



## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

---

Raport z testu badawczego dotyczącego analizy zanieczyszczenia powietrza (powiat krośnieński) z wykorzystaniem bioindykacji

Nadzór merytoryczny:

Dr Katarzyna Łuszczynska

### *1. Plan badawczy zawierający przebieg badań z podziałem na prace terenowe i laboratoryjne, wraz ze wskazaniem kolejnych kroków przebiegu prac badawczych*

#### a) Prace terenowe:

- wytyczenie obszaru badawczego
- wytypowanie odpowiednich drzew do poboru prób dendrochronologicznych (brak defoliacji, zranień, selekcja gatunkowa, posiadanie jednej strzały),
- pobór prób z drzew polegający na zastosowaniu świdra Presslera,
- spakowanie rdzeni do specjalnie przygotowanych pudełek i oznaczenie pudełek,
- dokumentacja stanowiska,
- opis cech morfologicznych drzewa,
- naniesienie pozycji GPS dla każdego drzewa.

#### b) Prace kameralne:

- wklejenie rdzeni do specjalnie przygotowanych desek drewnianych,
- szlifowanie rdzeni przy użyciu kolejno kilku typów papierów ściernych najpierw o granulacji 100, później 250, 500 i na końcu 1000,
- pomiar przyrostów rocznych przy użyciu aparatury badawczej LinTab z oprogramowaniem TSAPWin Professional 4.65, dokładność 0,01 mm,
- analiza z wykorzystaniem skeleton plot i eliminacja przyrostów brakujących i fałszywych,
- datowanie epizodów zanieczyszczenia powietrza poprzez identyfikację redukcji przyrostów rocznych,

## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

---

- wytypowanie lat z redukcją przyrostów rocznych poprzez opracowanie wykresu zbiorowego ukazującego % lub ilość drzew zapisujących zanieczyszczenie powietrza w poszczególnych latach.

2. *Opis przebiegu prac badawczych z uwzględnieniem założeń teoretycznych, opisu metody, ewentualnego poboru prób w terenie i kolejnych kroków prac laboratoryjnych.*

### Metoda badawcza

Test badawczy wykonano w oparciu o analizę 25 rdzeni przyrostowych pobranych jodeł rosnących około 1 km na południowy zachód od miejscowości Iwonicz-Zdrój położonej w powiecie krośnieńskim (Rycina 1). Na etapie przygotowawczym przeprowadzono szczegółową ocenę wizualną drzewostanu, której celem była eliminacja osobników wykazujących oznaki chorób, uszkodzeń mechanicznych bądź innych nieprawidłowości mogących wpływać na wiarygodność wyników. Rdzenie przyrostowe pozyskano z wykorzystaniem świdra Presslera, wykonując odwierty na standardowej wysokości pierśnicy (1,3 m) (Rycina 2). Z każdego drzewa pobrano jeden rdzeń, co pozwoliło na uzyskanie reprezentatywnego materiału badawczego przy jednoczesnym ograniczeniu ingerencji w strukturę drzew. Pobrane próby zostały następnie osadzone w drewnianych listewkach w celu ich stabilizacji i odpowiedniego przygotowania do dalszych analiz laboratoryjnych. Kolejnym etapem było stopniowe szlifowanie powierzchni rdzeni przy użyciu papierów ściernych o rosnącej gradacji (100, 250 oraz 500), co umożliwiło uzyskanie czytelnego obrazu słoików rocznych. W sytuacjach, gdy granice przyrostów rocznych pozostawały niewyraźne, zastosowano dodatkowo papier o gradacji 1000, co pozwoliło na zwiększenie dokładności obserwacji mikroskopowych i makroskopowych. W pierwszej fazie właściwych analiz opracowano dla każdej próby indywidualne wzorce szkieletowe (tzw. skeleton plot), które stanowią podstawowe narzędzie w dendrochronologii do identyfikacji lat o charakterystycznych zmianach przyrostowych. Umożliwiło to wyodrębnienie lat inicjujących redukcje przyrostów radialnych oraz określenie ich synchronizacji pomiędzy badanymi drzewami (Rycina 3). W dalszym etapie przeprowadzono precyzyjne pomiary szerokości przyrostów rocznych, a uzyskane dane wykorzystano do opracowania lokalnej chronologii przyrostowej dla analizowanego stanowiska (Rycina 4). Na tej podstawie możliwe było wyodrębnienie okresów o obniżonej dynamice wzrostu



