



INSTYTUT BADAWCZY
LEŚNICTWA

ZAKŁAD ZARZĄDZANIA
ZASOBAMI LEŚNYMI

STAN ZDROWOTNY
LASÓW W POLSCE
W 2025 ROKU
NA PODSTAWIE BADAŃ
MONITORINGOWYCH

Sękocin Stary, lipiec 2026

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

ZAKŁAD ZARZĄDZANIA ZASOBAMI LEŚNYMI

Symbole : UKD 630* - 4
PKT 60.29.00
LKO 122;416.16

STAN ZDROWOTNY LASÓW W POLSCE W 2025 ROKU NA PODSTAWIE BADAŃ MONITORINGOWYCH

Sprawozdanie z realizacji etapu III umowy z DGLP

Rodzaj sprawozdania: **etapowe**

Zleceniodawca: **Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych**

Nr tematu: **500503**

Nr umowy: **EZ.271.3.10.25**

Tytuł tematu: **Monitoring lasów – ocena stanu lasów w Polsce w latach 2025-2027**



**Główny Inspektorat
Ochrony Środowiska**



na zamówienie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

Koordynator tematu: dr inż. Grzegorz Zajączkowski

Zespół autorski: Andrzej Boczoń, Aleksandra Falkowska, Robert Hildebrand, Leszek Kluziński, Anna Kowalska, Paweł Lech, Jadwiga Małachowska, Kajetan Olędzki, Hanna Szmidla, Grzegorz Zajączkowski

W Raporcie wykorzystano wyniki II etapu umowy nr GIOŚ/ZP/22/2026/DMS/NFOŚ pt. „Monitoring i ocena stanu zdrowotnego lasów w latach 2026-2028” zawartej między Instytutem Badawczym Leśnictwa a Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska. Realizacja zadania koordynowana jest przez dr inż. Pawła Lecha.

Kierownik Zakładu Realizującego: dr hab. Adam Kaliszewski

Dyrektor Instytutu: prof. dr hab. Stanisław Drozdowski

Sękocin Stary, lipiec 2026

SPIS TREŚCI

Wstęp – Paweł Lech	7
Część I. Program monitoringu lasów i metodyka badań.....	10
1. Program monitoringu lasów w 2025 roku – <i>Paweł Lech, Grzegorz Zajączkowski</i>	10
2. Metodyka pomiarów i obserwacji wykonanych w 2025 r. – <i>Paweł Lech, Anna Kowalska, Grzegorz Zajączkowski</i>	13
2.1. Zakres i metodyka oceny stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I i II rzędu	14
2.2. Pozyskanie próbek aparatu asymilacyjnego z drzew stojących na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu	22
2.3. Monitoring parametrów meteorologicznych i chemizmu środowiska leśnego na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego	26
Część II. Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu	32
3. Ocena zdrowotności monitorowanych gatunków drzew w 2025 r. – <i>Aleksandra Falkowska, Jadwiga Małachowska</i>	32
3.1. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków ogółem w kraju oraz drzew z 1-3 klas Krafta	32
3.2. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków w zależności od formy własności lasu	34
3.3. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od wieku	42
3.4. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej monitorowanych gatunków drzew	44
4. Zmiany stanu zdrowotnego monitorowanych gatunków drzew w latach 2016–2025 – <i>Jadwiga Małachowska, Kajetan Olędzki</i>	94
4.1. Trendy zmian stanu zdrowotnego drzew monitorowanych gatunków w okresie 2016-2025	94
4.2. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej drzew w dziesięcioleciu 2016-2025 w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych i krain przyrodniczo-leśnych	100
5. Zmiana struktury gatunkowej drzewostanów na SPO I rzędu w okresie 2007-2025 – <i>Grzegorz Zajączkowski, Paweł Lech</i>	121
5.1. Wprowadzenie	121
5.2. Zmiany struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w Polsce w okresie 2007-2025	122
5.3. Zmiana struktury gatunkowej drzew na terenie jednostek podziału regionalnego	125
6. Ocena uszkodzeń drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu monitoringu lasu w 2025 roku – <i>Paweł Lech</i>	133
6.1. Charakterystyka zebranych danych	133
6.2. Występowanie uszkodzeń drzew wg gatunków, krain przyrodniczo-leśnych i rdLP	133
6.3. Charakterystyka uszkodzeń pod względem lokalizacji w obrębie drzewa, występujących symptomów i głównych kategorii czynników sprawczych.....	137
6.4. Podsumowanie	141

7. Warunki wodne gleb na terenach leśnych Polski w 2025 r. i ich wpływ na stan zdrowotny lasów – <i>Andrzej Boczoń, Robert Hildebrand</i>	152
8. Stałe powierzchnie obserwacyjne monitoringu lasów na obszarach Natura 2000 – <i>Robert Hildebrand</i>	161
Część III Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu.....	172
9. Stan zdrowotny drzewostanów na SPO II rzędu w 2025 r. – <i>Jadwiga Małachowska</i> ..	172
Część IV Badania na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI).....	191
10. Warunki pogodowe w 2025 roku na powierzchniach SPO MI - <i>Leszek Kluziński</i>	191
11. Poziom stężenia NO ₂ i SO ₂ w powietrzu na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	208
11.1. Dwutlenek siarki	210
11.2. Dwutlenek azotu	211
11.3. Depozycja gazowych związków siarki i azotu	213
11.4. Podsumowanie	214
12. Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi w 2025 r. na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	223
12.1. Skład chemiczny opadów	224
12.2. Depozycja roczna.....	224
12.3. Depozyt pierwiastków śladowych	225
12.4. Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych.....	226
13. Opady podkoronowe w 2025 r. na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	237
13.1. Skład chemiczny opadów podkoronowych	238
13.2. Depozyt podkoronowy.....	239
13.3. Depozyt pierwiastków śladowych w opadach podkoronowych	240
13.4. Właściwości kwasowo-zasadowe opadów podkoronowych	240
13.5. Spływ po pniu	242
14. Chemizm roztworów glebowych w 2025 r. – <i>Anna Kowalska</i>	258
15. Zmiany stężeń zanieczyszczeń gazowych, depozycji oraz składu roztworów glebowych po 2010 r. – <i>Anna Kowalska</i>	265
Część V Informacje ogólne i podsumowanie	295
16. Stan zdrowotny lasów w Polsce na tle stanu lasów w Europie – <i>Jadwiga Małachowska, Paweł Lech, Hanna Szmidla</i>	295
17. Podsumowanie wyników – <i>Paweł Lech</i>	307

WSTĘP – PAWEŁ LECH

Badania monitoringowe prowadzone są w Polsce w sieciach stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu (SPO I i II rzędu) oraz na powierzchniach monitoringu intensywnego (SPO MI). Dostarczają wiarygodnych informacji o głównych komponentach ekosystemów leśnych i procesach w nich zachodzących. Pozwalają na ocenę aktualnego stanu zdrowotnego drzewostanów oraz identyfikację kierunków zmian tego stanu w czasie i przestrzeni pod wpływem zmieniających się warunków środowiska, zwłaszcza pogody i zanieczyszczeń powietrza. Badania monitoringu lasów są wypełnieniem przez Polskę postanowień konwencji Ekonomicznej Komisji dla Europy ONZ ws. transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości (Air Convention, Genewa 1979) i dostarczają niezbędnych informacji do raportowania do Unii Europejskiej w ramach dyrektywy w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych (NEC Directive, 2016).

Głównym czynnikiem kształtującym stan zdrowotny lasów w Polsce na przestrzeni ostatnich lat niezmiennie pozostawały warunki pogodowe, a zwłaszcza dostępność wody. W roku 2025 warunki wilgotnościowe panujące w glebach na terenach leśnych były niekorzystne na prawie całym obszarze Polski (z wyjątkiem południowo-zachodniej części kraju), na co wskazują wartości klimatycznego bilansu wodnego półrocza letniego oraz liczby dni ograniczonej dostępności wody glebowej w roku. W okresie najsilniejszego wzrostu drzew (kwiecień-lipiec) największe niedobory wody występowały w zachodniej części Polski wraz z Wielkopolską, na Podlasiu, Górnym Śląsku po ziemię łódzką oraz w zachodniej części Małopolski. Był to efekt niskich opadów w końcu 2024 roku oraz w pierwszym półroczu 2025 roku we wschodniej Polsce oraz na terenie województwa lubuskiego, zachodniej części Wielkopolski oraz na Pomorzu. Z drugiej jednak strony w 2025 r. odnotowano niższe temperatury niż w roku poprzednim zarówno dla całego roku jak i w okresie wegetacyjnym. Nieco gorsze niż w całym roku 2024 warunki pogodowe na przełomie 2024 i 2025 roku skutkowały niewielkim wzrostem średniej defoliacji drzew – o 0,1%. Defoliacja drzew wszystkich gatunków utrzymywała się na relatywnie niskim poziomie (21,4%) co wskazuje na stabilną i dobrą kondycję zdrowotną lasów w Polsce. Zauważyć również należy zmniejszenie w 2025 r. względem poprzedniego udziału drzew z uszkodzeniami oraz mniejsze nasilenie występowania uszkodzeń a jednym drzewie. Zwraca również uwagę sukcesywny wzrost udziału ilościowego drzew gatunków liściastych i zmniejszanie się udziału drzew gatunków iglastych. Od 2007 r. udział drzew iglastych w ogólnej liczbie drzew ocenianych na SPO I rzędu

monitoringu lasów zmniejszył się o blisko 5 punktów procentowych (z 66,2% do 61,2% w roku 2025). Względem udziału w roku 2007 w roku 2025 zmniejszył się udział świerka (-25,17%), sosny (-7,63%) i brzozy (-4,09%), wzrósł natomiast udział domieszkowych gatunków iglastych (+34,93%), rodzimych dębów (+30,18%), domieszkowych gatunków liściastych (+28,47%), olch (+18,45%), jodły (+12,65%) oraz buka (+10,52%). Świadczy to o dostosowywaniu przez służby leśne struktury gatunkowej drzewostanów gospodarczych do zmieniających się warunków środowiska przyrodniczego powodowanych przez zmiany klimatyczne.

