środowisku na przestrzeni czasu. Pozwala to na analizę długoterminowych trendów, sezonowości oraz czasu i lokalizacji zmian.

Niniejsze badanie wykorzystuje zobrazowania z satelitów Landsat z lat 1984–2023 do detekcji zmian w pokrywie leśnej w Tatrach. Wykorzystując program Google Earth Engine do wstępnego przetwarzania danych, wykonano maskowanie pokrywy chmur, obliczanie wskaźnika NDVI oraz agregację danych w miesięczne zobrazowania pokrywające okres wegetacyjny. Algorytm BFAST (Breaks For Additive Season and Trend, Verbesselt et al., 2010), zastosowany za pomocą R, pozwolił na dekompozycję szeregów czasowych zobrazowań satelitarnych na składowe trendu i sezonowości, identyfikując istotne zmiany. Skuteczność algorytmu BFAST w wykrywaniu zmian oceniono poprzez weryfikację jego zdolności do dokładnego identyfikowania zmian. To podejście umożliwia wykrywanie i kompleksową analizę zmian w pokrywie leśnej Tatr, co jest istotne dla ochrony ekosystemów górskich.

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, detekcja zmian, szeregi czasowe, BFAST, wskaźniki roślinności



# The application of airborne hyperspectral images and machine learning algorithms for the identification of invasive and expansive plant species

## Zastosowanie lotniczych zobrazowań hiperspektralnych i algorytmów uczenia maszynowego do identyfikacji wybranych inwazyjnych i ekspansywnych gatunków roślin

**Anita Sabat-Tomala\***, Edwin Raczko, Bogdan Zagajewski

Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30 St., 00-927 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: anita.sabat@uw.edu.pl

### Abstract

The spread of invasive and expansive plant species is a threat to biodiversity and generates a lot of ecological and economic losses. To prevent further negative effects of this process, these harmful species should be identified and removed at the early stages of invasion. The use of hyperspectral remote sensing techniques allows for the remote identification of plant communities over large areas and reduces time-consuming field research.

The main aim of this research was to develop and verify remote sensing methods for the identification of selected alien invasive and native expansive plants, such as blackberry (*Rubus* spp.), wood small-reed (*Calamagrostis epigejos*), large-leaved lupine (*Lupinus polyphyllus*) and goldenrod species (*Solidago* spp.). The application goal was to prepare distribution maps of the above plant species in selected Natura 2000 areas. In this research, raster data sets consisting of the original spectral bands and a different number of Minimum Noise Fraction (MNF) bands were tested. We used HySpex hyperspectral images and field measurements obtained three times in 2016 and pixel classification algorithms, such as Support Vector Machines and Random Forest. An iterative method of classifier training and accuracy assessment was used to objectively compare the obtained results. To prepare the final maps, we used sets of 100 classification iterations – first, we counted species occurrences in individual pixels and then thresholded the resulting frequency images.

The analysis showed that the optimal solution is to use approximately 30 MNF bands instead of the full set of spectral bands. The final maps obtained using both classifiers had high accuracies (F1 for species above 0.85). The developed method has great potential for application and can be used for monitoring natural habitats threatened by the invasion of alien plants.

**Keywords:** invasive species, machine learning, iterative accuracy assessment

### Abstrakt

Rozprzestrzenianie się inwazyjnych i ekspansywnych gatunków roślin stanowi zagrożenie dla bioróżnorodności oraz powoduje wiele strat ekologicznych i ekonomicznych. Aby zapobiegać negatywnym skutkom tego procesu należy identyfikować i usuwać te rośliny we wczesnych fazach inwazji. Zastosowanie nowoczesnych technik teledetekcji hiperspektralnej pozwala na zdalną identyfikację zbiorowisk roślinnych na dużych obszarach i ograniczenie czasochłonnych badań terenowych.

Głównym celem badań było opracowanie i weryfikacja teledetekcyjnej metody identyfikacji wybranych gatunków roślin inwazyjnych tj. nawłóć – *Solidago* spp. i łubin trwały – *Lupinus polyphyllus* oraz ekspansywnych tj. jeżyna – *Rubus* spp. i trzcinnik piaskowy – *Calamagrostis epigejos* z wykorzystaniem lotniczych obrazów hiperspektralnych HySpex. Aplikacyjnym celem pracy było opracowanie map rozmieszczenia powyższych gatunków roślin na wybranych obszarach Natura 2000 wraz z podaniem dokładności identyfikacji. W pracy przetestowano zestawy danych rastrowych składające się z oryginalnych kanałów spektralnych i z różnej liczby kanałów transformacji Minimum Noise Fraction (MNF). Klasyfikacje przeprowadzono w trzech terminach 2016 roku wykorzystując algorytmy Random Forest i Support Vector Machines. Zastosowano iteracyjną metodę treningu klasyfikatorów i oceny dokładności, aby obiektywnie porównać otrzymane wyniki. Do przygotowania końcowych map wykorzystano zestawy 100 iteracji klasyfikacji. Najpierw zliczono wystąpienia gatunków w poszczególnych pikselach zobrazowań, a następnie nadano progi powstałym obrazom częstości.

Analizy wykazały, że optymalnym rozwiązaniem jest wykorzystanie około 30 kanałów transformacji MNF zamiast pełnego zestawu kanałów spektralnych. Ostateczne mapy, uzyskane za pomocą obu klasyfikatorów, miały wysokie dokładności (F1 dla gatunków powyżej 0,85). Opracowana metoda ma duży potencjał i może być z powodzeniem stosowana do monitoringu siedlisk przyrodniczych zagrożonych przez inwazyjne gatunki obce.

**Słowa kluczowe:** inwazyjne gatunki roślin, uczenie maszynowe, iteracyjna ocena dokładności

## **Analysis of the information capability of spectral indices in remote sensing of mistletoe (*Viscum album ssp. austriacum* L.) in pine stands, acquired using unmanned aerial platforms (BSP)**

### **Analiza potencjału informacyjnego wskaźników spektralnych w teledetekcji jemioli pospolitej rozpierzchłej (*Viscum album ssp. austriacum* L.) w drzewostanach sosnowych, pozyskiwanych w wykorzystaniem bezałogowych platform powietrznych (BSP)**

Jakub Miszczyszyn<sup>1, 2\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Forest Resources Management, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow, Poland

<sup>2</sup> Polish Geographical Society, Branch of Remote Sensing

\*Corresponding author: jakub.miszczyszyn@urk.edu.pl

#### **Abstract**

The aim of this study is to determine the information potential of spectral indices calculated from a true multispectral orthophoto, acquired using BSP, in the detection of mistletoe clusters in pine stands.

The study was carried out on a fragment of a stand located in the area of the Niepołomice Forest District, in department number 83 (dominant species - Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), age 108 years; average tree height 28 m; average breast height 36 cm; according to BDL 2022). A photogrammetric survey was performed (ProGea SKY; Trinity F90+; dual-payload: Sony UMC and Micasense RedEdge-M). Using the R language (packages: sci, stars, caret, corrplot, sf, tidyverse), a set of spectral indices was selected, considering five electromagnetic radiation bands (R-475 nm, G-560 nm, B-475 nm, RE1-717nm, N-840 nm). Seventy-five indices were calculated (ARI2, AVI, BAI, BCC, BITM, BIXS, BNDVI, CIG, CIRE, CVI, DSWI4, DVI, ExG, ExGR, ExR, FCVI, GARI, GBNDVI, GCC, GEMI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, IKAW, IPVI, MCARI, MCARI1, MCARI2, MCARIOSAVI, MGRVI, MRBVI, MSAVI, MSR, MTVI1, MTVI2, NDCI, NDDI, NDGIaI, NDREI, NDSII, NDTI, NDVI, NDWI, NDYI, NGRDI, NIRv, NLI, NormG, NormNIR, NormR, OSAVI, PISI, RCC, RDVI, RGBVI, RGRI, RI, RI4XS, SR, SR2, TCARI, TCARIOSAVI, TCI, TDVI, TGI, TVI, TriVI, VARI, VARI700, VI700, VIG, VgNIRBI, VrNIRBI) based on the developed orthophotomosaic.

A total of 820 training fields were vectorised, representing 6 classes: clearcuts-70, gaps-100, dead trees-50, deciduous trees-100, coniferous trees-100, mistletoe cluster-400. For each training field, statistics of individual spectral indices were calculated. Machine learning algorithms including decision trees, k-nearest neighbours, support vector machines and random forests were then used to evaluate the potential of the spectral indices in mistletoe cluster detection based on the classification performed. Based on the correlation analysis of index values, unique sets of indices with the highest information potential were determined.

The results of the study indicate the high potential of the spectral indicators (MTVI1, Kappa=0.9207; VgNIRBI, Kappa=0.921; NormG, Kappa=0.9199) in detecting mistletoe clusters, opening up new perspectives in conducting sanitary condition monitoring of pine stands.

**Keywords:** UAV, mistletoe, detection, vegetation index, machine learning

## Abstrakt

Celem pracy jest określenie potencjału informacyjnego wskaźników spektralnych obliczonych na podstawie prawdziwej wielospektralnej ortofotomapy pozyskanej z wykorzystaniem BSP, w detekcji skupień jemioli w drzewostanach sosnowych.

Badaniu poddano fragment drzewostanu znajdujący się na terenie Nadleśnictwa Niepołomice, w oddziale o numerze 83 (gatunek panujący - sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), w wieku 108 lat; średnia wysokość drzew 28 m; średnia pierśnica 36 cm; według BDL 2022). Wykonano nalot fotogrametryczny (ProGea SKY; Trinity F90+; dual-payload: Sony UMC oraz Micasense RedEdge-M).

Wykorzystując język R (pakiety: sci, stars, caret, corrplot, sf, tidyverse) wyselekcjonowano zbiór wskaźników spektralnych, uwzględniając pięć zakresów promieniowania elektromagnetycznego (R-475 nm, G-560 nm, B-475 nm, RE1-717nm, N-840 nm). Obliczono 75 indeksów (ARI2, AVI, BAI, BCC, BITM, BIXS, BNDVI, CIG, CIRE, CVI, DSWI4, DVI, ExG, ExGR, ExR, FCVI, GARI, GBNDVI, GCC, GEMI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, IKAW, IPVI, MCARI, MCARI1, MCARI2, MCARI, OSAVI, MGRVI, MRBVI, MSAVI, MSR, MTVI1, MTVI2, NDCI, NDDI, NDGIaI, NDREI, NDSII, NDTI, NDVI, NDWI, NDYI, NGRDI, NIRv, NLI, NormG, NormNIR, NormR, OSAVI, PISI, RCC, RDVI, RGBVI, RGRI, RI, RI4XS, SR, SR2, TCARI, TCARIOSAVI, TCI, TDVI, TGI, TVI, TriVI, VARI, VARI700, VI700, VIG, VgNIRBI, VrNIRBI) bazujących na opracowanej ortofotomozaice. Zwektoryzowano 820 pól treningowych reprezentujących 6 klas: zrąb- 70, luki-100, drzewa martwe-50, drzewa liściaste-100, drzewa iglaste-100, skupienie jemioli -400. Dla każdego pola treningowego obliczono statystyki poszczególnych wskaźników spektralnych. Następnie wykorzystano algorytmy uczenia maszynowego, w tym drzewa decyzyjne, k-najbliższych sąsiadów, maszyny wektorów wspierających i losowe lasy, aby na podstawie przeprowadzonej klasyfikacji ocenić potencjał wskaźników spektralnych w detekcji skupień jemioli. W oparciu o analizę korelacji wartości wskaźników wyznaczono unikalne zestawy wskaźników o najwyższym potencjale informacyjnym.

Wyniki badania wskazują na wysoki potencjał wskaźników spektralnych

(MTVI1,  $Kappa=0,9207$ ; VgNIRBI,  $Kappa=0,921$ ; NormG,  $Kappa=0,9199$ ) w detekcji skupień jemioli otwierając nowe perspektywy w prowadzeniu monitoringu stanu sanitarnego drzewostanów sosnowych.

**Słowa kluczowe:** jemiola, BSP, uczenie maszynowe, wykrywanie jemioli, wskaźniki roślinności

## **The influence of physiological breaking the dormancy methods of European ash seeds on the seedling germination from various locations in the southern regions of Poland**

### **Wpływ fizjologicznych metod przerywania spoczynku nasion jesionu wyniosłego na kiełkowanie siewek pochodzących z różnych lokalizacji położonych w południowych regionach Polski**

**Malgorzata Osmenda**<sup>1\*</sup>, Katarzyna Nawrot-Chorabik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Olkusz Forest District, The State Forests National Forest Holding, Łukasińskiego 3 St., 32-300 Olkusz, Poland

<sup>2</sup>Faculty of Forestry, Department of Forest Ecosystems Protection, University of Agriculture in Krakow, 29-Listopada Ave. 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: malgorzata.osmenda@katowice.lasy.gov.pl

## Abstract

Progressing climate changes and expansive industrial activity result in unfavourable consequences in the natural environment. The harmful effects of changes taking place in the natural environment include, among others: long-term droughts and water deficit. However, the dynamically developing industrial economy has negative effects on the chemistry of soils by polluting them with harmful substances, such as heavy metals derivatives and salts. The combination of these factors has a negative impact on the physiological condition of forest trees. The most important disturbances in the functioning of the proper physiology of plants include the weakening of trees, which causes a visible reduction in the number of high-quality seeds produced, which can produce physiologically well-

developed, viable seedlings. The resulting unfavourable changes in the course of physiological processes constitute a serious problem in the case of trees sensitive to dynamic environmental changes, i.e. changes in ambient temperature and rainfall. An example of such a sensitive tree species is the European ash, which is sensitive to industrial pollution and groundwater fluctuations. The above-mentioned environmental changes have resulted in the population of this species decreasing every year. Weakened individuals are also exposed to the influence of biotic factors - pathogens and endophytic fungi, which cause large economic losses, including: obtaining low-quality wood raw material with numerous rots and discolorations of the wood, as well as ecological, among others reducing the biodiversity of forest environments. The solution to the problem related to the decline of the common ash is to examine and select vital trees that are able to produce healthy seed material from which it will be possible to obtain high-quality planting material. Unfortunately, ash seeds require special preparation for germination, without which they will not be able to germinate.

The paper presents research on common ash seed material collected from trees located in areas within the administrative boundaries of the Kańczuga, Olkusz and Siewierz Forest Districts, which are located in various parts of southern Poland. The seeds were treated using physiological pre-sowing treatments, i.e. stratification, scarification combined with the use of selected plant growth regulators such as gibberellic acid ( $GA_3$ ) and 1-naphthaleneacetic acid (NAA). The results obtained from breaking seed dormancy were compared with control trials. The seeds were prepared for germination before sowing *in vivo* by sowing them in soil and regularly wetting them. It was found that the period of remaining in the soil, regardless of the origin of the seeds, lasted several months. Then, after germinating the seeds, viable seedlings were obtained and subjected to tests to determine their germination frequency. Seedlings were analyzed when they were 8 months old.