## Polska – Słowacja

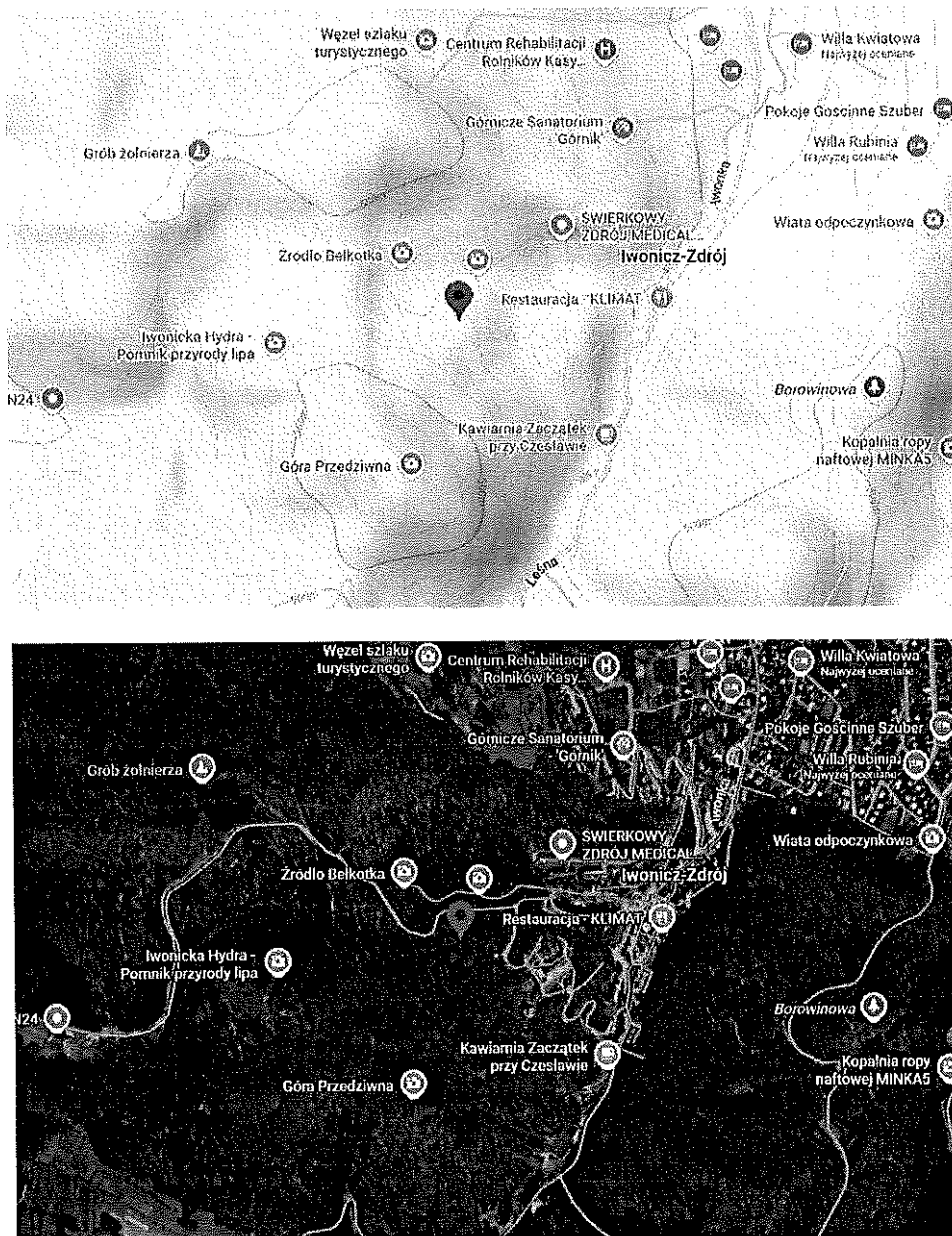
*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