Badania monitoringowe prowadzone na powierzchniach monitoringu intensywnego (SPO MI) w 2025 roku potwierdziły trend zmniejszania się koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Na każdej z badanych SPO MI w okresie 2011–2025 zanotowano spadek stężenia dwutlenku siarki. Największe spadki wystąpiły w rejonach górskich. W rejonach o niższym poziomie zanieczyszczeń gazowych (Polska północno-wschodnia) spadek stężenia SO₂ był mniejszy, ale również statystycznie istotny. Również stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w badanym okresie wykazywały trend spadkowy na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI. Był on najsilniejszy na obszarach o najwyższych jego koncentracjach – w Polsce centralnej i na Górnym Śląsku (Chojnów, Łąck, Zawadzkie). Niższym koncentracjom zanieczyszczeń powietrza towarzyszył w okresie 2011–2025 wzrost wartości pH opadów oraz zmniejszanie się depozycji siarki w formie siarczanów. Depozycja mineralnych związków azotu również zmniejszała się w tym okresie na większości powierzchni monitoringu intensywnego, chociaż mniej dynamicznie niż S-SO₄²⁻. Wzrastającą depozycję azotu stwierdzono jedynie na SPO MI w Białowieży. Warunki w glebie w okresie ostatnich 10 lat były na większości SPO MI stabilne, trendy wielkości depozycji w niewielkim stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych. W roztworach glebowych kwasowość zmniejszała się na obu głębokościach tylko w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (świerk), Chojnowie (sosna) i Gdańsku (buk). Można to powiązać z rosnącą zasadowością opadów oraz istotnie malejącymi trendami depozycji związków siarki (S-SO₄²⁻) i w mniejszym stopniu azotu (N-NO₃⁻). W Chojnowie warunki glebowe ulegają niewielkiej poprawie, zauważalnej początkowo w górnej części profilu gleby, a z upływem czasu, od 2023 roku, sięgającej w głąb profilu glebowego, wyrażającej się wzrostem relacji zasadowych kationów do glinu oraz spadkiem stężeń siarczanów (VI).

Prowadzone na SPO MI pomiary służą ocenie stopnia antropogenicznego zagrożenia ekosystemów zakwaszeniem i eutrofizacją, jako pochodną depozycji związków siarki o działaniu zakwaszającym oraz związków azotu, działających zarówno zakwaszająco, jak

i eutrofizująco. Wyniki prowadzonych badań monitoringu leśnego wskazują zwłaszcza na to drugie zjawisko jako obecnie realne zagrożenie dla stabilności lasów w Polsce. Ryzyko eutrofizacji wyrażone przekraczaniem tzw. ładunków krytycznych azotu (wynoszących dla Polski od 7 do 15 kg N ha⁻¹) występowało w minionych latach na większości SPO MI, wskazując na nadmierną podaż tego pierwiastka. W konsekwencji, a także wskutek rosnących stężeń CO₂ w powietrzu oraz wydłużonego sezonu wegetacyjnego, następuje z jednej strony przyspieszony przyrost drzew, ale z drugiej zakłócone są symbiotyczne układy mikoryzowe w systemach korzeniowych drzew, co z kolei może powodować w dłuższej perspektywie niedobory w zaopatrzeniu drzew w związki odżywcze i być przyczyną ich niestabilności.

W sytuacji globalnych zmian klimatu racjonalnym działaniem podejmowanym w celu utrzymania stabilności drzewostanów i podniesienia ich odporności na czynniki stresowe w dłuższym okresie są zabiegi hodowlane prowadzące do minimalizacji ryzyka ekologicznego przez zwiększenie różnorodności gatunkowej drzewostanów i dostosowywanie ich składów gatunkowych do przewidywanych scenariuszy klimatycznych. Obserwacje monitoringowe wskazują, że takie działania są podejmowane, co skutkuje dynamicznym zmianom udziału gatunków iglastych i liściastych w lasach Polski. Z punktu widzenia zwiększania akumulacji CO₂ w biomasie korzystne byłoby także szersze wykorzystanie odnowień naturalnych i podsadzeń oraz ograniczenie zrębów zupełnych, które wymagają pełnego przygotowania gleby, powodującego uwalnianie CO₂ z szybko rozkładającej się materii organicznej.

Podsumowując stwierdzić należy, że w roku 2025 stan zdrowotny lasów w Polsce był dobry i stabilny. W tym kontekście należy wskazać na działania dostosowujące gospodarkę leśną do zmieniających się warunków środowiska przyrodniczego, widoczne m.in. w zmianach struktury gatunkowej drzewostanów.

CZĘŚĆ I. PROGRAM MONITORINGU LASÓW I METODYKA BADAŃ

1. PROGRAM MONITORINGU LASÓW W 2025 ROKU – *PAWEŁ LECH, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI*

Badania Monitoring lasów (ML) mają na celu określenie zróżnicowania stanu zdrowotnego lasów w przestrzeni i czasie oraz kierunków zmian i ich dynamiki zachodzących w ekosystemach leśnych Polski. W 2025 roku kontynuowano realizację długookresowych celów monitoringu lasów, m.in. takich jak:

- określenie rozkładu przestrzennego stanu zdrowotnego drzewostanów,
- porównanie stanu zdrowotnego lasów wyróżnionych kategoriami własności,
- analiza związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy zdrowotnością lasów a czynnikami środowiska,
- identyfikacja głównych symptomów i przyczyn (biotycznych i abiotycznych) uszkodzeń drzew,
- określenie trendów zmian stanu zdrowotnego lasów w dziesięcioleciu 2016–2025,
- określenie warunków pogodowych w trakcie realizowanych badań,
- określenie koncentracji zanieczyszczeń powietrza SO₂ i NO₂ na terenach leśnych w sieci powierzchni monitoringu intensywnego (SPO MI),
- określenie bieżącego poziomu depozycji związków chemicznych docierających do środowiska leśnego.

W ramach programu ML w 2025 roku realizowano następujące badania, analizy, pomiary i obserwacje:

Stałe Powierzchnie Obserwacyjne I rzędu:

1. **Monitoring stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu (SPO I rzędu)** – przeprowadzony został na 2055 SPO I rzędu (1222 powierzchnie badano w ramach umowy z GIOŚ oraz 833 powierzchnie w ramach umowy z DGLP) w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat, założonych w sieci 8 × 8 km. Zarejestrowano gatunek, wiek, pierśnicę, status oraz stanowisko biosocjalne 41100 drzew próbnych (20 na każdej powierzchni). Obserwacje cech morfologicznych koron drzew dotyczyły następujących parametrów: defoliacji, odbarwienia, ocienienia korony, liczby roczników igliwia, długości igliwia lub wielkości liści, struktury przyrostu pędów, typu przerzedzenia korony, udziału martwych gałęzi, występowania pędów wtórnych, urodzaju nasion i intensywności kwitnienia.

2. **Monitoring symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew** – przeprowadzono na 2055 SPO I rzędu, określając następujące parametry drzew próbnych: miejsce uszkodzenia na drzewie (w tym lokalizację uszkodzenia w obrębie korony), rodzaj symptomu uszkodzenia, kategorię i klasę czynnika sprawczego oraz rozmiar uszkodzenia.

Stałe Powierzchnie Obserwacyjne II rzędu:

3. **Monitoring stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu (SPO II rzędu)** – przeprowadzony został na 136 czynnych powierzchniach. Zakres obserwacji był zgodny z programem pomiarów realizowanych na SPO I rzędu.
4. **Monitoring symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew** – przeprowadzono na 136 SPO II rzędu, określając następujące parametry drzew próbnych: miejsce uszkodzenia na drzewie (w tym lokalizację uszkodzenia w obrębie korony), rodzaj symptomu uszkodzenia, kategorię i klasę czynnika sprawczego oraz rozmiar uszkodzenia.
5. **Pobór próbek aparatu asymilacyjnego** – na każdej ze 133 SPO II rzędu pozyskano z 5 drzew próbki liści i igieł w celu określenia stanu odżywienia mineralnego drzewostanów. Łącznie pozyskano 1205 próbek aparatu asymilacyjnego i przekazano je do Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego w celu wykonania analiz chemicznych. Omówienie wyników analiz zamieszczone zostanie w raporcie monitoringowym za 2026 rok.

Stałe Powierzchnie Obserwacyjne Monitoringu Intensywnego:

6. **Monitoring parametrów meteorologicznych** – obejmował pomiary w pobliżu 12 stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI) następujących parametrów: temperatury powietrza [°C] na wysokości 2 m i 0,5 m oraz przy gruncie (na wysokości 5 cm), temperatury gleby [°C] na głębokości 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm, wilgotności względnej powietrza [%] na wysokości 2 m, wilgotności gleby [dm^3/m^3] (poza SPO MI w Białowieży, Krotoszynie i Zawadzkiem), promieniowania całkowitego [W/m^2], prędkości wiatru [m/s], kierunku wiatru [°] oraz opadu atmosferycznego [mm]. Pomiary były wykonywane przez automatyczne stacje meteorologiczne w cyklu ciągłym.

7. **Monitoring jakości powietrza atmosferycznego** – przeprowadzono na 12 SPO MI. Obejmował on pomiar koncentracji w powietrzu SO_2 , NO_2 metodą pasywną (3 próbniki na każdej powierzchni) z miesięczną ekspozycją próbników.
8. **Monitoring depozytu zanieczyszczeń na otwartej przestrzeni** – przeprowadzono na 12 SPO MI. Określono objętość, przewodność elektrolityczną, pH oraz skład chemiczny opadów atmosferycznych: zawartość Ca, DOC, Nog, K, Mg, Na, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Al, Mn, Fe oraz metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn) i zasadowość w próbkach o pH wyższym niż 5. Pobór próbek opadów następował w cyklach miesięcznych. Do analiz pobierano próbki wód opadowych z 3 kolektorów.
9. **Monitoring chemizmu opadów podkoronowych (w tym spływu po pniu)** – obejmował pomiary na 12 SPO MI. Wykonano pobór próbek i analizy chemiczne z 25 chwytników podkoronowych w cyklu miesięcznym. Do analiz próbki łączono z 5 kolektorów podkoronowych. Na dwóch SPO MI w drzewostanach bukowych pobrano próbki, określono ilość opadu i wykonano analizy chemiczne spływu po pniu. Analizy obejmowały określenie przewodności elektrolitycznej, pH, Ca, DOC, Nog, Mg, K, Na, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Fe, Mn, Al, Cd, Cu, Pb, Zn i zasadowości w próbkach o pH wyższym niż 5.
10. **Monitoring chemizmu roztworów glebowych** – obejmował pomiary na 12 SPO MI i obejmował pobór próbek z 20 lizymetrów z głębokości 25 i 50 cm (po 10 na każdej głębokości) w cyklu miesięcznym oraz określenie ilości roztworów glebowych i analizy chemiczne. Podobnie jak w przypadku pozostałych próbek wody obejmowały one określenie przewodności elektrolitycznej, pH, Ca, DOC, Nog, Mg, K, Na, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Fe, Mn, Al, Cd, Cu, Pb, Zn i zasadowości w próbkach o pH wyższym niż 5.

Wszystkie analizy chemiczne próbników pasywnych oraz próbek wody pozyskane na SPO MI wykonano w certyfikowanym Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego IBL.

2. METODYKA POMIARÓW I OBSERWACJI WYKONANYCH W 2025 R.

– PAWEŁ LECH, ANNA KOWALSKA, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI

Program i metodyka monitoringu lasów w Polsce, w swoich podstawowych założeniach, oparte są na metodyce rekomendowanej przez International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests) („Międzynarodowy Program Koordynujący Ocenę i Monitoring Wpływu Zanieczyszczeń Powietrza na Lasy”) (Manual... 2020-2022) do Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości.