Based on the obtained research results, it was found that the highest germination rate was observed in seedlings from the Olkusz Forest District (67%) and Kańczuga (60%), which were sown directly into the soil without prior physiological pre-sowing treatment. Seedlings created from mature seeds taken from trees located in the Siewierz Forest District had a much lower germination rate (40.5%).

The conducted research has shown that the effectiveness of obtaining a high rate of germination of viable seedlings depends largely on the quality of the seed material, but also on the geographical origin of viable parent trees and the type of pre-sowing treatment used. This statement is extremely important because the selection of quality trees gives hope for obtaining seed material that will be used to rebuild the disappearing population of European ash.

**Keywords:** origin, breaking dormancy, germination frequency, seeds, seedlings

### **Abstrakt**

Postępujące zmiany klimatyczne oraz ekspansywna działalność przemysłowa wpływają na powstawanie niekorzystnych następstw w środowisku naturalnym. Do szkodliwych skutków zmian zachodzących w środowisku naturalnym zaliczamy m.in. długotrwałe susze oraz deficyt wody. Natomiast prężnie rozwijająca się gospodarka przemysłowa wywiera negatywne skutki na chemizmie gleb po przez ich zanieczyszczanie szkodliwymi substancjami tj. pochodne metali ciężkich i soli. Połączenie tych czynników wywiera negatywny wpływ na stan fizjologiczny drzew leśnych. Do najistotniejszych zaburzeń w funkcjonowaniu prawidłowej fizjologii roślin zaliczamy osłabienie drzew, które powodują widoczne zmniejszenie ilości wytwarzanych wysoko jakościowych nasion, z których mogą powstawać dobrze wykształcone pod względem fizjologicznym, żywotne sadzonki. Powstałe niekorzystne zmiany w przebiegu procesów fizjologicznych stanowią poważny problem w przypadku drzew wrażliwych na dynamiczne zmiany środowiskowe tj. zmiany temperatury otoczenia oraz ilości opadów. Przykładem takiego wrażliwego gatunku drzewa jest jesion wyniosły, który jest gatunkiem czułym na zanieczyszczenia przemysłowe oraz wahania wód gruntowych. Wyżej wymienione zmiany środowiskowe sprawiły, że populacja tego gatunku corocznie ulega zmniejszeniu. Osłabione osobniki są ponadto narażone na wpływ czynników biotycznych - patogenów oraz grzybów endofitycznych, które powodują duże straty zarówno gospodarcze m.in. otrzymywanie surowca drzewnego słabej jakości posiadającego liczne zgnilizny i przebarwienia drewna oraz ekologiczne m.in. zmniejszenie bioróżnorodności środowisk leśnych. Rozwiązaniem problemu związanym z zamieraniem jesionu wyniosłego jest zbadanie i wytypowanie drzew witalnych, które są w stanie produkować zdrowy materiał nasienny, z którego możliwe będzie uzyskanie wysoko jakościowego materiału sadzeniowego. Niestety nasiona jesionu wymagają specjalnego przysposobienia do kiełkowania bez, którego nie będą w stanie wykiełkować.

W pracy przedstawiono badania nad materiałem nasiennym jesionu wyniosłego pobrane z drzew zlokalizowanych z obszarów leżących w granicach administracyjnych Nadleśnictwa Kańczuga, Olkusz i Siewierz, które są zlokalizowane w różnych częściach Polski południowej. Nasiona zostały zaprawione za pomocą fizjologicznych

zabiegów przedsiewnych tj. stratyfikacja, skaryfikacja połączonych z zastosowaniem wybranych regulatorów wzrostu roślin jak kwas giberelinowy (GA<sub>3</sub>) i kwas 1-naftalenoctowy (NAA). Porównano wyniki otrzymane z zastosowania przerywania spoczynku nasion z próbami kontrolnymi. Nasiona przysposobiono do kiełkowania przed ich wysianiem w warunkach *in vivo* poprzez ich wysianie do podłoża glebowego i regularne zwilżanie. Stwierdzono, że okres przelegiwania w glebie niezależnie od pochodzenia nasion trwał kilka miesięcy. Następnie po skiełkowaniu nasion uzyskano żywotne siewki, które poddano badaniom określenia ich frekwencji kiełkowania. Siewki zostały poddane analizą gdy osiągnęły wiek 8 miesięcy.

Na podstawie otrzymanych rezultatów badań stwierdzono, że największą frekwencją kiełkowania odznaczały się siewki skiełkowane z Nadleśnictwa Olkusz (67%) oraz Kańczuga (60%), które zostały wysiane bezpośrednio do gleby bez wcześniejszego potraktowania ich fizjologicznymi zabiegami przedsiewnymi. Siewki powstałe z nasion dojrzałych pobranych z drzew zlokalizowanych z obszarów Nadleśnictwa Siewierz posiadały dużo mniejszą frekwencję kiełkowania (40,5%).

Przeprowadzone badania wykazały, że skuteczność w otrzymaniu dużej frekwencji kiełkowania żywotnych siewek zależy w dużym stopniu od jakości materiału nasiennego ale również od pochodzenia geograficznego żywotnych drzew macierzystych oraz od rodzaju zastosowanego zabiegu przedsiewnego. Stwierdzenie to jest niezwykle istotne ponieważ wybór jakościowych drzew daje nadzieje na pozyskanie materiału nasiennego, który zostanie wykorzystany do odbudowy zanikającej populacji jesionu wyniosłego.

**Słowa kluczowe:** pochodzenie, przerywanie spoczynku, frekwencja kiełkowania, nasiona, siewki

## **Accuracy comparison of various land cover and land use sources: case study of Poznań and poznański county**

### **Porównanie dokładności różnych źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi na przykładzie miasta Poznań i powiatu poznańskiego**

**Adrian Nowacki\***, Filip Ratajszczak, Igor Graczykowski, Radosław Jagła

Adam Mickiewicz University, Faculty of Geographical and Geological Sciences

Krygowskiego 10 St., 61-680 Poznań, Poland

\*Corresponding author: adriannowacki007@gmail.com

#### **Abstract**

Based on satellite data, land cover and land use maps are created to facilitate monitoring changes in the environment.

Using six different datasets concerning land cover and land use in poznański county and Poznań city area, their classification accuracy was assessed compared to a reference dataset - the Topographic Objects Database at a scale of 1:10,000.

By employing methods for evaluating the quality and accuracy of data sources, each data source was thoroughly examined to determine its level of consistency and precision in classifying land cover and land use, compared to the reference data.

**Keywords:** land cover and land use, accuracy, classification, compatibility

#### **Abstrakt**

W oparciu o dane satelitarne tworzone są mapy pokrycia terenu i użytkowania ziemi, umożliwiające śledzenie zmian w środowisku.

Na podstawie sześciu różnych zbiorów danych dotyczących pokrycia terenu oraz użytkowania ziemi na obszarze powiatu poznańskiego i miasta Poznań, oceniono ich dokładność klasyfikacji w porównaniu z referencyjnym zbiorem danych - Bazą Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 000.

Wykorzystując metody oceny jakości i dokładności źródeł danych dokładnie zbadano, na ile każde źródło danych jest zgodne i precyzyjne w klasyfikacji pokrycia terenu i użytkowania ziemi w porównaniu z danymi referencyjnymi.

**Słowa kluczowe:** pokrycie terenu i użytkowanie ziemi, dokładność, klasyfikacja, zgodność

## **An application of digital aerial photogrammetry data in forest height growth modeling**

### **Zastosowanie cyfrowej fotogrametrii lotniczej w modelowaniu wzrostu wysokości drzewostanów**

**Piotr Janiec**<sup>1,2\*</sup>, Paweł Hawryło<sup>1</sup>, Luiza Tymińska-Czabańska<sup>1</sup>, Jarosław Socha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Poland,

<sup>2</sup> Forest Management and Geodesy Bureau, Sekocin Stary, 21 Leśników St., 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: piotr.janiec@urk.edu.pl

#### **Abstract**

Over the last few decades, remote sensing data has changed measurements and monitoring of forest ecosystems. The use of airborne laser scanning (ALS) was of great importance in this revolution. Although there is growing interest in the use of ALS-derived point clouds, point clouds from high-resolution digital aerial photography (DAP) are often used in the measurement of forest ecosystem properties due to their lower acquisition cost.

In this study, we documented the applicability of DAP data for developing top height (TH) growth models for Scots pine stands. Our results show that DAP data can be an alternative to traditional height measurements used in growth modeling when corrected based on sample of measurements of reference tree heights. DAP-derived tree height is usually characterized by a substantial systematic error. We propose a straightforward method for bias correction of DAP derived tree heights. We used ALS data as the reference data, however the ALS measurements can be replaced by any other reliable source of tree heights. By iterative random sampling, we were able to find the minimum number of reference measurements needed to calculate the height correction in order to achieve the desired accuracy of tree height estimation from DAP. We also showed, that the reference data can be collected in a different period from that of the DAP data. In the developed approach, the ALS-derived TH is updated to the year of DAP data collection by using a TH growth model. We showed that the effectiveness of TH updating is almost independent of the growth model used, indicating that this parameter can be updated using models that are not adapted to local growth conditions.

**Keywords:** digital aerial photogrammetry, airborne laser scanning, top height, growth modeling

#### **Abstrakt**

W ciągu ostatnich kilku dekad dane teledetekcyjne zmieniły pomiary i monitorowanie ekosystemów leśnych. Wykorzystanie lotniczego skanowania laserowego (ALS) miało ogromne znaczenie w tej rewolucji. Chociaż rośnie zainteresowanie wykorzystaniem chmur punktów pochodzących z ALS, chmury punktów z cyfrowych zdjęć lotniczych o wysokiej rozdzielczości (DAP) są także, często wykorzystywane do pomiaru parametrów ekosystemów leśnych ze względu na niższy koszt ich pozyskania.

W tym badaniu udokumentowaliśmy możliwość zastosowania danych DAP do opracowania modeli wzrostu wysokości (TH) dla drzewostanów sosnowych. Nasze wyniki pokazują, że dane DAP mogą być alternatywą dla tradycyjnych pomiarów wysokości wykorzystywanych w modelowaniu wzrostu, gdy są skorygowane na podstawie próby pomiarów referencyjnych. Pochodząca z DAP wysokość drzewostanu charakteryzuje się zwykle znacznym błędem systematycznym. Proponujemy prostą metodę korekty błędu systematycznego wysokości drzew uzyskanych z DAP. Wykorzystaliśmy dane ALS jako dane referencyjne, jednak pomiary ALS można zastąpić dowolnym innym wiarygodnym źródłem dotyczącym wysokości drzew. Dzięki iteracyjnemu losowemu próbkowaniu byliśmy w stanie znaleźć minimalną liczbę pomiarów referencyjnych potrzebnych do obliczenia korekty wysokości w celu osiągnięcia pożądanej dokładności szacowania wysokości drzew z DAP. Wykazaliśmy

również, że dane referencyjne mogą być zbierane w innym okresie niż dane DAP. W opracowanym podejściu, TH pochodząca z ALS jest aktualizowana do roku pozyskania danych DAP przy użyciu regionalnych modeli wzrostu. Wykazaliśmy, że skuteczność aktualizacji TH jest prawie niezależna od zastosowanego modelu wzrostu, co wskazuje, że parametr ten może być aktualizowany przy użyciu modeli, które nie są dostosowane do lokalnych warunków wzrostu.

**Słowa kluczowe:** cyfrowa fotogrametria lotnicza, Lotnicze skanowanie laserowe, Wysokość górna, Modelowanie wzrostu

## **Using Sentinel-2 satellite imagery in the analysis of forest over changes following the storm of 2017 – case study of the Przymuszewo Forest Inspectorate in Poland**

### **Wykorzystanie zobrazowań satelitarnych Sentinel-2 do analizy zmian lesistości po nawałnicy z 2017 roku – studium przypadku Nadleśnictwa Przymuszewo w Polsce**

**Malgorzata Szczepańska\***, Mirosław Rurek, Sebastian Czapiewski

Faculty of Geographical Sciences, Kazimierz Wielki University, Kościeleckich Square 8, 85-033 Bydgoszcz, Poland

\*Corresponding author: malgorzata.szczepanska@ukw.edu.pl

#### **Abstract**

Climate change is causing increasing occurrence frequent extreme events (including strong winds), which are becoming an integral part of the natural environment. In 2017, from the 11th to 12th of August, a storm passed causing catastrophic damage in general and to forest resources in particular.

The study aims to determine the feasibility of using Sentinel-2 satellite imagery and other GIS tools and techniques for estimating forest damage caused by the storm in the Przymuszewo Forest Inspectorate, located in the Chojnice district in northern Poland. The analysis of forest cover changes was performed using the NDVI and BI2 index as well as unsupervised classification predicated on satellite imagery obtained before and after the storm.

It was calculated that a total of 2,048.1 hectares of forest was damaged based on the NDVI index and 1,661.7 hectares based on the unsupervised classification, whereas the area of agricultural land and non-forest land based on the BI2 index was 1,739.1 hectares. In the case of the studied indicators, the unsupervised classification proved to yield results more similar to the estimates of stand losses made by the Przymuszewo Forest Inspectorate, compared to the results obtained from the NDVI indicator. The BI2 index, on the other hand, was found to be useful in determining changes within non-forest areas. Differences in the results between indicators NDVI, BI2 and the unsupervised classification resulted from the characteristics of the methods used. Nevertheless, these figures are comparable to the records of post-storm losses from the Przymuszewo Forest Inspectorate. This indicates a considerable feasibility of Sentinel-2 satellite imagery in assessing damage caused by extreme phenomena (strong winds) in forest areas, which is true both on a regional and global scale owing to the wide range of imaging (up to 290 km). The only limitation for Sentinel-2 satellites is heavy cloud cover, as the emitted radiation does not penetrate clouds.

**Keywords:** storm, Sentinel-2, NDVI, BI2, unsupervised classification

#### **Abstrakt**

Zmiany klimatyczne są przyczyną coraz częstszego występowania zjawisk ekstremalnych (w tym silnych wiatrów), które stają się nieodłącznym elementem środowiska przyrodniczego. W Polsce z 11 na 12 sierpnia 2017 roku przeszła nawałnica powodując katastrofalne zniszczenia, przy czym największe szkody oszacowano w zasobach leśnych.

Celem opracowania było ustalenie możliwości wykorzystania zobrazowań satelitarnych Sentinel-2 oraz narzędzi i technik GIS do oszacowania szkód powstałych w lasach spowodowanych wichurą na obszarze Nadleśnictwa Przymuszewo, zlokalizowanego na terenie powiatu chojnickiego w północnej Polsce. Analizy zmian lesistości

dokonano przy użyciu wskaźnika NDVI, BI2 oraz klasyfikacji nienadzorowanej na podstawie zobrażeń satelitarnych wykonanych przed i po przejściu nawałnicy.