---

oraz ich klasyfikacja pod względem intensywności. Zidentyfikowane redukcje przyrostów podzielono na słabe i silne, przyjmując jasno określone kryteria ilościowe. Za okres redukcji uznano wystąpienie, co najmniej trzech kolejnych przyrostów o zmniejszonej szerokości w porównaniu do sekwencji poprzedzającej. Redukcję silną definiowano jako serię przyrostów, w której średnia szerokość przyrostu osiągała wartość równą lub niższą niż 50% średniej szerokości trzech przyrostów bezpośrednio poprzedzających analizowany okres. Z kolei redukcję słabą określano analogicznie, przy czym szerokość pojedynczego przyrostu mieściła się w przedziale 30–50% średniej szerokości trzech wcześniejszych przyrostów. Uzyskane sekwencje redukcji zostały następnie zestawione z opracowanymi wcześniej wzorcami szkieletowymi, co umożliwiło weryfikację poprawności datowania oraz identyfikację potencjalnych przyrostów brakujących. Takie podejście pozwoliło na zwiększenie precyzji analiz oraz wiarygodności uzyskanych wyników dendrochronologicznych.

## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*



Rycina 1. Miejsce poboru prób z drzew zaznaczone na mapie topograficznej (górną mapą) i na ortofotomapie (dolną mapą).

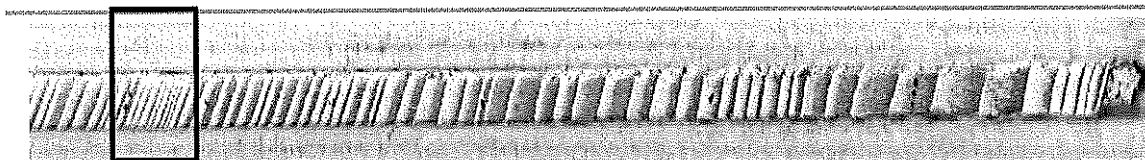
## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

---



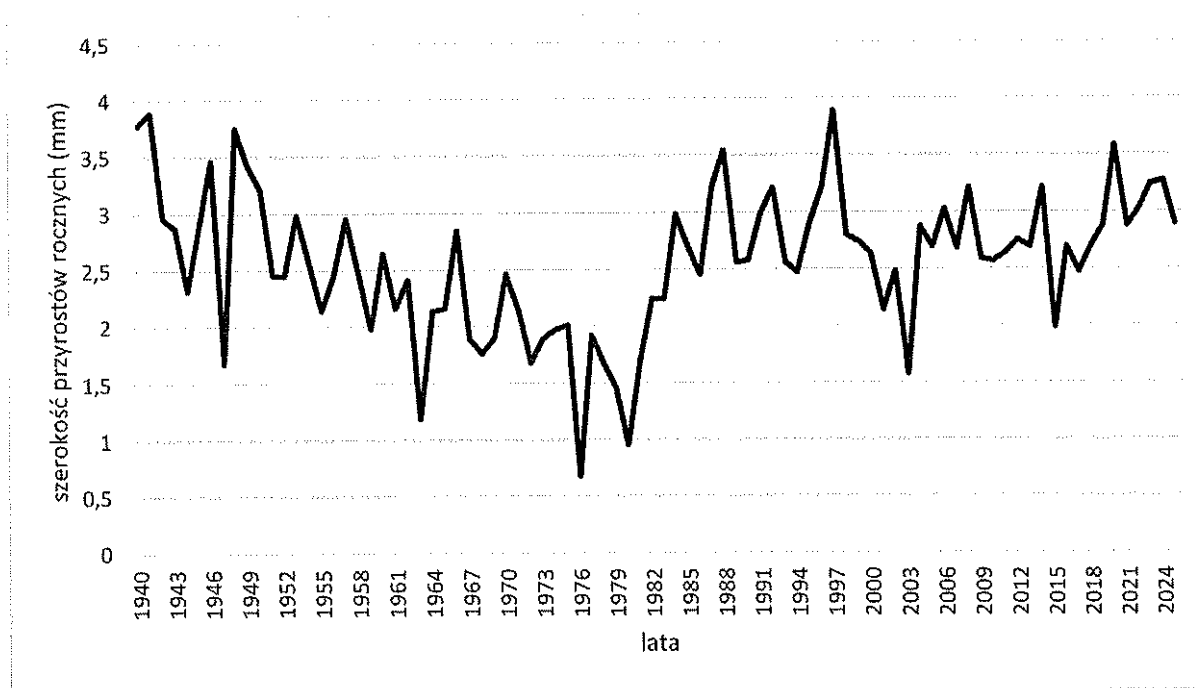
Rycina 2. Świder Presslera wraz z rdzeniem pobranym z drzewa.