Monitoring lasów w Polsce funkcjonuje w sieci stałych powierzchni obserwacyjnych (SPO). Wyróżniono: stałe powierzchnie obserwacyjne I rzędu, rozmieszczone w regularnej sieci 8×8 km, stałe powierzchnie obserwacyjne II rzędu, reprezentujące drzewostany głównych gatunków lasotwórczych (sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, dębów i buka) i wszystkie krainy przyrodniczo-leśne, oraz stałe powierzchnie obserwacyjne z rozszerzonym programem badawczym (monitoring intensywny, SPO MI), wybrane spośród SPO II rzędu.

Sieć powierzchni wielkoobszarowej inwentaryzacji, stanowiąca bazę dla systemu powierzchni krajowego monitoringu lasów, powstała w oparciu o układ powierzchni ICP Forests – europejskiej sieci leśnych powierzchni badawczych. Ma on stały punkt odniesienia o współrzędnych: szerokość geograficzna $50^{\circ}15'15''$ N i długość geograficzna $09^{\circ}47'06''$ E. Jest to punkt wyjściowy, od którego wyznaczono wszystkie powierzchnie w europejskiej sieci 16×16 km. Sieć tę dla potrzeb wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu zagęszczono do układu 4×4 km, a dla monitoringu krajowego do układu 8×8 km (SPO I rzędu). Sieć SPO I rzędu corocznie podlega weryfikacji, w wyniku której liczba powierzchni objętych obserwacjami ulega zmianom – wzrasta w przypadku wzrostu lesistości kraju i przechodzenia powierzchni z oczekujących do aktywnych w momencie osiągnięcia przez drzewostan wieku 21 lat, lub zmniejsza się w przypadku usunięcia drzewostanu (przejścia powierzchni do oczekujących) bądź trwałej likwidacji powierzchni (zmiana kategorii użytkowania gruntu). W 2025 r. obserwacje wykonano łącznie na 2055 SPO I rzędu.

W 1994 roku założono 122 stałe powierzchnie obserwacyjne II rzędu w drzewostanach iglastych (100 powierzchni sosnowych i 22 powierzchnie świerkowe), a w 1996 roku założono 26 takich powierzchni w drzewostanach liściastych (15 powierzchni dębowych i 11 powierzchni bukowych). Zostały one zlokalizowane w drzewostanach w wieku 41–90 lat, po 2 w każdej dzielnicy przyrodniczo-leśnej Polski, będącej w tym czasie podstawową jednostką

regionalizacji¹. W niektórych dzielnicach, ze względu na ich rozległy obszar, założono 3 powierzchnie. Na powierzchniach tych, poza corocznymi obserwacjami stanu zdrowotnego drzew oraz symptomów i przyczyn uszkodzeń, prowadzone są następujące badania okresowe: glebowe (co 10 lat), chemizmu igliwia lub liści (co 4 lata), roślinności runa (co 5 lat), dendrometryczne (co 5 lat). W latach 2008–2019 na 15 SPO II rzędu (11 ze świerkiem, 3 z sosną i 1 z dębem) usunięto drzewostan i od tej pory nie przeprowadzano na tych powierzchniach pomiarów i obserwacji odnoszących się do drzewostanu. W 2025 r. stwierdzono występowanie drzewostanów w wieku powyżej 20 lat na 3 spośród tych 15 SPO II rzędu i wznowiono na nich wykonywanie ocen stanu zdrowotnego drzew.

2.1. Zakres i metodyka oceny stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I i II rzędu

Ocenę stanu zdrowotnego wykonuje się dla 20 drzew próbnych wybranych z drzewostanu panującego (I-III klasa Krafra). Przedmiotem oceny są cechy morfologiczne koron oraz występujące, widoczne uszkodzenia drzew. Szczególną uwagę przywiązuje się do szacunków defoliacji i odbarwienia aparatu asymilacyjnego, które przeprowadza się w 5-procentowym odstopniowaniu. Około 5% powierzchni podlega powtórnej ocenie przez kontrolną grupę obserwatorów. Zebrane wyniki służą do porównania zgodności szacunków defoliacji i innych parametrów drzew wykonanych przez taksatorów oraz przez grupę kontrolną. Podobnie jak to miało miejsce w latach poprzednich wyniki kontroli potwierdziły wysoką zgodność i poprawność przeprowadzonych ocen defoliacji i uszkodzeń drzew próbnych.

Ocenę stanu zdrowotnego drzewostanów prowadzono w 2025 r. w okresie od 30 czerwca do 30 września (ryc. 2.1). Wszystkie powierzchnie były dostępne.

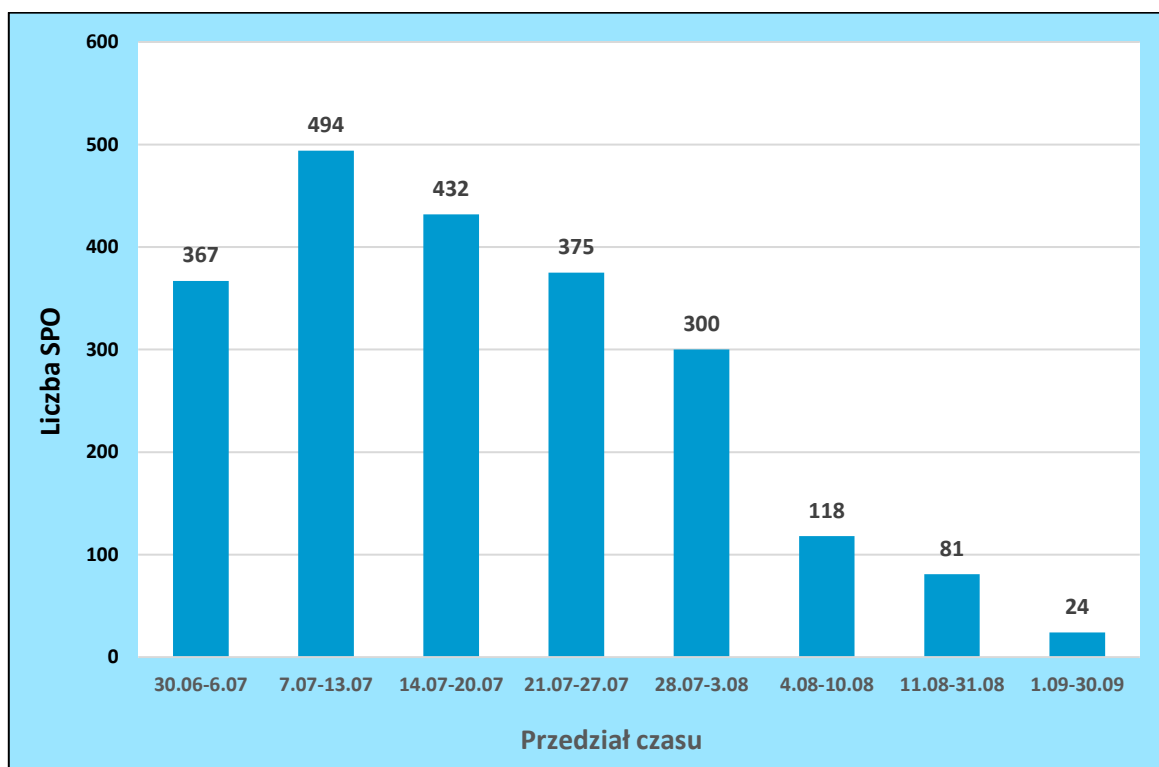
Metodyka oceny stanu zdrowotnego drzew próbnych

Wyniki szacowania defoliacji i odbarwień grupuje się w następujące klasy:

- klasa 0 – od 0 do 10% – bez defoliacji/odbarwień,
- klasa 1 – >10 do 25% – lekka defoliacja/odbarwienia (poziom ostrzegawczy),
- klasa 2 – >25 do 60% – średnia defoliacja/odbarwienia,
- klasa 3 – powyżej 60% – duża defoliacja/odbarwienia,
- klasa 4 – drzewa martwe,

¹ Od roku 2012 obowiązuje nowy system regionalizacji przyrodniczo-leśnej Polski, obejmujący 8 krain przyrodniczo-leśnych i 183 mezoregiony, wyodrębniane na podstawie informacji o dominujących warunkach siedliskowych (typy gleb, typy siedliskowe lasu, różnicowanie zbiorowisk roślinnych), drzewostanowych (poziom lesistości, gatunki panujące i wielkość zasobów drzewnych) oraz sposobach użytkowania ziemi.

oraz grupy klas: klasy 1–3, klasy 2–3, klasy 2–4 i klasy 3–4. Powyższy podział obowiązuje w Międzynarodowym Programie Wpływu Zanieczyszczeń na Lasy – ICP Forests (Manual... 2020-2022).



Rycina 2.1. Przebieg prac terenowych na SPO I i II rzędu w okresie 30.06-30.09.2025 r.

Ponadto wyróżnia się klasy stanu zdrowotnego drzewostanów przyjmując, że są one kombinacją klasy defoliacji i klasy odbarwienia wg poniższego schematu:

Klasa defoliacji	Klasa odbarwienia				
	0	1	2	3	4
	Klasa zdrowotności				
0	0	0	1	2	
1	1	1	2	2	
2	2	2	3	3	
3	3	3	3	3	
4					4

gdzie:

- 0 – klasa drzew zdrowych,
- 1 – klasa ostrzegawcza,
- 2 – klasa lekkiego i średniego obniżenia stanu zdrowotnego,
- 3 – klasa silnego obniżenia stanu zdrowotnego,
- 4 – drzewa martwe.

Obserwacje drzew próbnych obejmują ponadto następujące cechy drzew oraz ich koron:

- Stanowisko biosocjalne (klasa Krafta):

- 1 – drzewa górujące,
- 2 – drzewa panujące,
- 3 – drzewa współpanujące,
- 4 – drzewa opanowane,
- 5 – drzewa przygłuszone.

W roku zakładania powierzchni wszystkie drzewa próbne były dobierane spośród drzew 1–3 klas Krafra. Również drzewa dobierane w zastępstwie drzew zamarłych/usuniętych muszą spełniać ten warunek. W kolejnych latach drzewa mogą zmienić swoje stanowisko biosocjalne. Pomimo to podlegają ocenom do momentu stwierdzenia ich zamarcia bądź usunięcia z powierzchni.

- Defoliacja – z dokładnością do 5%,
- Odbarwienie – z dokładnością do 5%,
- Pomiar pierśnicy drzew – z dokładnością do 1 mm,
- Ocienienie korony:
 - 1 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z jednej strony,
 - 2 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z dwóch stron,
 - 3 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z trzech stron,
 - 4 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z czterech stron,
 - 5 – korona z otwartą przestrzenią rozwoju, bez śladów oddziaływania ocienienia,
 - 6 – drzewa przygłuszone.
- Widoczności korony:
 - 10 – pełna widoczność korony,
 - 20 – częściowa widoczność korony,
 - 21 – większa część korony widoczna,
 - 22 – mniejsza część korony widoczna,
 - 30 – widoczny zarys korony,
 - 40 – korona niewidoczna.
- Liczba roczników igliwia – podaje się dominującą liczbę roczników igliwia w środkowej części korony,
- Długość igliwia lub wielkość liści – ocenia się dominującą długość igliwia lub wielkość liści w środkowej części korony, wyróżniając:
 - 1 – skrócone lub zmniejszone,
 - 2 – normalne,
 - 3 – wydłużone lub powiększone.
- Proporcje przyrostu pędów – ocenia się dominujące proporcje przyrostu pędów w górnej części korony:
 - 1 – przyrost pędu głównego większy od przyrostu pędów bocznych,
 - 2 – przyrost pędu głównego równy przyrostowi pędów bocznych,
 - 3 – przyrost pędu głównego mniejszy od przyrostu pędów bocznych.
- Typ przerzedzenia korony:
 - 0 – w przypadku defoliacji poniżej 10%,
 - 1 – peryferyjny,
 - 2 – odśrodkowy,
 - 3 – oddolny,
 - 4 – odgórny,

- 5 – podwierzchołkowy,
- 6 – równomierny,
- 7 – lukowatość,
- 8 – ulistnienie kępowe.