Obliczono, że uszkodzeniu uległy lasy o łącznej powierzchni 2,048.10 ha na podstawie wskaźnika NDVI oraz 1,661.7 ha na podstawie klasyfikacji nienadzorowanej, przy czym powierzchnia użytków rolnych i terenów nieleśnych na podstawie wskaźnika BI2 wyniosła 1,739.1 ha. W przypadku badanych wskaźników klasyfikacja nienadzorowana okazała się dać wyniki bardziej zbliżone do obliczeń strat drzewostanu wykonanych przez Nadleśnictwo Przymuszewo, w porównaniu z wynikami uzyskanymi na podstawie wskaźnika NDVI. Natomiast wskaźnik BI2 okazał się przydatny w określeniu zmian w obrębie terenów nieleśnych. Różnice w wynikach pomiędzy wskaźnikami NDVI, BI2 oraz klasyfikacją nienadzorowaną wynikały z właściwości zastosowanych metod. Niemniej jednak liczby te są porównywalne do danych pochodzących z ewidencji strat po nawałnicy z Nadleśnictwa Przymuszewo. Wskazuje to na dużą przydatność zobrażeń satelitarnych Sentinel-2 do oceny szkód wywołanych przez zjawiska ekstremalne (silne wiatry) na terenach leśnych, także w skali regionalnej czy globalnej ze względu na szerokie pasmo zobrażenia (sięgające do 290 km). Jedynym ograniczeniem dla satelitów Sentinel-2 jest silne zachmurzenie, gdyż emitowane promieniowanie nie przenika przez chmury.

**Słowa kluczowe:** nawałnica, Sentinel-2, NDVI, BI2, klasyfikacja nienadzorowana

## **Weibull or normal distribution – which one better approximates the tree diameter structure in pine stands of the Smardzewice Forest District?**

### **Rozkład Weibulla czy normalny – który lepiej aproksymuje strukturę pierśnic w drzewostanach sosnowych Nadleśnictwa Smardzewice?**

**Kajetan Oledzki**<sup>1\*</sup>, Robert Tomusiak<sup>2</sup>, Rafał Wojtan<sup>2</sup>, Heorhiy Hrynyk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Forestry, Warsaw University of Life Science, 166 Nowoursynowska St., 02-787 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>Institute of Forest Sciences, Department of Forest Dendrometry and Productivity, Warsaw University of Life Science, 166 Nowoursynowska St., 02-787 Warsaw, Poland

<sup>3</sup>Department of Forest Sciences, University of Lodz Branch in Tomaszów Mazowiecki

\*Corresponding author: s211228@sggw.edu.pl

#### **Abstract**

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the main forest-forming species in Poland. It covers 67% of the forest area of our country and can be found in almost all forest sites: from dry and sandy, through fertile forest sites, to swampy forests. Pine wood is used in all branches of the wood industry. For a species of such importance, the development of tree stand structure models is important. Their use is useful both in theory and in forest practice, where they aid the determination of many characteristics of trees and stands, the planning of silvicultural treatments and the implementation of multifunctional forest management. An important component of such models is the structure of tree diameters at breast height. The work aims to compare the possibilities of using selected theoretical distributions to model the diameter structure of pine stands of different ages.

The empirical material for the study was collected in the Smardzewice Forest District (central Poland). Six circular sample plots were established, forming a chronosequence of stands from I (1-20 years old) to VI age class (101-120 years old), on a typical for the species site - coniferous forest. In each plot, the diameter at breast height of a minimum of 100 trees was measured. These values were characterized using measures of descriptive statistics. Using the method of maximum likelihood the parameters of theoretical distributions were determined: normal and two-parameter Weibull distribution. The goodness-of-fit of these distributions to empirical data was evaluated using the AIC and BIC information criteria, which made it possible to compare and select a distribution that better approximates the structure of diameters at breast height in pine stands of different age classes. All stands showed a slight positive asymmetry. The normal distribution better approximated the diameter structure in most age classes, except for the youngest stand, where the two-parameter Weibull distribution had a better approximation of the tree diameter distribution.

**Keywords:** scots pine, AIC Criterion, stand structure, managed forest



## Abstrakt

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest głównym gatunkiem lasotwórczym w Polsce. Zajmuje 67% powierzchni leśnej naszego kraju i występuje na prawie wszystkich siedliskach: od suchych i piaszczystych przez żyzne siedliska lasowe, aż po bory bagienne. Drewno sosnowe jest wykorzystywane we wszystkich gałęziach przemysłu drzewnego. Dla gatunku o takim znaczeniu, ważne jest opracowanie modeli charakteryzujących strukturę drzewostanu. Ich zastosowanie jest użyteczne zarówno w teorii jak i w praktyce leśnej, gdzie ułatwia określanie wielu cech drzew i drzewostanów, planowanie zabiegów hodowlanych oraz realizację wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. Istotną częścią składową takich modeli jest struktura pierśnic drzew. Celem pracy jest porównanie możliwości wykorzystania wybranych rozkładów teoretycznych do modelowania struktury grubościowej drzewostanów sosnowych zróżnicowanych pod względem wieku.

Materiał empiryczny do badań zebrano na terenie Nadleśnictwa Smardzewice (środkowa Polska). Założono 6 kołowych powierzchni próbnych, tworzących chronosekwencję drzewostanów od I (1-20 lat) do VI klasy wieku (101-120 lat), na typowym dla sosny siedlisku boru świeżego. Na każdej powierzchni pomierzono pierśnice minimum 100 drzew. Wartości te scharakteryzowano z wykorzystaniem miar statystyki opisowej. Za pomocą metody największej wiarygodności wyznaczono parametry rozkładów teoretycznych: normalnego oraz dwuparametrowego Weibulla. Dopasowanie tych rozkładów do danych empirycznych oceniono za pomocą kryteriów informacyjnych AIC oraz BIC, co pozwoliło na porównanie i wybranie rozkładu lepiej aproksymującego strukturę pierśnic w drzewostanach sosnowych różnych klas wieku. Wszystkie drzewostany wykazały niewielką asymetrię dodatnią. Rozkład normalny okazał się rozkładem lepiej dopasowanym do struktury pierśnic w większości klas wieku, z wyjątkiem najmłodszej I klasy wieku, w której rozkład dwuparametrowy Weibulla cechował się lepszą aproksymacją rozkładu grubości drzew.

**Słowa kluczowe:** sosna zwyczajna, kryterium AIC, struktura drzewostanów, drzewostan gospodarczy

## Utilization of LiDAR Data in Analyses of Peatland Changes in Young Glacial Drainage Basins

### Wykorzystanie danych LiDAR w analizach zmian torfowisk w zlewniach młodoglacjalnych

**Sebastian Czapiewski\***, Danuta Szumińska, Małgorzata Szczepańska

Faculty of Geographical Sciences, Kazimierz Wielki University, Kościeleckich Square 8, 85-033 Bydgoszcz, Poland

\*Corresponding author: seb.czap@ukw.edu.pl

## Abstract

Peatlands represent unique and significant ecosystems characterized by unique biodiversity, playing crucial roles in the carbon balance, water cycle regulation. Observed climate changes, along with anthropogenic drainage of peatlands, lead to their degradation and result in peat mineralization. This in turn causes the emission of carbon dioxide into the atmosphere and the subsidence of peatlands. LiDAR data enable accurate and repeatable measurements of terrain elevation and vegetation, which allows for the monitoring of changes in these elements over time. The aim of our analysis is to examine the possibilities of determining changes in peatland surface elevation and other selected parameters based on LiDAR data.

For the purposes of the analysis, two areas located in the Tuchola Pinewoods mesoregion (north-western Poland), representing a young-glacial geomorphological zone typical of Northern Europe, were designated. These areas are confined within the boundaries of elementary catchments according to the hydrological division. A total of 426 LiDAR data sheets for two time periods (2012-2022) were utilized for both areas under study.

The analysis results allowed for the delineation of 287 peatlands within an area of 18,521.7 ha, with a total surface area of 1,839.96 ha. The range of peatland elevations in the northern part of the Tuchola Pinewoods varied from -24 cm to +8 cm (average change was -3 cm), and in the southern part from -96 cm to +66 cm, with an average

of -9 cm. The elevation variations within the peatlands distinctly distinguish these features from the surrounding terrain.

The conducted research enabled the determination of a methodology for processing LiDAR data to analyze changes within young-glacial catchments, with particular emphasis on the following changes in peatlands:

- Vertical surface changes of peatlands (accumulation and subsidence of peat);
- Land use changes in peatlands and their surroundings (determining the rate of vegetation growth on the peatland and its vicinity);
- Changes in the surface hydrological network of peatlands (maintenance and abandonment of drainage works).

The analysis results indicate that multi-temporal LiDAR data can be utilized to assess the degree of peatland degradation by analyzing changes in their structure and topography.

**Keywords:** peatlands, LiDAR, Tuchola Pinewoods

### **Abstrakt**

Torfowiska stanowią unikalne i istotne ekosystemy o specyficznej bioróżnorodności, pełniące kluczowe role w bilansie węgla, regulacji cyklu wodnego. Obserwowane zmiany klimatu, a także antropogeniczne osuszanie torfowisk powodują ich degradację i prowadzą do mineralizacji torfu. Konsekwencją jest emisja dwutlenku węgla do atmosfery, a także osiadanie torfowisk. Dane LiDAR umożliwiają dokładne i powtarzalne pomiary wysokości powierzchni terenu oraz roślinności, co pozwala na monitorowanie zmian tych elementów w czasie. Celem naszej analizy jest zbadanie możliwości określania zmian wysokości powierzchni torfowisk oraz innych wybranych parametrów na podstawie danych LiDAR.

Na potrzeby analizy wyznaczono dwa obszary zlokalizowane w mezoregionie Borów Tucholskich (północno-zachodnia Polska), reprezentującym młodoglacjalną strefę geomorfologiczną, typową dla północnej Europy. Obszary te zamknięte są w granicach zlewni elementarnych zgodnie z podziałem MPHP. Na potrzeby analizy wykorzystano łącznie 426 arkuszy danych LiDAR dla dwóch okresów czasu (lata 2012-2022) na obu analizowanych obszarach.

Wyniki analiz pozwoliły na delimitację w obrębie powierzchni 18 521.7 ha 287 torfowisk o sumarycznej powierzchni 1 839.96 ha. Zakres wahań rzędnych torfowisk w części północnej Borów Tucholskich mieścił się w przedziale -24 cm do +8 cm (średnia zmian wyniosła -3 cm), w części południowej wyniósł -96 cm do +66 cm, przy średniej -9 cm. Wahania rzędnych w obrębie torfowisk wyraźnie wyróżniają te obiekty w stosunku do otaczającego terenu.

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie metodyki przetwarzania danych LiDAR w celu analizy przekształceń zlewni młodoglacjalnych, ze szczególnym uwzględnieniem następujących zmian w obrębie torfowisk:

- zmiany pionowych powierzchni torfowisk (akumulacja oraz osiadanie torfu);
- zmiany użytkowania torfowisk i ich otoczenia (określenie tempa przyrostu roślinności na torfowisku i w jego otoczeniu);
- zmiany powierzchniowej sieci hydrologicznej na torfowiskach (utrzymanie oraz zaniechanie melioracji).

Wyniki analiz wskazują, że powtarzalne dane LiDAR mogą być wykorzystane do oceny stopnia degradacji torfowisk poprzez analizę zmian w ich strukturze i topografii.

**Słowa kluczowe:** torfowiska, LiDAR, Bory Tucholskie

## Segmentation of forest geospatial data with scale-adaptive superpixels algorithm

### Segmentacja leśnych danych przestrzennych z wykorzystaniem algorytmu superpikseli adaptacyjnych

**Igor Pawelec\***, Paweł Netzel

Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

\*Corresponding author: igor.pawelec@student.urk.edu.pl

#### Abstract

The superpixel algorithm is one of the image segmentation techniques in which pixels are divided into clusters by their color, intensity and texture in order to simplify and reduce image complexity. Superpixels are used in the process of image classification, identifying objects based on similar patterns, detecting potential anomalies and saliency detection (Borlido et al. 2024). In forest geomatics, a variety of superpixel algorithms are used to monitor the condition of forest ecosystems for their further management and can be implemented to contemporary adaptive forest silviculture (Stereńczak 2014; Correa Martins et al. 2021). Analyses are performed for raster big data (Sentinel-2 mission satellite imagery, aerial orthophotomaps) and airborne laser scanning (ALS) data.

The method of generating adaptive superpixels — adaptels — involves creating segments of different sizes while maintaining the intrinsic uniformity characteristic of other superpixel algorithms [Achanta et al. 2018]. Its main advantage is multiscale. That means, unlike other methods, adaptive superpixels do not maintain a constant dimension, shape, and location. In addition, it is not necessary to specify the parameter of the number of superpixels generated for an image along with their starting points (Prakash, Vinoth Kumar 2023).

The performance of the scale-adaptive algorithm, was verified using the following raster data: satellite imagery mosaic for forest tree stands across Poland of the Sentinel-2 mission (ESA) captured for May-June 2022 with a resolution of 10m; aerial ortho-photomap (GUGiK) with a resolution of 0.25m for a tree stand of 25 hectares. In order to compare the results obtained using adaptels, analyses of RGB remote sensing images were performed using SLIC and SLIC0 algorithms.

Calculations of adaptels were performed using an implementation of the algorithm for geospatial raster data in the plGeoAdaptels software. The scikit-image library for Python was used regarding SLIC and SLIC0 analyses.

The results of the analyses indicate that scale-adaptive segmentation method shows high workability and can be applied with success to both geospatial and forest data research.

**Keywords:** superpixels, geospatial data, multiscale

#### Abstrakt

Algorytm superpikseli to jedna z technik segmentacji obrazów, w której piksele grupowane są pod względem koloru, intensywności oraz tekstury w celu uproszczenia i redukcji złożoności obrazu. Superpiksele wykorzystywane są m.in.: w procesie klasyfikacji obrazów, identyfikacji obiektów na podstawie podobnych wzorców, wykrywania nieprawidłowości oraz potencjalnych anomalii oraz analizy poziomu istotności poszczególnych składowych obrazu (Borlido i in. 2024). W geomatyce leśnej, różne warianty algorytmów tworzenia superpikseli służą przede wszystkim monitorowaniu kondycji ekosystemów leśnych dla dalszego zarządzania oraz jako pomocnicze narzędzie wykorzystywane do nowoczesnych technik adaptacyjnej hodowli lasu (Stereńczak 2014; Correa Martins i in. 2021). Analizy wykonywane są zarówno dla dużych zbiorów danych rastrowych (zobrazowania misji Sentinel-2, ortofotomapy lotnicze) oraz danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS).