Rycina 3. Rdzeń pobrany z drzewa z widocznymi redukcjami przyrostu wynikającymi z zanieczyszczenia powietrza (redukcje przyrostów rocznych zaznaczono prostokątem)

## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*



Rycina 4. Chronologia utworzona dla wszystkich opróbowanych drzew w czasie testu badawczego.

### *3. Wyniki badań w postaci obliczeniowej oraz niezbędną dokumentację w postaci tabel, wykresów i rysunków*

Chronologia, która powstała w efekcie przeprowadzenia testu badawczego cechuje się bardzo wyraźnymi latami wskaźnikowymi, czyli takimi w których przyrosty radialne były bardzo wąskie (Rycina 4). Lata te, to czas w którym doszło to szczególnie dużej presji środowiskowej, jednak pojedyncze lata redukcji zwykle występowały w efekcie szczególnie niedobrych warunków środowiskowych dla drzew, z reguły o podłożu klimatycznym. Wystąpiły one w przypadku badanych drzew w latach 1947, 1963, 1976, 1980, 2003 i 2015. Przyrost roczny jodeł w warunkach górskich zależy od złożonego oddziaływania czynników klimatycznych, siedliskowych oraz biotycznych. Kluczową rolę odgrywa temperatura powietrza, szczególnie w okresie wegetacyjnym – zbyt niskie temperatury ograniczają aktywność kambium, natomiast temperatury optymalne sprzyjają intensywnemu przyrostowi radialnemu. Istotnym czynnikiem jest również dostępność

## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

wody, która w górach bywa zmienna; zarówno susze letnie, jak i nadmierne uwilgotnienie gleby mogą prowadzić do redukcji szerokości słoju rocznych.

Znaczenie ma także długość okresu wegetacyjnego, która w wyższych położeniach jest skrócona, co bezpośrednio ogranicza potencjał przyrostowy drzew. Warunki zimowe, w tym grubość i czas zalegania pokrywy śnieżnej, wpływają na zabezpieczenie systemu korzeniowego oraz dostępność wody na początku sezonu. Nie bez znaczenia pozostaje ekspozycja stoku oraz nachylenie terenu – determinują one nasłonecznienie, temperaturę gleby i tempo topnienia śniegu.

Analizowane drzewa wykazały redukcje przyrostów rocznych w okresie 1972-1983. Był to okres w którym do atmosfery, w całej Europie dostawało się wiele zanieczyszczeń. Zarówno gazy jak i pyły emitowane do atmosfery powodowały trwałe uszkodzenia drzewostanów, co powodowało tłumienie ich wzrostu. Gazy takie jak SO<sub>2</sub> powodowały defoliację drzew i jednocześnie redukcję aparatu asymilacyjnego, a następnie redukcje przyrostów rocznych. Z kolei zanieczyszczenia pyłowe były przyczyną zatykania aparatów szparkowych drzew, a w następstwie obniżania możliwości oddechowych drzew i tłumieniem ich wzrostu. Lata 70 i 80 XX wieku, to okres w którym w wielu miejscach w Europie stwierdzono nawet zamieranie drzewostanów, a także zahamowanie ich wzrostu. W wielu leśnictwach w Polsce stwierdzono, że drzewa nie w tym okresie praktycznie nie rosły. W wielu miejscach, zwłaszcza położonych w sąsiedztwie zakładów przemysłowych drzewa zamierały i powstawały tam strefy bezleśne. W pewnej odległości od zakładów przemysłowych drzewa wykazywały głębokie redukcje przyrostów rocznych, z kolei w dużej odległości od zakładów redukcje te były już stosunkowo niewielkie. Jednak redukcje te zapisywały się także w bardzo dużych odległościach od ośrodków przemysłowych. Wzrost jodły w obszarach górskich zależy głównie od warunków pogodowych czerwca i lipca, późne przymrozki w maju/czerwcu mogą silnie ograniczyć przyrost, susze letnie (lipiec–sierpień) wpływają na szybszy rozwój drewna późnego.