- Udział martwych gałęzi – ocenę wykonuje się dla górnej połowy korony, wyróżniając:
 - 0 – brak martwych gałęzi,
 - 1 – pojedyncze martwe gałęzie (do 10%),
 - 2 – od 11 do 50% martwych gałęzi,
 - 3 – powyżej 50% martwych gałęzi.
- Występowanie pędów wtórnych, urodzaju nasion i kwitnienia – cechy te określa się, podając:
 - 0 – nie występuje,
 - 1 – występuje,
 - 2 – występuje obficie.

Istotnym elementem oceny drzew próbnych jest rejestracja występujących na nich uszkodzeń. Określeniu podlega ich lokalizacja, rodzaj symptomu, rozmiar i przyczyna wystąpienia. Ocenę uszkodzeń oparto na systemie kodów – zestawienia poniżej. Istnieje możliwość wpisania maksymalnie 3 uszkodzeń odnoszących się do jednego drzewa w kolejności wg znaczenia danego uszkodzenia dla zdrowotności drzewa.

Lokalizacja uszkodzeń:

<i>Miejsce uszkodzenia</i>	<i>Dokładniejsze określenie miejsca występowania uszkodzenia</i>	<i>Kod (2 znaki)</i>	<i>Lokalizacja w obrębie korony</i>	<i>Kod (1 znak)</i>
Liście lub igliwie	bieżący rocznik igieł	11	górna część korony dolna część korony niejednolita cała korona	1
	starsze igły	12		2
	igły wszystkich roczników	13		3
	liście (w tym gatunki zimozielone)	14		4
Gałęzie, pędy, pączki	pędy tegoroczne	21	górna część korony dolna część korony niejednolita cała korona	1
	gałęzie o grubości < 2 cm	22		2
	gałęzie o grubości 2–10 cm	23		3
	gałęzie o grubości > 10 cm	24		4
	pędy o zróżnicowanej grubości	25		
	pęd wierzchołkowy	26		
	pączki	27		
Pień, szyja korzeniowa	strzała w obrębie korony	31		0
	pień pomiędzy szyją korz. a koroną	32		
	korzenie i szyja korz. (<25 cm)	33		
	cała strzała	34		
Martwe drzewo		04		0
Brak uszkodzeń		00		0
Brak oceny		09		0

Symptomy uszkodzenia:

Uszkodzona część	Symptomy	Kod (2 znaki)	Specyfikacja symptomów	Kod (2 znaki)
Liście lub igliwie	liście częściowo lub całkowicie zjedzone/brakujące	01	dziurawe, częściowo zjedzone, brakujące	31
			nadgryzienie brzegowe (liście, igły)	32
			całkowicie zjedzone, brakujące	33
			szkieletyzacja	34
			minowane	35
			przedwczesne opadanie	36
	przebarwienie liści jasnozielone do żółtego	02	ogólne	37
			plamy	38
	przebarwienie liści czerwone do brązowego (włączając nekrozy)	03	przebarwienia brzegowe	39
			przebarwienia taśmowe	40
			przejaśnienia	41
	zbrązowienie liści inne kolory	04 05	przebarwienia wierzchołkowe	42
			częściowe	43
			wzdłuż naczyń	44
	mikrofilmia (nienaturalnie drobne	06		00
	inne nienaturalne rozmiary liści	07		00
	deformacje	08	pofalowane	45
			zawijanie	46
			zwijanie	47
			skręcenie	48
			zginanie	49
			galasówki	50
			więdnięcie	51
			inne deformacje	52
	inne symptomy	09		00
	oznaki występowania owadów	10	czarny nalot na liściach	53
			gniazda	54
			imago, larwy, poczwarki, nimfy, grupy jaj	55
	oznaki występowania grzybów	11	biały nalot na liściach	56
			owocniki na liściach	57
	inne oznaki	12		00
Gałęzie, pędy, pączki	zjedzone, utracone	01		00
	złamane	13		00
	martwe/obumierające	14		00
	zrzucone	15		00
	nekrozy	16		
	rany (obdarcie kory, szczeliny)	17	obdarcie kory	58
			szczeliny, pęknięcia	59
			inne rany	60
	wycieki żywicy (iglaste)	18		00
	wycieki (liściaste)	19		00
	zgnilizna	20		00
	deformacja	08	więdnięcie	51

			zaginanie, zrzućanie, zakrzywianie	61
			narośle	62
			zrakowacenia	63
			czarcia miotła	64
			inne deformacje	52
	inne symptomy	09		00
	oznaki owadów	10	otwory, trociny w otworach	65
			gniazda	54
			białe kropki lub nalot	66
			imago, larwy, nimfy, poczwarka, grupy jaj	55
	oznaki grzybów	11	owocniki grzybów	57
	inne oznaki	12		00
Strzała, pień	rany (obdarcia kory, szczeliny)	17	obdarcie kory	58
			szczeliny, pęknięcia (od mrozu)	59
			inne rany	60
	wycieki żywicy (iglaste)	18		00
	wycieki (liściaste)	19		00
	zgnilizna	20		00
	deformacja	08	narośle	62
			zrakowacenia	63
			podłużne grzbiety	00
			inne deformacje	52
	pochylone	21		00
	przewrócone (z korzeniami)	22		00
	złamane	13		00
	części nekrotyczne	16		00
	inne symptomy	09		00
	oznaki owadów	10	otwory, trociny w otworach	65
			białe kropki lub nalot	66
			imago, larwa, poczwarka, nimfa, grupa jaj	55
	oznaki grzybów	11	owocniki grzybów	57
			pęcherze żółto-pomarańczowe	67
	inne oznaki	12		00

Kategorie czynnika sprawczego:

<i>Kategoria czynników sprawczych</i>	<i>Kod</i>
Kręgowce	100
Owady	200
Grzyby	300
Czynniki abiotyczne	400
Bezpośrednie działanie człowieka	500
Pożary	600
Zanieczyszczenia powietrza	700
Konkurencja i inne czynniki	800
(Badane, ale) Niezidentyfikowane	999

Dwa zera w kodzie czynnika sprawczego zastępuje się kodami z załączonego poniżej katalogu, dokładniej identyfikując (jeżeli to możliwe) dany czynnik.

Lista kodów określających klasę czynnika sprawczego:

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek)*</i>
KREGOWCE	100	jeleniowate	110	
		dziki	120	
		gryzonie	130	
		ptaki	140	
		zwierzęta domowe	150	
		inne kręgowce	190	

* wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek owada)*</i>
OWADY	200	liściożerne	210	
		uszkadzające pień, gałęzie, pędy	220	
		uszkadzające pączki	230	
		uszkadzające kwiatostany, owoce	240	
		owady ssące	250	
		owady minujące	260	
		galasówki	270	
		inne owady	290	

* wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową owada w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek grzyba)*</i>
GRZYBY	300	osutki i rdze	301	
		rdze pędów i pni	302	
		więdnienie	303	
		Rozkład drewna i zgnilizna korzeni	304	
		plamistość liści	305	
		antraknozy	306	
		mączniaki	307	
		więdnienie naczyniowe	308	
		zamieranie i rakowacenie	309	
		deformacje	310	
		inne grzyby	390	

* wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową grzyba w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Typ czynnika</i>	<i>Kod</i>
ABIOTYCZNE	400	czynniki chemiczne	410	zakłócenia pokarmowe – deficyt biogenów	411
		czynniki fizyczne	420	lawiny	421
				susza	422
				zalewy	423
				mróz	424
				szron, sadź	425
				oparzenia słoneczne	426
				pioruny	427
				osunięcia terenu	429
				śnieg, lód	430
				wiatry	431
				uszkodzenia zimowe	432
				płytkość, uboga gleba	433
		inne czynniki abiotyczne	490		

Czynnik	Kod	Klasa czynnika	Kod	Typ czynnika	Kod
BEZPOŚREDNIE ODDZIAŁYWANIA CZŁOWIEKA	500	obiekty wbite	510		
		niewłaściwe techniki sadzenia	520		
		konserwacja terenu	530		
		zabiegi hodowlane lub pozyskanie	540	zranienia	541
				podkrzesywanie	542
				pozyskanie żywicy	543
				zdzieranie kory	544
				operacje hodowlane	545
		mechaniczne uszkodzenia przez pojazdy	550		
		budowa dróg	560		
		ubicie gleby	570		
		niewłaściwe użycie środków chemicznych	580	pestycydy	581
				sól do odsalania	582
		inne bezpośrednie działanie człowieka	590		

Czynnik	Kod
POŻARY	600

Czynnik	Kod	Klasa czynnika	Kod
ZANIECZY- SZCZENIA POWIETRZA	700	SO ₂	701
		H ₂ S	702
		O ₃	703
		PAN	704
		F	705
		HF	706
		Inne	790

Czynnik	Kod	Klasa czynnika	Kod	Uwagi (gatunek)*
KONKURENCJA I INNE CZYNNIKI	800	parazyty, epifity	810	
		bakterie	820	
		wirusy	830	
		nicienie	840	
		konkurencja	850	
		mutacje	860	
		inne (znane przyczyny, ale niewskazane na liście)	890	

*wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

Rozmiar uszkodzenia:

Klasa [%]	Opis	Kod
0	brak	0
1–10	nieznaczne	1
11–20	słabe	2
21–40	umiarkowane	3
41–60	silne	4
61–80	bardzo silne	5
81–99	ekstremalne	6
100	martwe drzewo	7

Metodyka i procedury oceny drzew próbnych na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu lasów zostały omówione na corocznym szkoleniu wykonawców, poprzedzającym prace terenowe. Do lokalizacji powierzchni, identyfikacji drzew oraz rejestracji danych obserwacyjnych i pomiarowych wykorzystano tablety SAMSUNG S2 TAB, pracujące w systemie Android, stosując do tego celu specjalne oprogramowanie: AutoMapa XL oraz mLas Inżynier Pro z zainstalowaną dodatkową warstwą punktową, pokazującą lokalizację poszczególnych powierzchni. Wykorzystywano również aplikację „Monitoring”, dedykowaną do identyfikacji drzew na SPO oraz rejestracji danych obserwacyjnych i pomiarowych, w tym danych obrazowych (zdjęcia powierzchni i stwierdzonych uszkodzeń). Oprogramowanie to obejmowało również uproszczony klucz do oznaczania symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew oraz zdjęcia przykładowych uszkodzeń i ich sprawców. Po zakończeniu prac terenowych zapisane na urządzeniach mobilnych wyniki wykonanych obserwacji i pomiarów zostały skopiowane do Bazy Danych Monitoringu Lasów.