Metoda generowania superpikseli adaptacyjnych - adapteli - polega na tworzeniu segmentów o różnej wielkości przy zachowaniu wewnętrznej jednorodności charakterystycznej dla innych algorytmów superpikseli (Achanta i in. 2018). Jej główną zaletą jest wieloskalowość czyli, w przeciwieństwie do innych metod, superpiksele adaptacyjne nie utrzymują stałego wymiaru, kształtu oraz lokalizacji. Ponadto, nie jest konieczne określenie parametru liczby superpikseli generowanych dla obrazu wraz z ich punktami początkowymi (Prakash, Vinoth Kumar 2023).

Działanie algorytmu generowania adapteli, sprawdzono z wykorzystaniem następujących danych rastrowych: mozaika zobrazowań satelitarnych misji Sentinel-2 (ESA) wykonana dla okresu maj i czerwiec 2022 roku, o rozdzielczości 10m dla lasów całej Polski; ortofotomapa lotnicza (GUGiK) o rozdzielczości 0,25m dla drzewostanu o powierzchni 25 hektarów. W ramach porównania wyników otrzymanych z wykorzystaniem adapteli, wykonano analizy obrazów teledetekcyjnych RGB z wykorzystaniem algorytmów SLIC oraz SLIC0.

Obliczenia adapteli wykonano wykorzystując implementację tego algorytmu dla przestrzennych danych rastrowych w programie plGeoAdaptels. Do analizy SLIC oraz SLIC0 wykorzystano bibliotekę scikit-image w języku Python.

Wyniki analiz sugerują, że segmentacja przy użyciu metody adaptacyjnych superpikseli wykazuje wysoką elastyczność oraz może być stosowana z powodzeniem dla danych przestrzennych w tym danych leśnych.

**Słowa kluczowe:** superpiksele, dane przestrzenne, wieloskalowość

## **Monitoring invasive species in urban areas using the example of knotweed in Warsaw**

### **Monitoring gatunków inwazyjnych na obszarach miejskich na przykładzie gatunków z rodzaju rdestowiec w Warszawie**

**Kateryna Lipińska**<sup>1\*</sup>, Ewa Rosołowska<sup>2</sup>, Artur Obidziński<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Forest Ecology, Forest Research Institute, Sękocin Stary, 3 Braci Leśnej St., 05-090 Raszyn

<sup>2</sup> Department of Forest Botany, Institute of Forest Sciences, Warsaw University of Life Sciences, 159 Nowoursynowska St., Building 34, 02-787 Warsaw

\*Corresponding author: k.fyalkowska@ibles.waw.pl

#### **Abstract**

When the Alien Species Act comes into force in 2021, land managers will be obliged to monitor and limit the presence of invasive species. The list of invasive species that pose a threat to Poland contained in the 2022 Council of Ministers regulation includes, among others, three knotweed species: Japanese knotweed, Sakhalin knotweed and their hybrid, Czech knotweed. All three species pose a threat to both biodiversity and human property. Monitoring invasive species is costly and time-consuming, which is why efforts are being made to optimize their methods.

The aim of the study was to investigate the extent to which a Google Street View (GSV) survey can be helpful in determining the distribution of knotweed in urban areas. The survey was conducted along 189 streets in Warsaw's Wilanów district. In the period from May to September 2023, the locations previously determined using GSV were verified in the field and new locations were recorded in other places. During the fieldwork, the form of land use was also described (divided into: fallow and wasteland, riverbanks and water areas, roadsides, gardens and mounds).

The Google Street View survey showed the presence of knotweed in 54 places. During fieldwork, knotweed was found in a further 35 sites and three sites recorded in the GSV were not confirmed. This means that 57.8% of the total sites identified were recorded with GSV. Most knotweed sites (62.7 %) were recorded with GSV on roadsides. After taking into account the data from the field survey, this percentage fell to 44.2 %, and the highest knotweed frequency was found on fallow and wasteland areas (24.4 %). The use of Google Street View to detect knotweed works better in highly urbanized areas with high road density and can significantly reduce the cost of this activity than in areas with a large proportion of open land.

**Keywords:** IAS, Reynoutria, Warsaw

#### **Abstrakt**

Wejście w życie ustawy o gatunkach obcych w 2021 roku nałożyło na administratorów gruntów obowiązek monitorowania i ograniczania obecności gatunków inwazyjnych. Na liście gatunków inwazyjnych stwarzających zagrożenie dla Polski, wymienionych w Rozporządzeniu Rady Ministrów z 2022 roku, znajdują się m.in. trzy

gatunki rdestowców: japoński, sachaliński i ich mieszańce rdestowiec czeski. Wszystkie te trzy gatunki stanowią zagrożenie zarówno dla różnorodności biologicznej jak i mienia ludzkiego. Monitoring gatunków inwazyjnych jest koszt- i czasochłonny, więc podejmowane są próby optymalizacji jego metod.

Celem badań było sprawdzenie na ile inwentaryzacja przy pomocy narzędzia Google Street View (GSV) może być pomocna w rozpoznaniu rozmieszczenia rdestowców na terenie miejskim. Badania przeprowadzono w dzielnicy Wilanów miasta Warszawy, wzdłuż 189 ulic. Następnie w okresie maj-wrzesień 2023 roku zweryfikowano w terenie stanowiska w lokalizacjach wcześniej określonych za pomocą GSV i odnotowano nowe w innych miejscach. Podczas prac terenowych opisano również formę użytkowania terenu (z podziałem na: odłogi i nieużytki; brzegi rzek i okolice wód; przydroża; ogródki i przychacie).

Rejestracja wykonana za pomocą Google Street View wykazała występowanie rdestowców w 54 lokalizacjach. Prace terenowe pozwoliły wykryć rdestowce dodatkowo na 35 stanowiskach, a trzech stanowisk zarejestrowanych na GSV nie potwierdzono. Oznacza to, że przy użyciu GSV zarejestrowano 57,8% stwierdzonych łącznie stanowisk. Rejestracja rdestowców za pomocą GSV największą liczbę stanowisk (62,7%) wykazała na przydrożach. Po uwzględnieniu danych z penetracji terenowej odsetek ten spadł do 44,2%, a następnie największą frekwencję rdestowce wykazały na odłogach i nieużytkach (24,4%). Użycie Google Street View do inwentaryzacji rdestowców lepiej się sprawdza na terenach silnie zurbanizowanych o znacznym zagęszczeniu ulic i może tam znacząco obniżyć koszty tego działania niż na terenach z dużym udziałem terenów otwartych.

**Słowa kluczowe:** IGO, rdestowiec, Warszawa

## **The impact of climate change on the accelerating crisis for nature in the United Kingdom**

### **Wpływ zmian klimatycznych na pogłębiający się kryzys przyrodniczy w Wielkiej Brytanii**

Natalia Michałowska\*

\*Corresponding author: nmichalowska86@gmail.com

#### **Abstract**

Global average temperatures have increased from 13.7°C to 14.3°C in the last 100 years. The 1990s was the warmest decade in the last 1,000 years. Climate change is a threat for the natural environment and ecosystems, and therefore human life. The main cause of global warming is the increase in greenhouse gas emissions, almost entirely caused by human activity. This expansion is mainly caused by: burning fossil fuels for energy, agriculture and deforestation, as well as the production of cement, chemicals and metals. About 43% of the carbon dioxide is produced into the atmosphere, and the rest is absorbed by plants and oceans. The effects of it include warming oceans, melting polar ice and glaciers, rising sea levels, and extreme weather events such as changes in weather patterns and an increase in extreme weather events such as droughts, wildfires, floods and storms. Heavier rainfall with an increased risk of flooding, higher sea levels with larger storm surges are putting pressure on the UK's coastal defenses, as well as larger and longer-lasting heatwaves. In recent years, we have observed an increase in climate-related diseases and disasters affecting people and wildlife around the world.

UK woodland stores 213 million tonnes of carbon in living trees. Woods and trees are a natural solution to the climate crisis. Unfortunately, woodland cover in the UK is low and states only 13% compared with the EU average of 37%. The UK's forest cover needs to be 19% to achieve its zero carbon target by 2050.

A young wood with mixed native species would accumulate in trees, roots and soil 400+ tonnes carbon per hectare. Examples of climate-induced impacts include beech *Fagus sylvatica* L. suffering from increased summer drought stress, particularly in south-east England, and oak *Quercus robur* L. which is coming into leaf three weeks earlier than in the 1950s. The Scottish crossbill *Loxia scotica* is the only British bird species that is found nowhere else in the world. It is at risk of extinction because the climate is unsuitable. Other species are moving further north as temperatures rise and habitats change.

**Keywords:** climate change, carbon net zero emissions, native species, woodland creation, woodland cover

#### **Abstrakt**

W ciągu ostatnich 100 lat średnia temperatura na świecie wzrosła z 13,7°C do 14,3°C, zaś lata dziewięćdziesiąte były najcieplejszą dekadą w ciągu ostatniego tysiąclecia. Dynamiczne zmiany klimatyczne stanowią zagrożenie dla środowiska naturalnego i ekosystemów, a co za tym idzie – życia ludzkiego. Główną przyczyną globalnego ocieplenia jest wzrost emisji gazów cieplarnianych, prawie w całości spowodowany działalnością człowieka. Emisja ta spowodowana jest głównie: spalaniem paliw kopalnych dla celów energetycznych, rozwojem rolnictwa i postępującym wylesianiem, a także produkcją cementu, chemikaliów oraz wydobyciem metali. Około 43% dwutlenku węgla jest emitowane do atmosfery, a pozostała część jest pochłaniana przez rośliny i oceany. Zmiany klimatyczne wpływają na ocieplenie oceanów, czego skutkami są topniejące lody i lodowce polarne, podnoszące się poziomy mórz oraz ekstremalne zjawiska pogodowe. Odnotowano również zmiany we wzorcach pogodowych oraz wzrost liczby ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak susze, pożary, powodzie oraz burze. Większe opady deszczu powodujące ryzyko powodzi, wyższy poziom mórz i większe fale sztormowe wywierają presję na ochronę wybrzeża Wielkiej Brytanii. W ostatnich latach zaobserwowano wzrost liczby chorób i katastrof związanych z klimatem, które dotyczą ludzi i dziką przyrodę na całym świecie.

Lasy Wielkiej Brytanii kumulują 213 milionów ton węgla w żywych drzewach. Lasy i drzewa są naturalnym rozwiązaniem kryzysu klimatycznego. Niestety lesistość Wielkiej Brytanii jest niska i wynosi zaledwie 13% w porównaniu ze średnią UE wynoszącą 37%. By osiągnąć cel zerowej emisji dwutlenku węgla do 2050 roku lesistość Wielkiej Brytanii musi wynosić 19%. Młody las z mieszanymi gatunkami rodzimymi gromadziłby ponad 400 ton węgla na hektar.

Przykłady negatywnych skutków klimatycznych ujawniają się u buka *Fagus sylvatica* L. cierpiącego na zwiększony stres związany z suszą w lecie, szczególnie w południowo-wschodniej Anglii oraz u dębu *Quercus robur* L., którego fenologia kwitnienia rozpoczyna się trzy tygodnie wcześniej niż w latach pięćdziesiątych. Zmiany wpływają również na faunę, przykładem jest szkocki krzyżodziób *Loxia scotica*, który jako jedyny brytyjski gatunek ptaka, nie występuje nigdzie indziej na świecie. Jest zagrożony wyginięciem ze względu na nieodpowiedni klimat. Inne gatunki przemieszczają się dalej na północ wraz ze wzrostem temperatury i zmianą siedlisk.

**Słowa kluczowe:** zmiana klimatu, zerowa emisja netto dwutlenku węgla, gatunki rodzime, tworzenie lasów, pokrycie lasów.

## **Assessment of the impact of historical mining activities on landscape planning in the Olkusz region**

## **Ocena wpływu historycznej działalności górniczej na gospodarkę przestrzenną w rejonie olkuskim**

**Agata Wrońska\***, Slávka Gałaś

Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, Department of Environmental Analysis, Cartography and Economic Geology, AGH University of Krakow, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

\*Corresponding author: wronska@student.agh.edu.pl

### **Abstract**

The aim of this poster is to present the changes in spatial management that took place in the area of the town of Olkusz, as a result of historical mining. The topic mainly concerns the assessment of the changes in land development and use, development of communication infrastructure, change in water conditions, landscape transformation and its effects. It will also include a brief introduction to the currently proposed possibilities of new methods of spatial development and use.

This project is co-financed by the Polish National Agency for Academic Exchange.

**Keywords:** landscape planning, lands use changes, landscape transformation, historical mining, Olkusz

## Abstrakt

Poster ma na celu przedstawienie zmian w gospodarce przestrzennej, jakie zaszły na obszarze miasta Olkusz w wyniku historycznego górnictwa. Temat ten dotyczy przede wszystkim oceny zmian zagospodarowania oraz użytkowania gruntów, rozwoju infrastruktury komunikacyjnej, zmian uwarunkowań wodnych, przekształcenia krajobrazu i jego skutków. Zawrze również krótkie zapoznanie z obecnie proponowanymi możliwościami nowych sposobów zagospodarowania i użytkowania przestrzennego.

Badania prowadzone są w ramach projektu współfinansowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej.

**Słowa kluczowe:** zagospodarowanie przestrzenne, zmiany użytkowania gruntów, przekształcenia krajobrazu, historyczne górnictwo, Olkusz

## **Climate-driven Spatio-temporal Disease Pattern of *Uromycladium falcatarium* (Doungsa-ard, McTaggart & R.G. Shivas) to Falcata Tree Plantations in Mindanao, Philippines**

### **Wpływ zmian klimatu na czasowo – przestrzenne wzorce choroby *Uromycladium falcatarium* (Doungsa-ard, McTaggart & R.G. Shivas) w plantacjach drzewa falcata na wyspie Mindanao, Filipiny**

**Garry Marapao**<sup>1,3</sup>, Rex Victor Cruz<sup>2</sup>, Cristino Tiburan Jr.<sup>2</sup>, Mutya Ma. Manalo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Krakow, Poland

<sup>2</sup> College of Forestry and Natural Resources, University of the Philippines Los Baños, 4031 Laguna, Philippines

<sup>3</sup> College of Agriculture and Forestry, Mindanao State University at Naawan, Pedro Pagalan St., Poblacion, Naawan, Misamis Oriental, Philippines

\*Corresponding author: garry.marapao@student.urk.edu.pl

## Abstract

This study is about the modeling of infestation and distribution of rust fungus *Uromycladium falcatarium* (Doungsa-ard, McTaggart & R.G. Shivas) as influenced by physical and climatic factors which causes the prevalence of gall-rust disease on *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes tree plantations in Mindanao.