Analizując skonstruowaną chronologię nie stwierdzono występowania redukcji przyrostów rocznych po 2000 roku. Redukcje te są charakterystyczne dla niskiej emisji i występują często w pobliżu źródeł niskiej emisji, głównie związanej ze spalaniem paliw niskiej jakości oraz śmieci w domowych paleniskach. Taki wynik oznacza, że analizowane drzewa nie były narażone na niską emisję i dlatego nie wykazywały po 2000 roku redukcji przyrostów rocznych.

### Literatura

## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

Danek M. 2007. The influence of industry on scots pine stands in the south-eastern part of the Silesia–Kraków Upland (Poland) on the basis of dendrochronological analysis. *Water, Air and Soil Pollution* 185: 265–277.

Dębski B., Ołecka A., Bebkiewicz K., Kargulewicz I., Rutkowski J., Zasina D., Zimakowska - Laskowska M., Żaczek M. 2015. Krajowy Bilans Emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa.

Elling, W., Dittmar, Ch, Pfaffelmoser, K., Rotzer, T. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management* 25: 1175–1187.

Malik I., Danek M., Marchwińska-Wyrwał E., Danek T., Wistuba M., Krąpiec M. 2012. Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Growth Suppression and Adverse Effects on Human Health Due to Air Pollution in the Upper Silesian Industrial District (USID), Southern Poland. *Water and Soil Pollution* 223: 3345–3364.

Michalik P. 2009. Niska emisja–świadomość zagrożenia z niej wynikających wśród różnych grup społecznych na przykładzie rolników z powiatu płockiego i sierpeckiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 40: 617–622.

Sensuła B., Wilczyński S., Opała M. 2015. Tree Growth and Climate Relationship: Dynamics of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Growing in the Near-Source Region of the Combined Heat and Power Plant During the Development of the Pro-Ecological Strategy in Poland. *Water Air Soil Pollution* 226: 220–237.

Starzyk J.R., Grodzki W., Capecki Z. 2005. Występowanie kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w lasach zagospodarowanych i objętych statusem ochronnym w Gorcach. *Leśne Prace Badawcze* 1: 7–30.

*4. Wnioski z przeprowadzonych badań w formie opracowania zawierającego szczegółowe analizy wraz z szacunkiem dotyczącym zagrożenia występującego w*



## Polska – Słowacja

*Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien*

*testowanym terenie (osuwiskowego, powodziowego, związanego z zanieczyszczeniem powietrza zależnie od typu testu badawczego)*

Badając redukcje przyrostów rocznych jodły w sąsiedztwie Iwonicza-Zdroju stwierdzono występowanie jednego okresu redukcji przyrostów rocznych, który wystąpił w latach 1972-1983, dodatkowo stwierdzono występowanie pojedynczych lat ze zredukowanym wzrostem, w latach 1947, 1963, 1976, 1980, 2003 i 2015. Redukcja przyrostów rocznych z pewnością związana jest z okresem zanieczyszczenia powietrza, który wystąpił w tym czasie w całej Europie. Z kolei pojedyncze lata z redukcjami związane są najprawdopodobniej ze złymi warunkami klimatycznymi występującymi w tych latach. Pod wpływem tych warunków jodły zredukowały znacznie szerokości swoich przyrostów.

Nie stwierdzono występowania redukcji przyrostów rocznych po 2000 roku. Oznacza to, że drzewa które były przedmiotem testu badawczego nie były narażone na zanieczyszczenia spowodowane niską emisją. Wynika z tego, że ze w sąsiedztwie badanych drzew nie były do atmosfery emitowanych zanieczyszczeń związanych ze spalaniem paliw niskiej jakości w domowych paleniskach.

PREZES ZARZĄDU  
Oddział Górnośląski, Państwowy Instytut Geologiczny  
Tow. Katowice, 17.03.2026  
  
dr hab. Jerzy Cabala