Przebieg prac terenowych podlegał wewnętrznej kontroli, polegającej na powtórnym wykonaniu pełnej oceny drzew próbnych na około 5% SPO. Odnotowane różnice dotyczyły zarówno zawyżania, jak i zaniżania poziomu defoliacji w porównaniu do oceny grupy kontrolnej. Stwierdzony przeciętny poziom tych różnic w roku 2025 wynosił 0,7 punktu procentowego. Wyniki kontroli wykorzystywane są przy wyborze wykonawców terenowych oraz do doskonalenia metod ich corocznego szkolenia.

Do oceny stanu zdrowotnego drzewostanów na SPO I i II rzędu stosowano taką samą metodykę.

2.2. Pozyskanie próbek aparatu asymilacyjnego z drzew stojących na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu

Poboru próbek z drzew stojących dokonuje się w cyklu 4-letnim w celu oceny odżywienia mineralnego drzew. Ponieważ próbki są pozyskiwane z tych samych drzew podstawową zasadą obowiązującą przy wykonywaniu tej czynności jest minimalizowanie szkód dla drzew jak i powierzchni monitoringowych. Dyskwalifikuje to zarówno stosowanie odstrzeliwania gałęzi bronią palną (hałas, zanieczyszczanie powierzchni ołowiem) jak i stosowanie przyrządów mogących uszkadzać korę drzew (fot. 2.1.A,B). Niewskazane jest również pozyskiwanie nadmiernie dużych próbek. Dlatego preferuje się stosowanie metody alpinistycznej (wchodzenie na drzewa bez użycia obręczy i butów z kolcami) oraz procy arborystycznej, pozwalającej na pozyskanie próbek bez wchodzenia na drzewa (fot. 2.1.C).



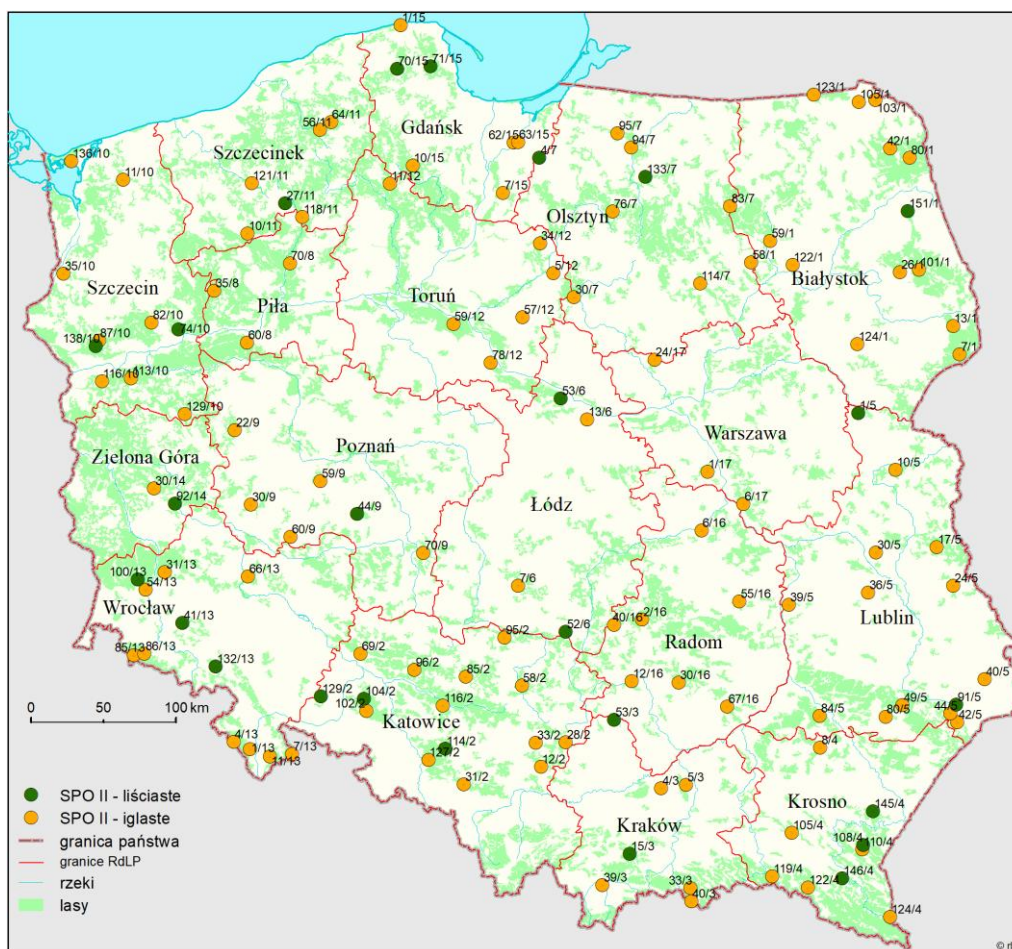
Fotografia 2.1. Uszkodzenia kory drzew wskutek zastosowania kolców i obręczy podczas wchodzenia na drzewa (A, B) oraz zastosowanie procy arborystycznej przy pozyskaniu próbek aparatu asymilacyjnego (C)

W 2025 r. próbki pozyskano łącznie ze 133 SPO II rzędu – 25 powierzchni z drzewostanami liściastymi – dębami (14 SPO II rzędu) i bukiem (11 SPO II rzędu) oraz 108 powierzchni z drzewostanami iglastymi – sosną (97 SPO II rzędu) i świerkiem (11 SPO II rzędu). Prace prowadzono od drugiej połowy sierpnia do końca października 2025 r. według poniżej zamieszczonej instrukcji. Łącznie pozyskano 1205 próbek liści i igieł.

Powierzchnie i drzewa z których pobierano próbki aparatu asymilacyjnego:

Poboru próbek aparatu asymilacyjnego dokonano na SPO II rzędu, na których występuje drzewostan. Próbkę pobierano na każdej powierzchni z 5 drzew, oznaczonych cyframi rzymskimi: I, II, III, IV i V.

W przypadku usunięcia drzewa dokonano wyboru nowego, oznaczając je cyfrą rzymską drzewa usuniętego, a fakt dobrania nowego drzewa odnotowano w raporcie. Drzewa dobrano spośród drzew gatunku panującego I i II klasy Krafca (górujące i panujące), znajdujących się w granicach powierzchni dendrometrycznej i cechujących się defoliacją zbliżoną do średniej w całym drzewostanie (dopuszczalna różnica $\pm 5\%$). Nowo dobrane drzewa oznakowano przez namalowanie białą farbą pasa na wysokości od 1,5 do 1,8 oraz numeru drzewa (cyfrą rzymską odpowiadającą numerowi drzewa usuniętego)



Rycina 2.2. Rozmieszczenie na terenie Polski SPO II rzędu z drzewostanami liściastymi i iglastymi z których pozyskano próbki aparatu asymilacyjnego w 2025 r.

Termin wykonania zbioru:

Próbki aparatu asymilacyjnego w przypadku drzew liściastych (dąb i buk) pobrane zostały w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego (sierpień – początek września).

Pozyskanie igieł (świerk, sosna) wykonano po zakończeniu sezonu wegetacyjnego, od drugiej połowy września do końca października. Pozyskane gałęzie muszą zapewnić możliwość pobrania bieżącego i poprzedniego rocznika igieł.

Łącznie pozyskano 125 próbek liści oraz 1080 próbek igieł.

Zasady poboru próbek aparatu asymilacyjnego:

Aparat asymilacyjny pozyskano z czterech stron korony drzewa, z gałęzi znajdujących się w górnej (5-7 okółek), zewnętrznej części korony, rosnących przy dostępie światła.

W przypadku niewidocznych okółków, koronę drzewa dzielono na 3 równe części i próbki aparatu asymilacyjnego pozyskiwano z górnej części korony, ale nie z samego wierzchołka.

W drzewostanach iglastych z każdego drzewa pobierano próbki reprezentujące igliwie bieżącego rocznika i ubiegłoroczne (patrz rycina).

Liście i pędy z igłami pozyskane z danego drzewa i tworzące próbkę jego aparatu asymilacyjnego zostały zapakowane oddzielnie do papierowych kopert. Koperty te opisano w następujący sposób:

Nr SPO II: (nr SPO II/nr WISL)

Numer drzewa i rocznik igieł: (nr drzewa - cyfra rzymska od I do V, z którego pozyskano próbkę a także arabski numer dendrometryczny tego drzewa oraz w przypadku drzew iglastych rocznik igliwia – 1 lub 2)

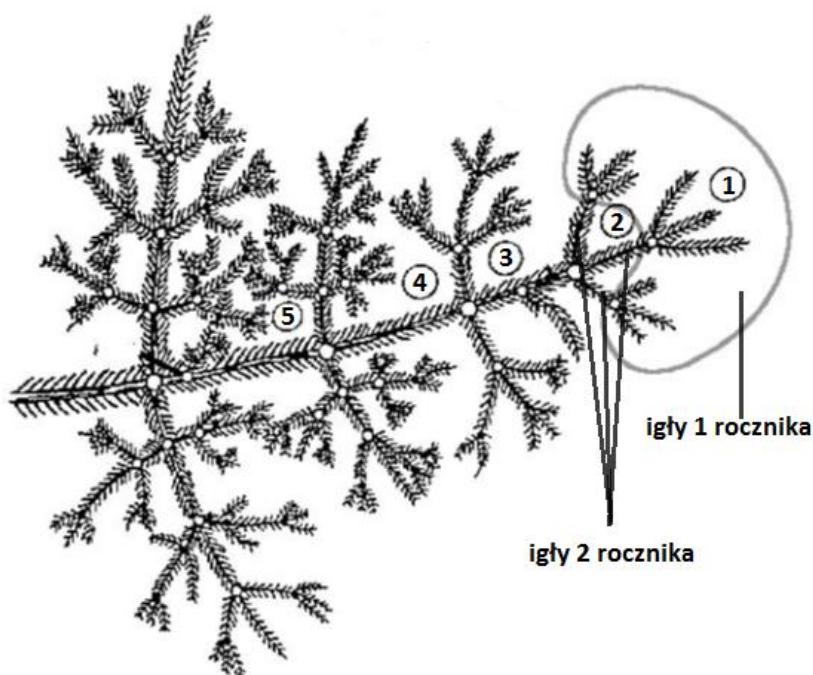
Data zbioru: dd.mm.rrrr

Osoba odpowiedzialna: (wskazano kto nadzorował/dokonywał poboru próbek)

Umieszczone w kopertach próbki zabezpieczono przed zawilgoceniem i do momentu transportu do laboratorium IBL przechowywać w suchym, czystym, ciemnym i chłodnym pomieszczeniu. Większość próbek przekazywano do IBL niezwłocznie po ich pozyskaniu.