A machine-learning algorithm based on maximum entropy statistics was used to model the distribution using environmental layers based on the four (4) Representative Concentration Pathway scenarios together with physical layers at three time periods. The Maxent model output for current climate performed better with an AUC of 0.852. Future distribution models also performed better with an AUC ranging from 0.835 to 0.859. The study shows that precipitation highly influences the development of rust fungus in Northern Mindanao. The result also indicated that the model rust distribution and climate classes in the study area is highly correlated. Prediction maps show that Bukidnon and Misamis Oriental were the core areas favorable for the rust fungus infestation. Regularised gain change and jackknife test revealed that vegetation, annual precipitation, precipitation of the driest quarter and precipitation seasonality were the most influential variables affecting rust fungus distribution. The study concludes that varying environmental conditions and changing climate influence the infestation and the geographical disease pattern of *U. falcatarium*. In particular, higher precipitation and lower precipitation seasonality had a detrimental effect on *U. falcatarium*, hence, declining distribution in the future.

**Keywords:** disease infestation, tree plantation, climate envelope modelling, climate change

## Abstrakt

Niniejsze badanie dotyczy modelowania porażenia i rozprzestrzeniania się grzyba *Uromycladium falcatarium* (Doungsa-ard, McTaggart & R.G. Shivas), której rozwój jest uwarunkowany przez czynniki fizyczne

i klimatyczne, powodujące występowanie choroby rdzy guzowej na plantacjach drzew *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes na wyspie Mindanao.

Do modelowania rozprzestrzeniania *U. falcatarium* wykorzystano algorytm uczenia maszynowego opartego na statystyce maksymalnej entropii, z wykorzystaniem warstw środowiskowych opartych na czterech (4) scenariuszach Representative Concentration Pathway wraz z warstwami fizycznymi dla trzech okresów czasowych. Wynik modelu Maxent dla obecnych warunków klimatycznych był lepszy z AUC wynoszącym 0,852. Modele przyszłego rozprzestrzeniania również osiągnęły lepsze wyniki, z AUC w zakresie od 0,835 do 0,859. Badanie pokazuje, że opady mają duży wpływ na rozwój *U. falcatarium* w północnym Mindanao. Wynik wskazuje również na silną korelację rozprzestrzeniania się *U. falcatarium* z klasami klimatycznymi na terenie badań. Mapy predykcji pokazują, że Bukidnon i Misamis Oriental to główne obszary sprzyjające porażeniu przez *U. falcatarium*. Testy statystyczne wykazały, że najsilniejszy wpływ na porażenie oraz geograficzny wzorzec choroby *U. falcatarium*, mają zmienne: wegetacja, roczne opady, opady w najbardziej suchym kwartale i sezonowość opadów. Badanie potwierdziło, że zmienne warunki środowiskowe i zmieniający się klimat wpływają na porażenie oraz geograficzny wzorzec choroby *U. falcatarium*. W szczególności, wyższe opady i niższa sezonowość opadów miały negatywny wpływ na *U. falcatarium*, co w przyszłości spowoduje spadek jego rozprzestrzeniania się.

**Słowa kluczowe:** porażenie chorobą, sadzenie drzew, modelowanie wpływu zmian klimatu, zmiany klimatyczne

## **River monitoring in the Lower Mekong Basin with L-band SMAP satellite data**

### **Monitorowanie rzek w dorzeczu Dolnego Mekongu z wykorzystaniem danych satelitarnych w paśmie L z misji SMAP**

**Anna Podkova**<sup>1\*</sup>, Son V. Nghiem<sup>2</sup>, Zsófia Kugler<sup>3</sup>, G. Robert Brakenridge<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Geodesy and Cartography, Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems, Warsaw University of Technology, Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, CA 91106, U.S.A

<sup>3</sup>Budapest University of Technology and Economics, 1111 Budapest, Muegyetem rkp. 3-9, Hungary

<sup>4</sup>INSTAAR, University of Colorado, 4001 Discovery Dr. Office N142, Boulder CO, U.S.A.

\*Corresponding author: anna.podkova@pw.edu.pl

#### **Abstract**

Water resources and their proper management constitute an immensely important aspect in the face of human modifications to the environment under a changing climate. These necessitate an urgent requirement for continuous monitoring of water bodies across diverse locations, including inaccessible areas and extensive gaps where in-situ measurements are unavailable. In this regard, the ability to utilize free, high-temporal-resolution, and large spatial coverage data from long-term and frequent satellite observations are crucial. Such capabilities are provided by passive microwave radiometry (PMR) data acquired by the NASA Soil Moisture Active and Passive (SMAP) satellite in the L-band. Satellite PMR data, among other remote sensing observations, have major advantages: Independence of atmospheric conditions (e.g., cloud cover), solar illumination, and wide swath ensuring near-daily global coverage.

In this study, SMAP data were utilized to demonstrate SMAP capabilities to measure and monitor river stage in the Lower Mekong Basin. This region in Southeast Asia with the largest freshwater fishery has been undergoing serious transformations that alter the environment due to human activities, such as the construction of dams and canal, and exacerbate climate change effects.

The PMR method can provide critical decadal information for monitoring river water conditions and contribute to assessing impacts of environmental changes in the Lower Mekong Basin. Such a method can also be applied to different river basins across the world.



**Keywords:** passive microwave radiometry, remote sensing, climate change, satellite data, river stage

#### **Abstrakt**

Zasoby wodne oraz ich efektywne zarządzanie są niezwykle ważnymi aspektami w kontekście antropogenicznych modyfikacji środowiska i zmian klimatycznych. W odpowiedzi na te wyzwania, jednym z kluczowych zadań staje się ciągle monitorowanie obiektów wodnych na wielu różnych obszarach, także tych trudno dostępnych dla tradycyjnych pomiarów terenowych. W związku z powyższym, szczególnie wartościowe będą bezpłatne dane satelitarne o wysokiej rozdzielczości czasowej i dużym zasięgu przestrzennym. Takie możliwości oferują pasywne dane mikrofalowe pozyskiwane przez satelitę NASA Soil Moisture Active and Passive (SMAP) w paśmie L. Dane te, wśród innych obserwacji teledetekcyjnych, wyróżnia niezależność od warunków atmosferycznych (np. zachmurzenia) i oświetlenia słonecznego oraz szeroki pas skanowania, które zapewniają niemal codzienne obserwacje o zasięgu globalnym.

W ramach niniejszego badania wykorzystano dane z satelity SMAP, aby przedstawić potencjał pasywnej radiometrii mikrofalowej w monitorowaniu stanu rzek na przykładzie dorzecza Dolnego Mekongu. Jest to region obejmujący największe w Azji Południowo-Wschodniej łowisko słodkowodne - system rzeczny Mekongu, który poddawany jest znaczącym przemianom w wyniku działalności człowieka, takiej jak budowa tam i kanału, a negatywne skutki tych działań są dodatkowo nasilane przez zmiany klimatyczne.

Zastosowanie pasywnych danych mikrofalowych oraz opracowana metodologia mogą stanowić cenne narzędzie w monitorowaniu rzek oraz ocenie wpływu zmian środowiskowych w dorzeczu Dolnego Mekongu, a także znaleźć zastosowanie w innych regionach świata.

**Słowa kluczowe:** pasywna radiometria mikrofalowa, teledetekcja, zmiany klimatu, dane satelitarne, stan rzeki

### **Technological innovation used in the development of forest tourism and forest recreation in Poland as illustrated with the example of the tourist and recreational offer of the State Forest Holding – State Forests (SF)**

#### **Innowacyjność technologiczna wykorzystywana w rozwoju sylwaturystyki i sylwerekreacji w Polsce na przykładzie oferty turystyczno – rekreacyjnej Państwowego Gospodarstwa Leśnego – Lasów Państwowych (PGL LP)**

Patrycja Essing-Jelonkiewicz\*, Monika Kozłowska-Adamczak

Faculty of Geographical Sciences, Kazimierz Wielki University, Kościeleckich Square 8, 85-033 Bydgoszcz, Poland

\*Corresponding author: p.essing@ukw.edu.pl

#### **Abstract**

Activities aimed at making forests available in Poland focus on providing forest users with safe and interesting leisure activities while protecting natural resources. Innovative improvements as well as new information and communication technologies (e.g. websites and online platforms, mobile applications, GPS, etc.) are increasingly often implemented to address the needs of people pursuing forest tourism (the so-called silvatourism) and recreation in forest areas. These solutions have been widely applied with regard to information and services in other tourist sectors, and will likely replace the traditional sightseeing information system. Thus, technological innovation enabling active leisure in forest areas contributes to the development of the non-productive role of forests (in particular the tourist, leisure and recreational functions). As far as development of forest tourism in Poland is concerned, this can be illustrated with the example of recent tourist and recreational offer of the State Forest Holding – State Forests (SF), which employs information and communication technologies such as mobile applications, social media, as well as websites and portals or Internet television on YouTube. The most recent example of such an innovative offer for the enthusiasts of active forms of recreation in the forest is the SF programme "Stay Overnight in the Forest" (promoting dispersed camping in forested areas), which is currently linked to the website of the Forest Tourist Guide ([www.czaswlas.pl](http://www.czaswlas.pl)), and since 2021 to the Forest Data Bank (mBDL) mobile application.

The presentation seeks to demonstrate present-day endeavours related to the development of a new tourist offer in Poland involving the forest areas belonging the State Forest Holding – State Forests (SF). Innovative solutions paired with modern information and communication technologies such as mobile applications, social media, websites, web portals and YouTube TV can support the development of forest tourism and forest recreation in Poland, and thus contribute to the growth of the non-productive (i.e. social) role of forests and, in particular, the tourist and leisure function of the Polish forests. Particular emphasis is placed on the importance of the "Stay Overnight in the Forest" programme and the related mBDL mobile application, which are crucial in promoting the modern tourist and recreational offer in the forest areas of Poland.

**Keywords:** the forest tourism and forest recreation, the new information and communications technologies (ICTs) in forest tourism and recreation

### **Abstrakt**

Działania na rzecz udostępniania lasów w Polsce skupiają się na zapewnieniu osobom korzystającym z lasu, bezpiecznego i ciekawego wypoczynku przy jednoczesnej ochronie zasobów przyrodniczych. W nawiązaniu do potrzeb osób uprawiających turystykę leśną (tzw. sylwaturystykę) i rekreację na obszarach leśnych (sylwarekreację) wprowadza się coraz częściej innowacyjne usprawnienia i nowe technologie informacyjno-komunikacyjne (np. witryny i platformy internetowe, aplikacje mobilne, GPS itp.), które do tej pory znalazły szerokie zastosowanie w dostępie do informacji i usług turystycznych w innych sektorach gospodarki turystycznej, a które obecnie zastępują dotychczasowy system tradycyjnej informacji krajoznawczej. W ten sposób innowacyjność technologiczna pozwalająca na aktywne spędzanie czasu wolnego na obszarach leśnych przyczynia się do rozwoju pozaprodukcyjnej roli lasu (a w szczególności funkcji turystyczno-wypoczynkowej i rekreacyjnej). W przypadku rozwoju turystyki leśnej w Polsce takim przykładem może być współczesna oferta turystyczno – rekreacyjna Państwowego Gospodarstwa Leśnego - Lasów Państwowych (PGL LP) umożliwiająca wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych w postaci aplikacji mobilnych, social mediów, a także witryn i portali internetowych czy internetowej telewizji na kanale YouTube. Najnowszym przykładem takiej innowacyjnej propozycji dla wszystkich entuzjastów aktywnych form wypoczynku w lesie jest program LP „Zanocuj w lesie” (dot. udostępniania obszarów leśnych celem biwakowania rozproszonego) powiązany aktualnie z internetową witryną Leśnego Przewodnika Turystycznego ([www.czaswlas.pl](http://www.czaswlas.pl)), a od 2021 r. z aplikacją mobilną Bank Danych o Lesie (mBDL).

Celem wystąpienia jest próba ukazania współczesnych działań związanych z tworzeniem nowej oferty turystycznej w Polsce na obszarach leśnych pozostających w zasobach Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP). Jednocześnie pokazania, że innowacyjne usprawnienia oraz nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne takie jak aplikacje mobilne, media społecznościowe, strony internetowe, portale internetowe i YouTube TV, wykorzystane na rzecz rozwoju turystyki leśnej i rekreacji leśnej w Polsce, mogą przyczynić się do wzrostu pozaprodukcyjnej (tj. społecznej) roli lasu, a w szczególności funkcji turystycznej i wypoczynkowej w polskich lasach.

**Słowa kluczowe:** sylwaturystyka i sylwarekreacja, nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne w turystyce i rekreacji leśnej

## **Modeling of potential high vegetation**

### **Modelowanie potencjalnej roślinności wysokiej**

**Oskar Graszka\***, Katarzyna Osińska-Skotak

Faculty of Geodesy and Cartography, Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems, Warsaw University of Technology, Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: [oskar.graszka@pw.edu.pl](mailto:oskar.graszka@pw.edu.pl)

## Abstract

The creation of Digital Surface Models or Canopy Height Models of real vegetation is not currently a major technological challenge. Such models are primarily created by appropriate processing of LiDAR point clouds.

The poster presents the results of attempts to create an algorithm for generating a theoretical digital model of high vegetation that could occur in a place currently devoid of this vegetation if it were to regenerate naturally. The algorithm takes into account the aspect of randomness of the location of trees in a natural forest, as well as the dependence of their height and shape on the density of trees in the vicinity. The Canopy Height Models of potential vegetation can be used in the analysis of changes in visibility, shading and solar radiation of the understory. It may also prove helpful when modelling the consequences of renaturalization and natural plant succession.

**Keywords:** GIS, CHM, DSM

## Abstrakt

Tworzenie numerycznych modeli pokrycia terenu lub numerycznych modeli rzeczywistej roślinności nie stanowi obecnie większego wyzwania technologicznego. Takie modele tworzy się przede wszystkim w drodze odpowiedniego przetworzenia chmur punktów pochodzących ze skaningu laserowego.

Na posterze zaprezentowano wyniki prac będących próbą stworzenia algorytmu generowania teoretycznego modelu roślinności wysokiej, jaka mogłaby wystąpić w miejscu obecnie tej roślinności pozbawionym, gdyby odnowiła się ona w sposób naturalny. Algorytm uwzględnia aspekt losowości lokalizacji drzew w lesie naturalnym, a także zależności ich wysokości i pokroju od zagęszczenia drzew w sąsiedztwie. Model potencjalnej roślinności może znaleźć zastosowanie w analizach zmian widoczności, zacielenia czy słonecznego napromieniowania podszytu. Może się okazać także pomocny podczas modelowania następstw renaturyzacji i naturalnej sukcesji roślinnej.