Szkolenie:

Przed rozpoczęciem badań terenowych przedstawiciel IBL przeprowadził szkolenie dotyczące zasad poboru próbek aparatu asymilacyjnego na SPO II rzędu monitoringu lasów.



Schemat gałęzi świerka z igłami przewidzianymi do pozyskania (rocznik 1 i 2)

2.3. Monitoring parametrów meteorologicznych i chemizmu środowiska leśnego na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego

W 2025 r. na 12 SPO MI (monitoringu intensywnego) położonych w nadleśnictwach: Gdańsk, Suwałki, Strzałowo, Krucz, Białowieża, Łąck, Chojnów, Krotoszyn, Zawadzkie, Szklarska Poręba, Bircza i Piwniczna, kontynuowano pomiary parametrów meteorologicznych, jakości powietrza (SO_2 , NO_2 metodą pasywną), depozytu zanieczyszczeń na otwartej przestrzeni, pod okapem drzewostanów (w drzewostanach bukowych również spływu po pniu) oraz chemizmu roztworów glebowych.

Monitoring meteorologiczny obejmował pomiary w pobliżu 12 SPO MI (monitoringu intensywnego) następujących parametrów: temperatury powietrza [$^{\circ}\text{C}$] na wysokości 2 m i 0,5 m oraz przy gruncie (na wysokości 5 cm), temperatury gleby [$^{\circ}\text{C}$] na głębokości 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm, wilgotności względnej powietrza [%] na wysokości 2 m, wilgotności gleby [dm^3/m^3] (z wyłączeniem stacji w Białowieży, Krotoszynie i Zawadzkim), promieniowania całkowitego [W/m^2], prędkości wiatru [m/s], kierunku wiatru [$^{\circ}$] oraz opadu atmosferycznego [mm]. Pomiary były wykonywane przy wykorzystaniu automatycznych stacji meteorologicznych w cyklu ciągłym. Z uwagi na trudne warunki atmosferyczne pracy meteorologicznych stacji pomiarowych (zmiany temperatur, zamarzanie części mechanicznych, osadzanie się brudu, narażenie na działanie osób trzecich), niezbędny jest nad nimi stały nadzór oraz okresowe przeprowadzanie przeglądów i konserwacji. W 2025 r. okresowy przegląd i kalibrację przyrządów pomiarowych 7 stacji meteorologicznych wykonano w okresie od 24 czerwca do 4 lipca 2025 r. Na bieżąco (co najmniej raz w miesiącu) dokonuje się również czyszczenia czujników i układów pomiarowych stacji oraz kilkakrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego wykasza teren ogródków meteorologicznych.

Na każdej z 12 SPO MI, w miejscu instalacji stacji meteorologicznych, na otwartej przestrzeni, zlokalizowano punkty pomiarowe koncentracji w powietrzu zanieczyszczeń gazowych oraz depozytu jonów zawartych w opadzie atmosferycznym. Punkty te zlokalizowane są na terenach leśnych, ale w miejscach oddalonych od ściany lasu o co najmniej 50 m. Maksymalna odległość punktu od powierzchni, do której punkt jest przypisany, w zasadzie nie przekracza 4 km.

Wyposażenie punktów pomiaru **zanieczyszczeń gazowych SO_2 i NO_2** stanowią 3 zmodyfikowane pasywne próbniki Amaya-Krochmala umieszczone około 2,0 m nad powierzchnią gruntu, wymieniane po okresie ekspozycji wynoszącym 30 ± 3 dni, w ostatnim lub w pierwszym dniu każdego miesiąca, przez przeszkolone osoby. Określenie stężenia NO_2

i SO_2 [$\mu\text{g m}^{-3}$] następuje po dostarczeniu próbników do laboratorium, metodą chromatografii jonowej.

Pomiary **chemizmu wód opadowych na otwartej przestrzeni** (fot. 2.2) wykonuje się w okresie letnim z wykorzystaniem 3 kolektorów o pojemności 5 litrów wyposażonych w lejek z sitkiem o średnicy 15 cm, umieszczonych w specjalnych osłonach chroniących przed nagrzewaniem i dostępem światła słonecznego na wysokości około 2,0 m nad gruntem. W okresie zimowym do pozyskiwania próbek stosowane są otwarte pojemniki plastikowe o pojemności 10 litrów i średnicy 25 cm. Punkty poboru próbek opadów zlokalizowane są w punktach pomiaru zanieczyszczeń gazowych w powietrzu. Zarówno w okresie zimowym, jak i letnim kolektory wymieniane są co miesiąc. Po przewiezieniu do laboratorium próbki opadów podlegały analizom fizyko-chemicznym polegającym na określeniu ich objętości, oraz następujących parametrów:

- koncentracji kationów: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$] – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ICP-OES;
- koncentracji jonów: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$] – metodą chromatografii jonowej;
- pH opadów atmosferycznych – metodą potencjometryczną;
- zasadowość w próbkach o $\text{pH} \geq 5$ – metodą miareczkowania potencjometrycznego;
- przewodność elektryczną właściwą – metodą konduktometryczną;
- koncentracje metali ciężkich Pb, Cu, Zn, Cd – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ICP-OES;
- stężenie RWO – metodą spektrofotometrii w zakresie podczerwieni IR;
- stężenie azotu związanego – metodą chemiluminescencji.



Fot. 2.2. Kolektory na otwartej przestrzeni do pomiaru w okresie zimowym depozytu mokrego zainstalowane na powierzchni monitoringu intensywnego nr 326 (53/6) w Nadleśnictwie Łąck

Pomiary **chemizmu wód opadowych pod okapem drzewostanu** (fot. 2.3) wykonuje się na wszystkich 12 SPO MI. Ponadto na 2 SPO MI w drzewostanach bukowych (nadleśnictwa Bircza i Gdańsk) dodatkowo wykonuje się pomiary **spływu po pniu** (fot. 2.4). Próbkę opadów podkoronowych pobierane są na każdej powierzchni w okresie letnim (opad deszczu, temp $>0^{\circ}\text{C}$) do 25 pojemników równomiernie rozmieszczonych na powierzchni na wysokości 1 m nad poziomem gruntu. W okresie letnim analizy chemiczne wykonywane są dla próbek wody łączonych z 5 kolektorów, a w okresie zimowym (opady śniegu) dla próbek z 6 pojedynczych chwytników (wiader na śnieg). W okresie letnim analizom poddawane są również próbki wody spływającej po pniach 6 buków, na każdej z powierzchni z tym gatunkiem drzewa. Pobór wszystkich prób i analizy chemiczne wykonywane są w cyklu miesięcznym, w identycznym zakresie i z wykorzystaniem tych samych metod, jak w przypadku opadów na otwartej przestrzeni.



Fot. 2.3. Pojemniki pod okapem drzewostanu do poboru próbek śniegu w okresie zimowym na SPO MI nr 326 (53/6) w Nadleśnictwie Łąck (drzewostan dębowy)



Fot. 2.4. Instalacje do pomiaru spływu po pniu na SPO MI nr 804 i 116 (108/4 i 71/15) w Nadleśnictwach Bircza i Gdańsk (drzewostany bukowe)

Na 12 SPO MI pobierane były również próbki **roztworów glebowych** (fot. 2.5). Do tego celu wykorzystane zostało się na każdej powierzchni 20 lizymetrów – po 10 umieszczonych w gruncie na głębokości około 25 cm i 50 cm. W laboratorium łączy się próbki z 5 lizymetrów i analizuje po dwie próbki z każdej głębokości. Do pobierania próbek stosuje się lizymetry teflonowo-kwarcowe (firmy PRENART) połączone z 2-litrowymi butlami PE za pomocą rurek teflonowych. Butle gromadzące wodę z lizymetrów zamknięto w pojemnikach z tworzywa, zakopanych równo z powierzchnią gleby. W butlach wykonuje się podciśnienie o wartości ok. 700 milibarów (ok. 0,7 atm). Pobór roztworów glebowych następuje w cyklu miesięcznym w okresie, kiedy gleba na głębokościach 25 cm i 50 cm nie jest zamarznięta. Oznacza to, że na poszczególnych powierzchniach, jak i głębokościach okres pobierania próbek może się różnić i wynosić od 9 do 12 miesięcy. Analizy chemiczne roztworów glebowych wykonuje się w identycznym zakresie i z wykorzystaniem tych samych metod, jak w przypadku opadów na otwartej przestrzeni i opadów podkoronowych.

Nadzór nad prawidłowym funkcjonowaniem sieci powierzchni i punktów pomiarowych, zabezpieczenie oprzyrządowania dla zapewnienia ciągłości obserwacji,

gromadzenie w bazie i przetwarzanie danych uzyskanych na SPO I i II rzędu oraz na powierzchniach monitoringu intensywnego należy do zadań Zakładu Zarządzania Zasobami Leśnymi IBL. Wszystkie analizy chemiczne pozyskanych próbek opadów na otwartej przestrzeni, pod okapem drzewostanów i roztworów glebowych wykonane zostały w Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego IBL.



Fot. 2.5. Aparatura do poboru próbek roztworów glebowych

CZĘŚĆ II. MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH I RZĘDU

3. OCENA ZDROWOTNOŚCI MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW W 2025 R. – ALEKSANDRA FALKOWSKA, JADWIGA MAŁACHOWSKA

Parametrami oceny kondycji zdrowotnej gatunków drzew są następujące charakterystyki: procentowy udział drzew zdrowych (klasa 0, defoliacja 0–10%), procentowy udział drzew z klas defoliacji 2 do 4 (defoliacja > 25% i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja. Klasa ostrzegawcza (klasa 1, lekka defoliacja, powyżej 10% do 25% defoliacji), będąca dopełnieniem dającym w sumie 100% drzew (po zsumowaniu klas 0, 1 i 2 do 4), w większości przypadków nie jest omawiana.

Wartości określane jako najmniejsze, małe, średnie, duże, największe (najniższe, niskie, średnie, wysokie, najwyższe) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

W podrozdziale 2.1 przedstawiono schemat tworzenia klas zdrowotności, które są kombinacją klas defoliacji oraz klas odbarwienia. Udziały drzew w utworzonych w ten sposób klasach nie wykazują większych różnic w porównaniu z klasami defoliacji, gdyż stosunkowo rzadko notuje się odbarwienie liści/igieł (tab. 3.10). W związku z tym, podstawą przedstawionej poniżej analizy kondycji zdrowotnej drzew były klasy defoliacji oraz średnia defoliacja, odbarwienie aparatu asymilacyjnego pominięto.

3.1. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków ogółem w kraju oraz drzew z 1-3 klas Krafta

W 2025 roku średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wynosiła 21,4%, iglastych razem – 22,0%, liściastych razem – 20,5% (tab. 3.9). Udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) gatunków razem wynosił 12,7%, udział drzew z klas defoliacji od 2 do 4 (powyżej 25% defoliacji) – 15,5%. Gatunki liściaste charakteryzowały się większym udziałem drzew zdrowych (20,0%) oraz większym udziałem drzew o osłabionej kondycji (15,7%), niż gatunki iglaste (odpowiednio: 8,1% i 15,4%). Udział drzew w klasie ostrzegawczej (drzewa o defoliacji powyżej 10% do 25%) wynosił: gatunków razem – 71,8%, gatunków iglastych – 76,4%, a gatunków liściastych – 64,4% (tab. 3.9).

Gatunki o niskiej średniej defoliacji to buk i olsza (odpowiednio 16,8% i 18,3%). Średnia wartość tego parametru (od 20,2% do 21,9%) wykazywały gatunki zaliczane do grupy ‘inne liściaste’, jodła, gatunki zaliczane do grupy ‘inne iglaste’, brzoza i sosna. Wyższą

wartością średniej defoliacji charakteryzowały się dąb (23,7%) i świerk (24,7%) (tab. 3.9, ryc. 3.3).

Podobną kolejność monitorowanych gatunków drzew uzyskano, porównując udział drzew w klasach defoliacji 2-4. Niskim udziałem takich drzew charakteryzowały się buk i olsza (adekwatnie 8,1% i 8,6%). Średni udział (od 13,1% do 19,7%) zanotowano w przypadku gatunków należących do grupy 'inne iglaste', sosny, brzozy, gatunków należących do grupy 'inne liściaste' i jodły, natomiast podwyższony – u świerka (25%) i dębu (25,4%) (tab. 3.9 i ryc. 3.3).

Porównanie udziału drzew zdrowych (klasa 0, do 10% defoliacji) szereguje gatunki następująco: najwyższy udział drzew w tej klasie (35%) odnotowano u buka, wysoki udział – w grupie gatunków 'inne liściaste' (28,5%) oraz w przypadku olszy (25%), średni udział – u jodły (19,4%) i brzozy (14,6%), niski udział – w grupie gatunków 'inne iglaste' (10,5%) oraz u świerka (8,5%), bardzo niski udział – u sosny i dębu (po 7,5%) (tab. 3.9 i ryc. 3.3).

Kolejność gatunków od najzdrowszych do najmniej zdrowych (ustalona na podstawie analizy trzech parametrów określających zdrowotność: średniej defoliacji, udziału drzew zdrowych i udziału drzew w klasach defoliacji 2-4) jest następująca: buk < olsza < 'inne liściaste' < brzoza, jodła, 'inne iglaste' < sosna < świerk, dąb.

Gatunkiem o najlepszej kondycji zdrowotnej był buk, u którego występował najwyższy udział drzew zdrowych (35%), najniższy udział w klasach defoliacji 2-4 (8,1%), średnia defoliacja (16,8%) również była najniższa. Dobrą kondycją charakteryzowały się olsza oraz gatunki należące do grupy 'inne liściaste' (odpowiednio: 25% i 28,5% drzew zdrowych, 8,6% i 16,6% w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 18,3% i 20,2%). Kondycja na średnim poziomie występowała w przypadku brzozy, jodły oraz w grupie gatunków 'inne iglaste' (odpowiednio: 14,6%, 19,4% i 10,5% drzew zdrowych, 14,6%, 19,7%, 13,1% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja 21,2%, 20,6%, 21,1%). Niewiele gorszą kondycję zanotowano w przypadku sosny (7,5% drzew zdrowych, 14,6% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja na poziomie 21,9%). Osłabioną kondycją charakteryzowały się dąb i świerk (odpowiednio 7,5% i 8,5% drzew zdrowych, 25,4% i 2,05% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 23,7% i 24,7%) (tab. 3.9.).

Analizując wartości średniej defoliacji dla głównych gatunków drzew w trzech pierwszych klasach Kraftha można zaobserwować wzrost wartości parametru wraz z obniżaniem się klas (tab. 3.18., ryc. 3.22.). Wśród gatunków iglastych jedynie w przypadku jodły stwierdzono mniejszą defoliację drzew w drugiej klasie Kraftha w porównaniu do drzew z klasy

pierwszej, natomiast w trzeciej klasie, tak jak w przypadku pozostałych gatunków iglastych, występuje najwyższa defoliacja w porównaniu do dwóch pozostałych klas. Podobnie buki z drugiej klasy Krafta (drzewa dominujące) cechowały się niższą średnią defoliacją względem drzew z klasy pierwszej (drzewa górujące). Buki z trzeciej klasy Krafta (współpanujące) cechowały się najwyższą średnią defoliacją w porównaniu do drzew z pozostałych dwóch klas. Defoliacja dla gatunków łącznie również wzrastała wraz z obniżeniem się klasy Krafta, a największe osłabienie występuje między klasą drugą a trzecią.

3.2. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków w zależności od formy własności lasu

Porównanie stanu zdrowotności monitorowanych gatunków drzew (wiek powyżej 20 lat) wykonano w układzie czterech kategorii form własności: lasy w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, lasy będące własnością osób fizycznych, lasy w granicach parków narodowych² oraz lasy innych form własności razem (tab. 3.12, ryc. 3.4–3.8). Wartości określone jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

W 2025 r. na poziomie krajowym nie stwierdzono znaczących różnic w kondycji drzew (gatunki łącznie) w lasach poszczególnych własności. Niewielkie różnice szeregują lasy następująco (od zdrowszych do tych o słabszej kondycji): lasy w zarządzie PGL Lasy Państwowe < lasy w granicach parków narodowych < lasy prywatne, lasy innych form własności. Średnia defoliacja drzew w lasach tych własności wyniosła odpowiednio: 20,9%, 22,1%, po 22,4% w przypadku lasów dwóch ostatnich form własności. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 12,1% do 18,8%, z kolei udział drzew w klasach 2-4: w przedziale od 13,6% do 20,4%

Najzdrowsze **sosny** występowały na powierzchniach w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe (8,1% drzew zdrowych, 11,8% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja na poziomie 21%). Gorszą kondycję charakteryzowały się sosny w lasach w granicach parków narodowych, lasach pozostałych form własności oraz w lasach własności

² Na potrzeby opracowań monitoringu lasów utworzono grupę powierzchni zlokalizowanych w lasach parków narodowych, na którą składają się powierzchnie ‘w zarządzie parków narodowych’ oraz powierzchnie położone w granicach parków narodowych mające inną formę własności (‘inne Skarbu Państwa’, ‘wspólnot gruntowych’, ‘osób fizycznych’).

osób fizycznych (odpowiednio 8,9%, 4,3% i 6,2% drzew zdrowych, 20,7%, 17,2% i 21,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 23,5%, 23,4% i 23,9% średniej defoliacji).

Świerk to jeden z dwóch gatunków o najłabszej kondycji zdrowotnej w skali kraju (por. podrozdział. 3.1, ryc. 3.3). Najzdrowsze świerki, podobnie jak w przypadku sosny, występowały w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe. Drzewa zdrowe stanowiły 8,6%, drzewa w klasach defoliacji 2-4 20,2%. W tym przypadku odnotowano najniższą średnią defoliację (23,2%). Gorszą kondycją charakteryzowały się świerki występujące w lasach 'pozostałych form własności' oraz w lasach własności osób fizycznych. Parametry wyniosły odpowiednio: 10% i 9,2% drzew zdrowych, 36% i 37,2% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja 25,6% i 27%. Najgorszą kondycję świerka odnotowano w lasach znajdujących się w granicach parków narodowych. W tym przypadku zanotowano 4,6% drzew zdrowych, 33,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą średnią defoliację (33%).

Najlepszą kondycją **jodły** charakteryzowały się w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe. W tym przypadku odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (23,3%) oraz najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (17,4%) oraz najniższą wartość średniej defoliacji (19,6%). Gorszą kondycję gatunku odnotowano w lasach będących własnością osób fizycznych oraz w lasach 'pozostałych form własności'. W tych przypadkach uzyskano odpowiednio 12,6% i 3,2% drzew zdrowych, 25,1% i 24,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,7% i 21,9% średniej defoliacji. Jodły o najgorszej kondycji występowały w lasach parków narodowych: 10,3% drzew zdrowych, 25,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24,7% średniej defoliacji.

Buk jest gatunkiem o najlepszej kondycji zdrowotnej w skali kraju (por. podrozdział 3.1, ryc. 3.3). W układzie form własności gatunek ten o najlepszej kondycji zdrowotnej występował na powierzchniach zlokalizowanych w parkach narodowych. Odnotowano tam najwyższy udział drzew zdrowych (41,8%) i najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (2,3%), a także najniższą średnią defoliację (14,2%). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa występujące w lasach prywatnych. W tym przypadku odnotowano udział drzew zdrowych na poziomie 41,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 na poziomie 6,3% oraz średnią defoliację 15,6%. Słabszą kondycją odznaczały się buki występujące w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe oraz w lasach innych form własności. Wskaźniki wyniosły odpowiednio: 33,1%, 37,4% (drzewa zdrowe), 8,7% i 14,3% (drzewa w klasach defoliacji 2-4) oraz 17,2% i 17,4% (średnia defoliacja).

Dąb obok świerka to gatunek o najsłabszej kondycji zdrowotnej w skali kraju (por. podrozdział 3.1, ryc. 3.3). Ze względu na małą liczbę próby drzew tego gatunku (poniżej 30 drzew) występujących w parkach narodowych pominięto wyniki tych drzew w poniższym opisie. Zdrowsze dęby występowały w lasach własności osób fizycznych. Zarejestrowano tam najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (10,6%) oraz najniższą wartość drzew w klasach defoliacji 2-4 i średniej defoliacji (po 22,2%). Dęby gorszej kondycji odnotowano w lasach w zarządzie PGL Lasy Państwowe: 7,3% drzew zdrowych, 24,7% drzew w klasie defoliacji 2-4 oraz 23,7% średniej defoliacji. Najgorszą kondycją drzewa tego gatunku odznaczały się w lasach innych form własności. W tym przypadku odnotowano najniższy udział drzew zdrowych (3,7%) oraz najwyższy udział drzew w klasie defoliacji 2-4 (40,6%) i najwyższą średnią defoliację (26,8%). W parkach narodowych nie było powierzchni monitoringowych z dębem jako gatunkiem dominującym. Pojedyncze dęby (ocenione w Wolińskim Parku Narodowym) występowały na dwóch powierzchniach sosnowych i stanowiły domieszkę, dlatego wyniki oceny tych drzew zostały pominięte w omówieniu wyników.

Brzozy o najsłabszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach parków narodowych. W tym przypadku odnotowano najniższy udział drzew zdrowych (9,7%), najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (45,8%), a także najwyższą średnią defoliację (28,5%). Lepszą kondycję odnotowano w lasach w zarządzie PGL Lasy Państwowe oraz w lasach innych form własności, odpowiednio 11,7% i 17,7% drzew zdrowych, 13,4% i 13,3% drzew w klasie defoliacji 2-4 oraz 21,1% i 21,4% średniej defoliacji. Najlepsza kondycja drzew występowała w lasach własności osób fizycznych, parametry wyniosły odpowiednio 19,2%, 15,4% i 21,1%.