**Słowa kluczowe:** GIS, CHM, DSM

## Forest fire danger in the 2023 fire season

### Zagrożenie pożarowe lasu w sezonie palności 2023 roku

Damian Czubak\*

Forest Fire Protection Laboratory, Forest Research Institute, 3 Braci Lesnej St., Sekocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: d.czubak@ibles.waw.pl

## Abstract

The fire season in Poland lasts from the beginning of April to the end of September. During last year's fire season, 2,741 forest fires were registered. The average daily number of forest fires in the analysed period was 15, while the highest number was recorded on 11.06.2023 with 82 forest fires. With the help of GIS, it was possible to analyse these fires in relation to their location. The average number of forest fires per season for the Regional Directorates of State Forests (RDSFs) was 161. The highest number of fires per fire season occurred in the RDSF in Warsaw (528). In contrast, the lowest number occurred in southern Poland: RDSF Krosno 18 and Krakow 11 incidents. The average total area burnt in the RDSF during the fire season was 41.45 hectares, and the largest area was found in the RDSF Białystok. By overlaying a grid of squares with a resolution of 10 kilometres on the Polish territory and assigning the number of fires to each of these squares, it was possible to determine the areas with the highest number of fires. The areas most threatened by forest fires are located in the centre of the Warsaw RDSF. In the south-eastern part of Poland (RDSF Lublin, RDSF Krosno, RDSF Krakow), on the other hand, there are significantly fewer of them.

A method developed at the Forest Research Institute is used to assess the risk of forest fires in Poland. Calculations are carried out on the basis of current and past meteorological conditions, the result of which is the determination of the current and predicted Fire Danger Index (FDI). The calculations are carried out daily during the fire season

at 9:00 am and 1:00 pm for each of the 60 forecast zones in Poland. The highest average FDI for the fire season was recorded in zone 7\_C (the northern part of the Mazowieckie Voivodeship) and zone 9\_D (the south-western part of the Wielkopolskie Voivodeship) and was 1.6. The lowest average FDI, on the other hand, was recorded in the southern part of Poland. The national FDI (average value for all zones) at 9:00 am showed a very strong correlation coefficient with the daily number of fires and a strong correlation coefficient at 13:00 pm.

The results of the average FDI in each zone were consistent with the occurrence of fires in these locations.

**Keywords:** forest, fire danger, fire season

### **Abstrakt**

Sezon palności w Polsce trwa od początku kwietnia do końca września. W ubiegłorocznym sezonie palności odnotowano 2 741 pożarów lasu. Średnia dobową liczbą pożarów lasu w analizowanym okresie wyniosła 15, natomiast największa ich liczba została odnotowana 11.06.2023 r. z liczbą 82 pożarów lasu. Przy użyciu Systemów Informacji Przestrzennej możliwe było analizowanie ich w kontekście lokalizacji. Średnia liczba pożarów lasu w sezonie dla regionalnych dyrekcji lasów państwowych (RDLP) wyniosła 161. Największa liczba pożarów w sezonie palności wystąpiła w RDLP w Warszawie (528). Natomiast najmniejsza liczba dotyczyła południa Polski; RDLP w Krośnie 18 i Krakowie 11 zdarzeń. Średnia całkowita powierzchnia spalona w sezonie palności dla RDLP wyniosła 41,45 hektara, a największa powierzchnia charakteryzowała tereny RDLP w Białymstoku. Nałożenie siatki kwadratów o rozdzielczości 10 kilometrów na teren Polski i przypisanie każdemu z nich liczby pożarów pozwoliło na wskazanie obszarów z największą liczbą pożarów. Terenami najbardziej narażonymi na wystąpienie pożaru lasu są tereny w centrum RDLP W Warszawie. Natomiast w południowo-wschodniej części Polski (RDLP Lublin, RDLP Krosno, RDLP Kraków) występuje ich znacznie mniej.

Do oceny zagrożenia pożarowego lasu w Polsce wykorzystuje się metodę opracowaną w Instytucie Badawczym Leśnictwa. Na podstawie obecnych i przeszłych warunków meteorologicznych dokonywane są obliczenia, których wynikiem jest określenie obecnego i prognozowanego Stopnia Zagrożenia Pożarowego Lasu (SZPL). Obliczenia są wykonywane codziennie w okresie sezonu palności o godzinie 9:00 i 13:00 dla każdej z 60 stref prognostycznych na terenie Polski. Najwyższa średnia wartość SZPL dla sezonu palności wystąpiła w strefie 7\_C (północna część województwa mazowieckiego) i strefie 9\_D (południowo-zachodnia część województwa wielkopolskiego) i wyniosła 1,6. Natomiast najniższy średni SZPL wystąpił w południowej części Polski. Ogólnokrajowy SZPL (średnia wartość dla wszystkich stref) o godzinie 9:00 charakteryzował się bardzo silnym współczynnikiem korelacji z dobową liczbą pożarów i silnym współczynnikiem korelacji o godzinie 13:00.

Wyniki średniego SZPL w poszczególnych strefach pokryły się z występowaniem pożarów w tych lokalizacjach.

**Słowa kluczowe:** las, zagrożenie pożarowe, sezon palności

## **Modeling horizontal distribution of tree crown biomass by terrestrial laser scanning**

### **Modelowanie poziomego rozkładu biomasy koron drzew przy użyciu naziemnego skanowania laserowego**

**Muluken N. Bazezew\***, Nils Griese, Lutz Fehrmann, Christoph Kleinn, Nils Nölke

Department of Forest Inventory and Remote Sensing, Georg-August University of Göttingen, 37077 Göttingen, Büsgenweg 5, Germany

\*Corresponding author: mbazeze@uni-goettingen.de

### **Abstract**

Tree crown biomass is rarely assessed individually in forest monitoring. When it is to be reported, conversion factors are commonly used to predict crown biomass as a function of stem biomass. Furthermore, in the conventional methods, the predicted total crown biomass is assigned exclusively to the geolocation of the tree stumps. This contrasts with the reality that crown biomass is spatially distributed over the entire crown projection area of the trees.

In this study, we investigated the “Horizontal Biomass Distribution (HBD)” model, which serves to depict the crown biomass distribution spatially over the crown projection area of the respective tree: here, the individual tree crown biomass is modeled as a continuous distribution within the area defined by the crown projection. We examined empirical HBD prediction models: (1) Weibull distribution; and (2) segmented polynomial regression; which describe the biomass contained up to a given crown radius on horizontal projections (as a function of the horizontal distance from the stem). The approach was demonstrated using terrestrial laser scanning (TLS) on a sample of 33 trees of eight species outside forests.

We found that (1) based on the fitted statistical values, the segmented polynomial regression model revealed better performance in defining the HBD for various tree species; (2) a certain variability in HBD patterns was observed between study trees, with the variability being more pronounced between species than within species; and (3) the methodological approaches employed using TLS proxies were found to be a convenient pathway to non-destructively describe HBD, which is otherwise impractical with direct or field measurements.

**Keywords:** conventional methods, crown biomass, horizontal biomass distribution, segmented polynomial regression model, TLS, Weibull distribution model

### **Abstrakt**

Biomasa koron drzew rzadko jest oceniana indywidualnie w ramach monitoringu lasu. Gdy istnieje potrzeba jej raportowania, powszechnie używa się współczynników konwersji do szacowania biomasy korony jako funkcji biomasy pnia. Ponadto, w tradycyjnych metodach, przewidywana całkowita biomasa korony jest przypisywana wyłącznie do geolokalizacji pni drzew. Kontrastuje to z rzeczywistością, że biomasa korony jest przestrzennie rozłożona na całym obszarze projekcji korony drzew.

W tej pracy badaliśmy model „Horyzontalnego Rozkładu Biomasy (HBD)”, który służy do przedstawienia przestrzennego rozkładu biomasy korony na obszarze projekcji korony danego drzewa: tutaj indywidualna biomasa korony drzewa jest modelowana jako ciągły rozkład w obszarze określonym przez projekcję korony. Zbadaliśmy empiryczne modele predykcji HBD: (1) rozkład Weibulla; oraz (2) segmentowaną regresję wielomianową; które opisują biomasa zawartą do danego promienia korony na horyzontalnych projekcjach (jako funkcję odległości poziomej od pnia). Podejście to zostało zademonstrowane przy użyciu naziemnego skanowania laserowego (TLS) na próbie 33 drzew ośmiu gatunków poza granicami lasu.

Stwierdziliśmy, że (1) na podstawie dopasowanych wartości statystycznych, model segmentowanej regresji wielomianowej wykazał lepszą wydajność w definiowaniu HBD dla różnych gatunków drzew; (2) pewna zmienność wzorców HBD była obserwowana między badanymi drzewami, przy czym zmienność była bardziej wyraźna między gatunkami niż w obrębie gatunków; oraz (3) zastosowane podejścia metodologiczne z wykorzystaniem wskaźników TLS okazały się dogodną ścieżką do nieniszczącego opisu HBD, co w przeciwnym razie jest niepraktyczne przy bezpośrednich pomiarach terenowych.

**Słowa kluczowe:** metody tradycyjne, biomasa koron, poziomy rozkład biomasy, model segmentowy regresji wielomianowej, TLS, model rozkładu Weibulla

## **Detecting Trees from World-view 3 Satellite Imagery Using Detection Transformers**

### **Wykrywanie drzew na zdjęciach satelitarnych WorldView-3 przy użyciu transformatorów detekcyjnych**

**Tao Jiang\***, Christoph Kleinn

Department of Forest Inventory and Remote Sensing, Georg-August University of Göttingen, 37077 Göttingen, Büsgenweg 5, Germany

\*Corresponding author: tao.jiang@forst.uni-goettingen.de

### **Abstract**

High-resolution satellite imagery serves as a pivotal tool for comprehensive tree monitoring at both national and local scales. However, the accurate identification of individual trees in this satellite imagery remains a challenge due to the heterogeneous nature of tree crowns and spectral similarities with other vegetation.

In this study, we trained a detection Transformer, DETR with improved denoising anchor (DINO), using 21160 tree crown bounding boxes manually labelled on Worldview 3 high-resolution imagery. Furthermore, we proposed a two-level tiling inference workflow coupled with a refined Non-Maximum Suppression (NMS) to detect trees along the urban-rural gradient (i.e., 265 km<sup>2</sup>) in Bengaluru.

Comparative analyses underscore the superior detection performance of DINO with a SWIN Transformer as backbone, exhibiting an F1 score of 74% and an AP of 76%, surpassing other models such as Faster RCNN, YOLO, Retina-net, DETR, Deformable-DETR, and DINO-Res50. The proposed inference workflow is also tested on another two locations (i.e., Delhi and Shanghai), reaching an F1 score of 87% and 73% respectively. This study explores the ability of Transformers to detect individual trees and provides an effective approach for large-scale tree detection based on high-resolution imagery.

**Keywords:** individual tree detection, transformer model, high resolution satellite imagery, deep learning

### Abstrakt

Wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne stanowią kluczowe narzędzie do kompleksowego monitoringu drzew na skalę krajową i lokalną. Jednak dokładna identyfikacja pojedynczych drzew na tych zdjęciach pozostaje wyzwaniem z powodu heterogenicznej natury koron drzew i spektralnych podobieństw do innej roślinności.

W niniejszym badaniu przeszkoliliśmy detekcyjny transformator, DETR z ulepszonym zakotwiczeniem redukującym szum (DINO), używając 21160 ręcznie oznakowanych obszarów wyodrębniających korony drzew na wysokorozdzielczych zdjęciach Worldview 3. Ponadto zaproponowaliśmy dwupoziomowy przepływ wnioskowania z wykorzystaniem udoskonalonej metody tłumienia maksimum (NMS), aby wykrywać drzewa wzdłuż gradientu miejsko-wiejskiego (tj. 265 km<sup>2</sup>) w Bengaluru.

Analizy porównawcze podkreślają wyższą wydajność detekcji DINO z transformatorowym modelem SWIN w roli podstawy, osiągając wynik F1 na poziomie 74% oraz AP na poziomie 76%, przewyższając inne modele takie jak Faster RCNN, YOLO, Retina-net, DETR, Deformable-DETR i DINO-Res50. Proponowany przepływ wnioskowania został również przetestowany w dwóch innych lokalizacjach (tj. Delhi i Szanghaj), osiągając wynik F1 odpowiednio 87% i 73%.

Badanie to analizuje zdolność transformatorów do wykrywania pojedynczych drzew i zapewnia skuteczne podejście do wykrywania drzew na dużą skalę na podstawie wysokorozdzielczych obrazów.

**Słowa kluczowe:** detekcja pojedynczych drzew, model transformer, wysokorozdzielcze dane satelitarne, uczenie głębokie

## Bioclimatic variables and their impact on the potential distribution of *Brenneria goodwinii* in Europe

### Zmienne bioklimatyczne i ich wpływ na potencjalne rozprzestrzenienie się *Brenneria goodwinii* w Europie

Miłosz Tkaczyk\*

Department of Forest Protection, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: m.tkaczyk@ibles.waw.pl

### Abstract

*Brenneria goodwinii* is a Gram-negative bacterium associated with the phenomenon of Acute Oak Decline (AOD), which has played a very important role in the decline of oak populations in Europe in recent years.

In this study, the Maxent model was developed to detect the trend in the distribution of *B. goodwinii* in Europe. Generated from confirmed location data and bioclimatic variables, the Maxent model achieved high predictive accuracy as measured by parameters such as AUC and AUC diff. Nineteen bioclimatic variables available on

the WorldClim portal for the years 1970–2000 were used to create the model. The generated model allows to determine the most useful bioclimatic variables to assess the maximum entropy of the habitat in terms of the occurrence of *B. goodwinii*. In addition, the model identified areas of Europe where the probabilities of fit for bacteria are  $>0.7$ . These areas include Great Britain, France, Belgium, the Netherlands, Germany, Denmark, Spain, Portugal and Italy.

**Keywords:** general climate models, Maxent, oak decline, species distribution models

#### **Abstrakt**

*Brenneria goodwinii* to Gram-ujemna bakteria związana z zjawiskiem Acute Oak Decline (AOD), która odegrała bardzo ważną rolę w spadku populacji dębów w Europie w ostatnich latach.

W przedstawionych badaniach opracowany został model Maxent w celu wykrycia trendu w rozpowszechnianiu się *B. goodwinii* w Europie. Wygenerowany na podstawie potwierdzonych danych lokalizacyjnych i zmiennych bioklimatycznych model Maxent osiągnął wysoką dokładność predykcijną, mierzoną parametrami takimi jak AUC i różnica AUC. Do stworzenia modelu użyto dziewiętnastu zmiennych bioklimatycznych dostępnych na portalu WorldClim dla lat 1970–2000. Wygenerowany model pozwala określić najbardziej przydatne zmienne bioklimatyczne do oceny maksymalnej entropii siedliska pod względem występowania *B. goodwinii*. Ponadto model zidentyfikował obszary Europy, w których prawdopodobieństwo dopasowania bakterii wynosi  $>0.7$ . Obszary te obejmują Wielką Brytanię, Francję, Belgię, Holandię, Niemcy, Danię, Hiszpanię, Portugalię i Włochy.

**Słowa kluczowe:** ogólne modele klimatyczne, Maxent, zanik dębów, modele dystrybucji gatunków

## **Consequences of Implementing Government Projects in Forest Areas in Northern Iran: Application of Systems Dynamics**

### **Konsekwencje realizacji projektów rządowych na terenach leśnych w północnym Iranie: Zastosowanie dynamiki systemów**

**Hamideh Abdali**<sup>1\*</sup>, Marcin Pietrzykowski<sup>1</sup>, Hossein Azadi<sup>2</sup>, Ahmad Khatoonabadi<sup>3</sup>, Shetab Boushehri<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Ecological Engineering and Forest Hydrology. Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Krakow, Poland

<sup>2</sup>Department of Geography, Ghent University, Campus Sterre Krijgslaan 281 9000 Ghent, Belgium

<sup>3</sup>Department of agricultural engineering, Isfahan University of technology, Isfahan, Iran.

<sup>4</sup>Department of industrial engineering, Isfahan University of technology, Isfahan, Iran.

\*Corresponding author: hamideh.abdali@student.urk.edu.pl

#### **Abstract**

Implementing government projects in forest areas and rangelands without expert evaluation and review has many consequences. Forest protection is an important pillar of sustainable development in the world.

Therefore, the main aim of this study was to examine two government projects, including the Tehran-North Freeway and livestock removal from the forest in the Kelardasht region. For this purpose, systems dynamics (SD) was used to express the relationship between variables affecting forest destruction. The simulation was carried out during a 40-year period (1990-2030) using Vensim software.

According to the results, In Klardasht, the government implemented the project of livestock removal from the forest to reduce forest destruction. In addition, Issuance of illegal and legal livestock licenses increased the villas and the destruction of forests. In addition, the construction of the Tehran-North Freeway project also increased land applicants in the region. The results showed that the changes in the forest area will decrease from 10000 ha to approximately 1000 ha by 2030 by applying the scenario of allocating the license of the dairy farm and the North Tehran freeway. Also, during the implementation of different scenarios in the model, the results showed that not allocating land to dairy farms leads to a sharp decrease in villa construction in the region. With the increase in the number of illegal permits (30%), the downward trend of the forest area will be reduced to a maximum

of 70% within 40 years, while the increase in the non-native population and villa applicants could only destroy forests by 2%. Finally, it was found that the destruction of the forest by the natives of the region was higher.

The suggested policy for this study is that governments should check the opinions of experts before implementing projects in forest areas and consult with local people in the implementation of projects. Therefore, before implementing projects in forest areas, the government should check the opinions of experts and consult with local people in the implementation of projects.

**Keywords:** livestock licenses, hyrcanian forests, Tragedy of the Commons, government's projects

### **Abstrakt**

Realizacja projektów rządowych na terenach leśnych i pastwiskach bez oceny i zaangażowania ekspertów wiąże się z wieloma konsekwencjami. Ochrona lasów jest ważnym filarem zrównoważonego rozwoju na świecie.

Ze względu na powyższe, głównym celem niniejszych analiz było zbadanie dwóch projektów rządowych, w tym autostrady Teheran-Północ oraz usunięcia zwierząt hodowlanych z lasu w regionie Kelardasht. W tym celu wykorzystano dynamikę systemów (SD) do wyrażenia zależności pomiędzy zmiennymi wpływającymi na degradację lasów. Symulację przeprowadzono dla okresu 40 lat (1990-2030) przy użyciu oprogramowania Vensim.

Zgodnie z wynikami, w Klardasht rząd zrealizował projekt usunięcia zwierząt hodowlanych z lasu w celu zmniejszenia zniszczenia lasów. Wydanie nielegalnych i legalnych pozwoleń na hodowlę zwierząt zwiększyło liczbę powstałych tu willi i zniszczeń lasów. Ponadto budowa autostrady Teheran-Północ przyczynia się również do zwiększenia liczby wniosków o przyznanie gruntów w tym regionie. Wyniki pokazały, że stosując scenariusz przyznawania licencji na gospodarstwa mleczne oraz budowę autostrady Teheran-Północ, nastąpią zmiany w powierzchni lasów, która spadnie z 10000 ha do około 1000 ha do roku 2030. Ponadto, podczas implementacji różnych scenariuszy w modelu, wyniki pokazały, że brak przeznaczania ziemi pod gospodarstwa mleczne prowadzi do znacznego spadku budowy willi w regionie. Przy wzroście liczby nielegalnych pozwoleń (o 30%), tendencja spadkowa obszaru lasów zostanie zredukowana do maksymalnie 70% w ciągu 40 lat, podczas gdy wzrost liczby obcokrajowców i osób ubiegających się o willę może zniszczyć lasy jedynie o 2%. Ostatecznie stwierdzono, że zniszczenie lasu przez rdzennych mieszkańców regionu było wyższe.

Na podstawie wyników badania sugeruje się, aby przed podejmowaniem jakichkolwiek działań na obszarach leśnych rząd zasięgał opinii ekspertów oraz konsultował projekty z lokalną ludnością. Ponadto uwzględnił te grupy i ich opinie na etapie wdrażania inwestycji.

**Słowa kluczowe:** licencje na hodowlę, lasy hyrkańskie, Tragedia Wspólnoty, projekty rządowe

## **Preliminary Results of Tree Inventory with Low Cost SLAM LiDAR**

### **Wstępne wyniki inwentaryzacji drzew z wykorzystaniem niskokosztowego LiDAR SLAM**

**Torana Arya Gasic**<sup>1\*</sup>, Maksymilian Kulicki<sup>1,2</sup>, Yousef Erfanfard<sup>1,3</sup>, Elvis Tangwa<sup>1</sup>, Miłosz Mielcarek<sup>1,4</sup>, Robert Magnuson<sup>1,5</sup>, Krzysztof Stereńczak<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>IDEAS NCBR, 69 Chmielna St., 00-801 Warsaw, Poland

<sup>2</sup>Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

<sup>3</sup>Department of Remote Sensing and GIS, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>4</sup>Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

<sup>5</sup>Białystok University of Technology, Białystok, Poland

\*Corresponding author: torana-arya.gasica@ideas-ncbr.pl

### **Abstract**



Monitoring forest health and growth are important facets of being able to use forest resources efficiently. The ability to update existing forest inventory data in precise and timely measurements offers immense utility. Forest inventories, which largely comprise the descriptions of large forest areas, are frequently used to track forest growth and form the base for harvesting decisions. However, conventional forest inventory methods can be time consuming and sometimes require multiple teams to cover large areas.

The use of LiDAR in forest inventories can reduce the time expenditure and increase the efficiency of forest inventories. Although many LiDAR platforms are still comparatively expensive, low-cost LiDAR units such as the Mandeye Pro-Series may be a viable alternative for forest inventories. SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) is a method which allows robots or autonomous vehicles to map unknown areas. Several studies have explored this idea, but there are still some barriers. Chiefly, in tree detection and obtaining reliable and accurate positioning in forest conditions are still challenges.

The main objective of this research is to demonstrate the utility of LiDAR-based SLAM for forest inventories. In order to implement SLAM LiDAR, 3DFIN (3D Forest INventory) was used for tree identification and biometric calculations. 3DFIN allows fully-automated sensor-agnostic calculations of DBH and height from point clouds. This research was conducted on a 30 x 30 meters sample area in Pilawa, Poland.

The results show that LiDAR data using 3DFIN identified more trees in the field than manual measurements. The low and wide branches of some trees as well as bushes or other objects in the forest that resemble the shape of trees are misidentified as trees. The results show that the combination of low-cost LiDAR and 3DFIN was able to identify 95.5% of the total number of trees in the sample area. Measurement results of tree dimensions obtained an average DBH difference of 2.8 cm with a LiDAR DBH percentage that was 8.3% higher than manual measurement DBH. Meanwhile, the difference in height shows that the average is quite large, namely 4.2 m, with the percentage of tree height on LiDAR being 3.4% lower than the tree height on manual measurements. If seen from the point cloud results, this occurs because low-cost LiDAR penetration cannot reach the tip of the tree.

**Keywords:** forestry, LiDAR, low-cost, DBH, mandeye, 3DFIN

### **Abstrakt**

Monitorowanie kondycji i przyrostu lasów to ważne aspekty efektywnego wykorzystania zasobów leśnych. Z aktualizacji istniejących danych inwentaryzacyjnych lasów w precyzyjny i terminowy sposób płynie wiele korzyści. Inwentaryzacje lasów, które w dużej mierze obejmują opisy dużych obszarów leśnych, są często wykorzystywane do śledzenia przyrostu lasów i stanowią podstawę podejmowania decyzji o pozyskaniu drewna. Jednak tradycyjne metody inwentaryzacji lasów mogą być czasochłonne i czasami wymagają zaangażowania wielu zespołów do pokrycia dużych obszarów.

Użycie danych LiDAR do inwentaryzacji lasów może zmniejszyć wydatki czasowe i zwiększyć efektywność prac. Chociaż wiele platform LiDAR jest wciąż stosunkowo drogie, niskokosztowe jednostki LiDAR, takie jak seria Mandeye Pro, mogą być realną alternatywą dla inwentaryzacji lasów. SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) to metoda, która pozwala robotom lub pojazdom autonomicznym mapować nieznane obszary. W kilku badaniach analizowano ten pomysł, ale nadal istnieją pewne bariery, zwłaszcza w wykrywaniu drzew oraz uzyskaniu niezawodnej i precyzyjnej ich lokalizacji w warunkach leśnych.

Głównym celem tego badania jest pokazanie użyteczności danych LiDAR opartych na SLAM w inwentaryzacji lasów. W celu implementacji LiDAR SLAM do identyfikacji drzew i wyznaczenia ich cech, wykorzystano oprogramowanie 3DFIN (3D Forest INventory). 3DFIN umożliwia niezależne od sensora w pełni zautomatyzowane obliczenia pierśnicy (DBH) i wysokości drzew z chmur punktów. Badanie przeprowadzono w Pilawie, na obszarze testowym o wymiarach 30 x 30 metrów.

Wyniki pokazały, że dane LiDAR z 3DFIN zidentyfikowały więcej drzew na obszarze testowym niż pomiary referencyjne. Niskie i szerokie gałęzie niektórych drzew, jak również krzewy lub inne obiekty w lesie przypominające kształtem drzewa, były błędnie zidentyfikowane jako drzewa. Wyniki pokazują, że kombinacja niskokosztowego LiDARu i 3DFIN pozwoliła zidentyfikować 95,5% łącznej liczby drzew na badanym obszarze. Wyniki pomiarów cech drzew wykazały średnią różnicę pierśnicy o 2,8 cm, przy czym procentowy wynik DBH LiDAR był o 8,3% wyższy niż DBH mierzone w terenie. Jeśli chodzi o wysokość, to średnia różnica wysokości między osiąganymi rezultatami, a danymi referencyjnymi jest dość duża i wynosi 4,2 m, przy czym procent wysokości drzew na LiDAR był o 3,4% niższy niż wysokość drzew mierzona w terenie. Wynika to z faktu, że niskokosztowy LiDAR nie jest w stanie odwzorować całego przekroju drzewa, aż do wierzchołka.

**Słowa kluczowe:** leśnictwo, LiDAR, niskokosztowy, pierśnica drzew, Mandeye, 3DFIN

## **Estimation of the Impact of Climate Change on Forestry Economy Using Economic Models**

### **Oszacowanie wpływu zmian klimatycznych na gospodarkę leśną z wykorzystaniem modeli ekonomicznych**

Jan Kotlarz\*

Nicolaus Copernicus University in Toruń, Gagarina 11 St., 87-100 Toruń, Poland

\*Corresponding author: jan.p.kotlarz@gmail.com

#### **Abstract**

We focus on analyzing the impact of climate change on forestry economy using economic models. We will present key economic models employed to describe local and global timber markets, with a particular emphasis on two categories: dynamic recursive models and intertemporal optimization models. Econometric methods utilized in these models will be showcased, with a specific focus on the timber supply side, taking into account constraints such as resource availability, capital, and labor.

Our developed GAIA model aims to determine the quantity of harvested wood, considering long-term effects of climate change, including variations in CO<sub>2</sub> concentrations, changes in the length of the growing season, and intensified factors such as windbreaks, insect-related pathogens, fungal diseases, alterations in water relations, etc. We also analyze the forecasting methods for timber availability and market equilibrium solutions using tools typical in welfare economics.

**Keywords:** climate change, economic surplus, forest economy, intertemporal model

#### **Abstrakt**

Koncentrujemy się na analizie wpływu zmian klimatycznych na gospodarkę leśną przy wykorzystaniu modeli ekonomicznych. Zaprezentujemy główne modele ekonomiczne stosowane do opisu lokalnych i globalnych rynków drewna, skupiając się na ich dwóch klasach: dynamicznych modelach rekursywnych oraz modelach optymalizacji międzyokresowej. Zaprezentowane zostaną metody ekonometryczne wykorzystywane w tych modelach, ze szczególnym uwzględnieniem strony podaży drewna, uwzględniając ograniczenia, takie jak dostępność surowców, kapitału i siły roboczej.

Opracowywany przez nas model GAIA ma na celu określenie ilości pozyskiwanego drewna, biorąc pod uwagę długookresowe skutki zmian klimatycznych takie jak zmiana stężenia CO<sub>2</sub>, zmiana długości sezonu wegetacyjnego, nasilenie czynników pośrednich takie jak wiatrołomy, patogeny owadzie, grzybowe, zmianę stosunków wodnych itp. Analizujemy także sposób prognozowania dostępności drewna do pozyskania oraz rozwiązania równowagi rynkowej z wykorzystaniem narzędzi typowych dla ekonomii dobrobytu.

**Słowa kluczowe:** zmiany klimatu, nadwyżka ekonomiczna, gospodarka leśna, model intertemporalny

## **Light conditions in the forest stands of Białowieża Forest**

### **Warunki świetlne w drzewostanach Puszczy Białowieskiej**

**Małgorzata Białczak**<sup>1\*</sup>, Żaneta Piasecka<sup>2</sup>, Agnieszka Kamińska<sup>1</sup>, Krzysztof Stereńczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

<sup>2</sup>Łukasiewicz Research Network – Institute of Aviation, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: m.bialczak@ibles.waw.pl

## Abstract

Access to sunlight is one of the key elements affecting the growth and functioning of forest vegetation. A better understanding of forest lighting conditions can have an indirect impact on the management of the complex and allows for an understanding of the processes occurring within it. Remote sensing enables the study of the amount of solar radiation reaching the forest canopy, which is particularly important in the monitoring and management of large forest complexes.

The aim of the study was to model the amount of solar radiation reaching the forest floor based on airborne laser scanning (ALS) in 2015 and 2019. As reference data, radiation values calculated based on hemispherical images for selected 96 field plots located in the Polish part of the Białowieża Forest were used. In the process of building models, characteristics obtained from the point cloud were used, such as: LPI, Rhmean, RHDBHmedian, R1%.

For models built based on ALS data and hemispherical imaging in 2015 and 2019, high  $R^2$  fit coefficients from 0.842 to 0.898 were obtained. As a result of the model implementation, maps of solar radiation under the forest canopy were created for the entire area of the Polish part of the Białowieża Forest. The research showed a strong correlation between the amount of radiation reaching the forest floor and the characteristics obtained from the ALS point cloud.

**Keywords:** light conditions, solar radiation, ALS, hemispheric images, remote sensing

## Abstrakt

Dostęp do światła słonecznego jest jednym z kluczowych elementów mających wpływ na wzrost i funkcjonowanie roślinności leśnej. Lepsze poznanie warunków oświetleniowych lasu może mieć pośredni wpływ na zarządzanie kompleksem oraz umożliwia zrozumienie zachodzących w nim procesów. Teledetekcja umożliwia badanie ilości promieniowania słonecznego docierającego pod okap drzewostanu, co jest szczególnie istotne w przypadku monitorowania i zarządzania dużymi kompleksami leśnymi.

Celem badań było modelowanie ilości promieniowania słonecznego docierającego do dna lasu na podstawie lotniczego skanowania laserowego (ALS) w roku 2015 i 2019. Jako dane referencyjne wykorzystano wartości promieniowania obliczone na podstawie zobrażeń hemisferycznych dla wybranych 96 powierzchni badawczych zlokalizowanych na obszarze polskiej części Puszczy Białowieskiej. W procesie budowania modeli wykorzystano charakterystyki pozyskane z chmury punktów takie jak: LPI, Rhmean, RHDBHmedian, R1%.

Dla modeli zbudowanych na podstawie danych ALS i zdjęć hemisferycznych w roku 2015 i 2019 uzyskano wysokie wartości współczynnika dopasowania  $R^2$  od 0,842 do 0,898. W wyniku implementacji modeli utworzono mapy nasłonecznienia pod okapem drzewostanu dla całego obszaru polskiej części Puszczy Białowieskiej. Badania wykazały silną zależność między ilością promieniowania docierającego do dna lasu, a charakterystykami pozyskiwanymi z chmury punktów ALS.

**Słowa kluczowe:** warunki świetlne, promieniowanie słoneczne, ALS, zdjęcia hemisferyczne, teledetekcja

## **Sensitivity Analysis of Different Satellite-Based Vegetation Indices to Detect Drought in Vegetation (Case Study: Wielkopolsko-Pomorska, Western Poland)**

### **Analiza wrażliwości różnych satelitarnych wskaźników roślinności do wykrywania suszy w roślinności (studium przypadku: Kraina Wielkopolsko-Pomorska, w zachodniej Polsce)**

**Reza Sarli\***, Vahid Nasiri, Paweł Hawryło, Jarosław Socha, Paweł Netzel

Department of Forest Resources Management, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Krakow, Poland

\*Corresponding author: reza.sarli.sd@student.urk.edu.pl

## Abstract

With the development of satellites and sensors, different vegetation indices (VIs) have been proposed and used to assess greenness and growth, such as the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), the Enhanced Vegetation Index (EVI), the Normalised Difference Water Index (NDWI), the Vegetation Condition Index (VCI), the Temperature Condition Index (TCI), and the Vegetation Health Index (VHI).

The objectives of this study were to: (a) explore the relationship between different vegetation indices as measures of vegetation condition, precipitation, and temperature variability; and (b) determine the sensitivity of vegetation indices (NDVI, EVI, VCI, TCI, VHI, and LSWI) to drought events. Precipitation and temperature observations spanning from 2000 to 2022 were collected from 14 meteorological stations in western Poland to construct a monthly time series of climatic factors. Utilizing Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)-derived data were used to calculate vegetation index time series, from which monthly aggregated values were derived. The climate water balance (CWB) was then calculated using the climatic factors to identify drought years. Statistical analysis was used to assess the correlation between climatic factors and vegetation indices was assessed. Furthermore, the mean differences (anomaly) of vegetation indices between normal and drought conditions were calculated to identify the most sensitive vegetation indices.

Based on the primary results, the precipitation time series (2000–2022) showed a decreasing trend with an inter-annual reduction rate of 3.28 mm, although this trend is not statistically significant ( $r = -0.21$  and  $P\text{-value} = 0.36$ ). Over the same time period, the temperature showed an increasing trend with an annual rate of increase of  $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ , which is significant ( $r = 0.54$  and  $P\text{-value} = 0.10$ ). According to the CWB over a 4-month period, the years 2003, 2015, 2018, and 2019 have been identified as extreme drought years. This research will continue to assess the relationship between VIs and climatic factors.

**Keywords:** drought, vegetation, climate, remote sensing, Poland

## Abstrakt:

Wraz z rozwojem satelitów i sensorów wzrosła liczba różnych teledetekcyjnych wskaźników roślinności (VIs) umożliwiających ocenę kondycji i wzrostu roślin, takie jak Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Normalised Difference Water Index (NDWI), Vegetation Condition Index (VCI), Temperature Condition Index (TCI), czy Vegetation Health Index (VHI)

Cele prowadzonych analiz było: (a) zbadanie związku między różnymi wskaźnikami roślinności jako miarami stanu kondycji roślinności, a opadami i zmiennością temperatury; oraz (b) określenie wrażliwości indeksów roślinności (NDVI, EVI, VCI, TCI, VHI i LSWI) na występowanie suszy. Obserwacje opadów i temperatury z lat 2000-2022 zebrane z 14 stacji meteorologicznych w zachodniej Polsce zostały wykorzystane do konstrukcji miesięcznych szeregów czasowych zmiennych klimatycznych. Wykorzystując dane pochodne z MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) obliczono szeregi czasowe wskaźników roślinności, z których uzyskano zagregowane wartości miesięczne. Następnie, wykorzystując zmienne klimatyczne, obliczono klimatyczny bilans wodny (CWB), aby zidentyfikować lata suszy. Na podstawie analiz statystycznych oceniono korelację między zmiennymi klimatycznymi, a wskaźnikami roślinności. Ponadto, obliczono średnie różnice (anomalia) wskaźników roślinności między normalnymi warunkami klimatycznymi, a okresami suszy, aby zidentyfikować najbardziej wrażliwe wskaźniki roślinności.

Wstępne wyniki pokazały, że szereg czasowy opadów (2000-2022) wykazał tendencję spadkową z rocznym współczynnikiem redukcji wynoszącą 3,28 mm, chociaż trend ten nie jest istotny statystycznie ( $r = -0.21$  i wartość  $P = 0.36$ ). W tym samym okresie temperatura wykazała istotną statystycznie ( $r = 0.54$  i wartość  $P = 0.10$ ) tendencję wzrostową z rocznym współczynnikiem wzrostu wynoszącym  $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zgodnie z CWB, w okresie 4-miesięcznym, lata 2003, 2015, 2018 i 2019 zostały zidentyfikowane jako lata ekstremalnej suszy. Badanie będzie kontynuowane w celu oceny związku między Vis, a czynnikami klimatycznymi.

**Słowa kluczowe:** susza, roślinność, klimat, teledetekcja, Polska

## **Soricomorphs of lower course Odra River in diet of *Tyto alba***

### ***Soricomorpha* dolnej Odry w diecie *Tyto alba***

**Marta Włodarczyk\*, Aleksander Izdebski**

Field Biologists Scientific Club, Department of Biology and Environmental Sciences, Cardinal Stefan Wyszyński University of Warsaw, 1/3 Wóycickiego St., 01-938 Warsaw, Poland

\*Corresponding author: wlodarczykmarta@tlen.pl

### **Abstract**

Considering the Ecological Disaster in 2022 at the Odra River current status of the terrestrial ecosystems are examined. The area of study was lower course of Odra River, namely estuary, which is rich in biodiversity. Survey was based on pellets of *Tyto alba* and focused on *Soricomorpha*.

Analysis was grounded on literature and study conducted using pellets collected from 25.07.2022 to 19.02.2023. Used was standard method of analysis (Raczyński, Ruprecht 1974), pellets were being soaked in water beforehand. Overall prey identified was 1170 specimens of small mammals from 10 study sites, where rodents were the most abundant. The pellets were found at milking parlor (52° 58' 32.628'' N 14° 8' 49.563'' E), Pump station Stolbe (52° 59' 9.3732'' N 14° 8' 38.0004'' E), Widuchowa (53°07'44.5"N 14°23'08.1"E), Observation Tower (53°07'46.3"N 14°22'46.4"E), Maintenance building at dike (52°56'40.5528"N14°8'5.2772"E), Nest box, Hohenfelde (53°8'4.012903"N 14°16'58.361707"E), Nest box, Gross Pinnow (53°11'4.092612"N 14°16'36.44328"E), Day roost, residential building (53°2'49.506"N 14°16'17.90724"E), Tower for visitors (53°4'15.661"N 14°21'23.1768"E). Among the identified soricomorphs the most common was *Sorex araneus* (28,3% of total specimens), *Sorex minutus* (13,3%), *Neomys fodiens* (2%), *Crocidura suaveolens* (1,5%).

**Keywords:** mammalia, riparian habitats, Odra River, owl diet analysis, *Soricomorpha*

**Abstrakt:** Mając na uwadze katastrofę ekologiczną w 2022 na Odrze, studiowane są ekosystemy lądowe. Obszar badań objął Dolinę Dolnej Odry, estuarium, o wysokiej bioróżnorodności. Ewaluację oparto na wyplawkach *Tyto alba* i skupiono na *Soricomorpha*.

Analiza ugruntowana w literaturze i badaniach przeprowadzonych z użyciem wypluwek zebranych w terminie od 25.07.2022 do 19.02.2023. Wykorzystano standardową metodę analizy (Raczyński, Ruprecht 1974), po uprzednim namoczeniu wypluwek. Wśród ofiar płomykówki zidentyfikowano 1170 gatunków małych ssaków z 10 punktów badawczych, gdzie liczebnością dominowały gryzonie. Wypluwki znaleziono w hali udojowej (52° 58' 32.628'' N 14° 8' 49.563'' E), pompownia Stolbe (52° 59' 9.3732'' N 14° 8' 38.0004'' E), Widuchowa (53°07'44.5"N 14°23'08.1"E), wieża obserwacyjna (53°07'46.3"N 14°22'46.4"E), budynek gospodarczy na grobli (52°56'40.5528"N14°8'5.2772"E), skrzynka lęgowa, Hohenfelde (53°8'4.012903"N 14°16'58.361707"E), skrzynka lęgowa, Gross Pinnow (53°11'4.092612"N 14°16'36.44328"E), kryjówka dzienna, budynek mieszkalny(53°2'49.506"N 14°16'17.90724"E), wieża widokowa(53°4'15.661"N 14°21'23.1768"E). Pośród identyfikowanych ryjówkokształtnych najliczniej występującym był *Sorex araneus* (stanowił 28,3% wszystkich osobników), *Sorex minutus* (13,3%), *Neomys fodiens* (2%), *Crocidura suaveolens* (1,5%).

**Słowa kluczowe:** ssaki, siedliska nadbrzeżne, rzeka Odra, analiza diety sów, *Soricomorpha*

## **How to adapt cities to climate change with urban greening?**

### **Jak dostosować miasta do zmian klimatycznych korzystając z zielonej przestrzeni miejskiej?**

**Krzysztof Mitelsztedt\***, Mariusz Ciesielski, Kacper Guderski, Sylwia Kurpiewska, Tomasz Hycza

Department of Geomatics, Forest Research Institute, 3 Braci Leśnej St., Sękocin Stary, 05-090 Raszyn, Poland

\*Corresponding author: k.mitelsztedt@ibles.waw.pl

### **Abstract**

The basis for an appropriate and rational management of urban greening is a local inventory. It provides decision-makers with information on the qualitative and quantitative state of urban greening and its spatial distribution. This is the starting point for further efforts, including the design of green infrastructure. Mapping urban greening is important in the context of strengthening resilience to climate change and improving the quality of residents'

life. The maps prepared for the cities show not only the current state of urban greenery, but also how it has changed over the last 10 years.

In "City with climate" project, the Forest Research Institute carried out the Urban Green Package. It included extensive analysis for five selected cities. Those cities received complex information on the quantity and quality of urban green resources, changes over time, and the availability of forests.

The work was carried out on the basis of publicly available spatial and remote sensing data. The results were used to provide the final report, which contained both a description of the analyses and recommendations.

The results of the project provide a starting point for discussions with city residents about the long-term strategy for urban green in their neighborhood. The data provided to the cities can be used by the competent bodies involved in the maintenance of urban greenery, land management or urban planning in the fulfilment of their tasks.

**Keywords:** green city, climate change, urban greening, urban park, tree inventory

**Abstrakt:** Podstawą odpowiedniego i racjonalnego gospodarowania zielenią w mieście jest inwentaryzacja. Dostarcza ona decydentom informacji na temat stanu jakościowego i ilościowego zieleni miejskiej oraz jej przestrzennego rozmieszczenia. Stanowi ona punkt wyjścia do bardziej zaawansowanych przedsięwzięć dotyczących m.in. kształtowania zielonej infrastruktury. Ma to istotne znaczenie w kontekście narastających zmian klimatu oraz poprawy jakości życia mieszkańców. Analizy przygotowane dla wybranych miast przedstawiają nie tylko obecny stan zieleni miejskiej, ale również zmiany które zaszły w ciągu ostatnich 10 lat.

W projekcie „Miasto z Klimatem” realizowanym z udziałem Instytutu Badawczego Leśnictwa, w ramach pakietu zieleni miejska pięć miast otrzymało dane nt. ilości i jakości zasobów zieleni miejskiej, jej zmian w czasie i przestrzeni oraz dostępności lasów i terenów zieleni.

Prace zostały wykonane na podstawie ogólnodostępnych danych przestrzennych i teledetekcyjnych. Analizy zostały wykorzystane do sporządzenia raportu końcowego, który zawierał zarówno opis wykonanych prac jak i wnioski z otrzymanych wyników, przygotowane w postaci analizy wielokryterialnej.

Otrzymane przez miasta dane mogą zostać wykorzystane przez odpowiednie podmioty zajmujące się utrzymaniem zieleni miejskiej, gospodarką gruntami czy planowaniem przestrzennym w realizacji przypisanych im zadań. Stanowią punkt wyjścia do rozmów z mieszkańcami oraz podjęcia długookresowych działań z zakresu zieleni miejskiej w przeanalizowanych miastach.

**Słowa kluczowe:** zielone miasto, zmiana klimatu, zieleni miejska, parki miejskie, inwentaryzacja drzew



Copyright © Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 2024

DOI: 10.48538/h2nb-p411