Najzdrowsze **olsze** występowały w lasach pozostałych form własności oraz w parkach narodowych. Odnotowano odpowiednio 33,5%, 31,8% drzew zdrowych, 2,2% i 1,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 14,9% i 15,1% średniej defoliacji. Słabszej kondycji drzewa występowały w lasach własności osób fizycznych oraz w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe, odpowiednio 27,8% i 22,1% drzew zdrowych, 10,2% i 8,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 18,3% i 18,9% średniej defoliacji.

Kondycja zdrowotna drzew (gatunki razem) wg form własności w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udziały drzew w klasach defoliacji oraz średnią defoliację monitorowanych gatunków w układzie krain przyrodniczo-leśnych i form własności zamieszczono w tabeli 3.13 i na rycinie

3.9 (gatunki razem). Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej krainy.

W **Krainie Bałtyckiej** drzewa w lasach własności osób fizycznych oraz drzewa w lasach państwowych charakteryzowały się najlepszą kondycją zdrowotną. Parametry wyniosły odpowiednio: 10,9% i 8,7% drzew zdrowych, 10,7 i 12,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 20,8% i 21% średniej defoliacji. Gorszą kondycję odnotowano w lasach innych form własności, adekwatnie 6,1% drzew zdrowych, 21,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,6% średniej defoliacji. Najgorsza kondycja drzew wystąpiła w parkach narodowych (Słowiński PN – jedna powierzchnia i Woliński PN – dwie powierzchnie). W przypadku tej formy własności odnotowano najmniejszy udział drzew zdrowych (3,3%) oraz najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (43,3%) i najwyższą defoliację (28,9%), z zaznaczeniem, że drzewa w Wolińskim PN były lepszej kondycji (średnia defoliacja 27,8%), niż w Słowińskim PN (31,3%) (por. podrozdział 3.4, tab. 3.17, ryc. 3.21).

W Krainie Bałtyckiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: sosna i brzoza – na powierzchniach trzech form własności (z wyjątkiem parków narodowych), buk i olsza na powierzchniach w lasach państwowych oraz w lasach własności osób fizycznych, świerk i dąb – jedynie na powierzchniach w lasach państwowych. Kondycja sosny była najlepsza w lasach państwowych, słabsza – w lasach własności osób fizycznych, natomiast najslabsza w lasach innych form własności, średnia defoliacja wyniosła odpowiednio: 20,5%, 21,1% i 23,9%. Kondycja brzozy była najlepsza w lasach innych form własności (średnia defoliacja 18,7%), gorsza w lasach państwowych (22,1%), najslabsza w lasach własności osób fizycznych (24,3%). Buk charakteryzował się lepszą kondycją w lasach państwowych (średnia defoliacja 19,5%), niż w lasach własności osób fizycznych (20,8%). Z kolei olsza charakteryzowała się lepszą kondycją w lasach własności osób fizycznych (średnia defoliacja 19,3%), niż w lasach państwowych (21%). Średnia defoliacja świerka i dębu w lasach państwowych wyniosła odpowiednio 24% i 23,4%.

W **Krainie Mazursko-Podlaskiej** drzewa w lasach innych form własności oraz w lasach własności osób fizycznych odznaczały się lepszą kondycją zdrowotną niż lasy w zarządzie PGL Lasy Państwowe oraz lasy w parkach narodowych. Średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 19,2%, 20,7%, 21,6% i 28,3%. W omawianej krainie znajdują się trzy parki narodowe. Białowiecki PN (powierzchnia olszowa) odznaczał się najlepszą kondycją drzew (średnia defoliacja 14,8%), Wigierski PN (powierzchnia sosnowa) – średnia defoliacja

26,5%, Biebrzański PN (po jednej powierzchni sosnowej, świerkowej, olszowej, brzozowej oraz olszowo-brzozowej) charakteryzował się najslabszą kondycją zdrowotną (31,3%) (por. podrozdział 3.4, tab. 3.17, ryc. 3.21).

W Krainie Mazursko-Podlaskiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: sosna i olsza – na powierzchniach wszystkich czterech form własności, świerk i brzoza – na powierzchniach w lasach państwowych oraz w lasach prywatnych, dąb – wyłącznie w lasach państwowych. Kondycja sosny była najlepsza w lasach prywatnych (średnia defoliacja 22,7%), słabsza w lasach innych form własności oraz w zarządzie PGL Lasy Państwowe (średnia defoliacja odpowiednio 23,2% i 23,4%), natomiast osłabiona kondycja sosny wystąpiła w parkach narodowych (24,2%). Kondycja olszy była najlepsza w granicach parków narodowych (średnia defoliacja 14,3%), słabsza w lasach osób fizycznych (16%) i lasach innych form własności (16,3%), a najslabsza w lasach państwowych (17,1%). Kondycja świerka w lasach państwowych (średnia defoliacja 23,2%) była lepsza niż w lasach prywatnych (24,7%). Podobnie w lasach państwowych kondycja brzozy (średnia deoliacja 19,7%) była lepsza niż w lasach osób fizycznych (22,5%). Średnia defoliacja dębu w lasach państwowych wyniosła 21,2%.

W **Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej** drzewa w lasach parków narodowych charakteryzowały się bardzo dobrą kondycją zdrowotną - średnia defoliacja wyniosła 16,9%. Nieznacznie gorszą defoliację na poziomie 19,8% i 20,1% odnotowano dla lasów odpowiednio innych form własności oraz lasów państwowych. Lasy prywatne charakteryzowały się osłabioną kondycją zdrowotną - średnia defoliacja wyniosła 22,3%. W zasięgu tej krainy są zlokalizowane dwa parki narodowe: Drawieński (powierzchnia sosnowa) i Wielkopolski (powierzchnia sosnowa i powierzchnia liściasta mieszana). Kondycja drzew w Wielkopolskim PN była lepsza niż w Drawieńskim PN, średnia defoliacja wyniosła odpowiednio: 15,3% i 20,3%.

W Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: sosna – na powierzchniach czterech form własności, olsza – na powierzchniach trzech form własności z wyjątkiem parków narodowych, brzoza – na powierzchniach w lasach państwowych oraz w lasach prywatnych, świerk, buk i dąb – jedynie na powierzchniach w lasach państwowych. Sosna charakteryzowała się najslabszą kondycją w lasach własności osób fizycznych (średnia defoliacja na poziomie 21,4%). Natomiast lepszą kondycję tego

gatunku odnotowano w lasach innych form własności i w lasach państwowych (odpowiednio 19,9% i 19,7% średniej defoliacji). W parkach narodowych odnotowano najlepszą kondycję sosny (17,8%). W przypadku olszy najlepsza kondycja tego gatunku została odnotowana dla lasów innych form własności, gorsza kondycja wystąpiła w przypadku lasów państwowych, a najslabsza w przypadku lasów własności osób fizycznych – średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 14,5%, 16% i 19,6%. Brzoza charakteryzowała się lepszą kondycją w lasach państwowych (średnia defoliacja 20,9%), niż w lasach własności osób fizycznych (22,8%). Defoliacja świerka, buka i dębu w lasach państwowych wyniosła odpowiednio 21,1%, 20,1% i 24,8%.

W **Krainie Mazowiecko-Podlaskiej** drzewa najlepszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach innych form własności, średnia defoliacja wyniosła 22,1%. Gorszą kondycję drzew odnotowano w przypadku lasów własności osób fizycznych oraz w lasach państwowych, średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 22,8% i 23%. Najslabszą kondycję gatunków odnotowano w przypadku lasów znajdujących się w parkach narodowych (23,6%). W omawianej krainie zlokalizowane są dwa parki narodowe: Kampinoski PN i Poleski PN. Kondycja zdrowotna drzew w Poleskim PN (powierzchnia olszowo-brzozowa) była znacznie wyższa, niż w Kampinoskim PN (trzy powierzchnie sosnowe i jedna powierzchnia brzozowa), średnia defoliacja w wymienionych parkach wyniosła odpowiednio 16% i 25,4%.

W Krainie Mazowiecko-Podlaskiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: sosna – na powierzchniach czterech form własności, dąb, brzoza i olsza – na powierzchniach w lasach państwowych oraz w lasach prywatnych, świerk – jedynie na powierzchniach w lasach państwowych. Kondycja sosny była najlepsza w lasach państwowych (średnia defoliacja 23,6%), gorsza w lasach własności osób fizycznych i w parkach narodowych (średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 24,4% i 24,5%), natomiast osłabiona kondycja wystąpiła w lasach innych form własności (26,3%). Kondycja zdrowotna dębu i olszy była lepsza w lasach prywatnych (średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 21,5% i 18,3%). Natomiast kondycja brzozy była nieznacznie lepsza w lasach państwowych (22,1%). Defoliacja świerka w lasach państwowych wyniosła 24,5%.

W **Krainie Śląskiej** drzewa najlepszej kondycji występowały w lasach państwowych (12,5% drzew zdrowych, 12,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja na poziomie 20,6%). Drzewa w lasach prywatnych charakteryzowały się gorszą kondycją (5,5% drzew zdrowych, 14,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,7% średniej defoliacji).

Natomiast najgorszą kondycję drzew odnotowano w lasach innych form własności (udział drzew w poszczególnych klasach zdrowotności wyniósł odpowiednio: 5,6%, 32,5%, natomiast średnia defoliacja: 25,8%). W omawianej krainie nie występują parki narodowe.

W Krainie Śląskiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: sosna – na powierzchniach wszystkich trzech zarejestrowanych w tej krainie form własności (z wyjątkiem parków narodowych), dąb – na powierzchniach w lasach państwowych oraz w lasach innych form własności, buk – w lasach państwowych oraz w lasach prywatnych, natomiast brzoza, świerk i olsza – w lasach państwowych. Kondycja sosny była najlepsza w lasach państwowych (średnia defoliacja 19,7%), nieznacznie gorsza w lasach prywatnych (21,9%), a osłabiona w lasach innych form własności (23,5%). Dąb charakteryzował się lepszą kondycją w lasach państwowych (średnia defoliacja 23,9%), natomiast buk w lasach prywatnych (15%). Defoliacja brzozy, świerka i olszy wyniosła odpowiednio 21,4%, 20,6% i 17,1%.

W **Krainie Małopolskiej** najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach parków narodowych. W przypadku tej formy własności odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (26,7%) oraz najniższą wartość drzew w klasach defoliacji 2-4 (15%) i średniej defoliacji (19%). Porównując wyniki między poszczególnymi parkami narodowymi najlepszą kondycją charakteryzowały się drzewa w Świętokrzyskim PN (powierzchnia bukowa - średnia defoliacja 9,5%), kolejno były drzewa w Roztoczańskim PN (powierzchnia jodłowo-sosnowa – 21,5%) oraz drzewa w Ojcowskim PN (powierzchnia bukowa z domieszką świerka i sosny – 26%). Spośród pozostałych form własności najlepszą kondycją odznaczały się drzewa w lasach pod zarządem PGL Lasy Państwowe, następnie drzewa w lasach własności osób fizycznych i w lasach innych form własności. Średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 22,1%, 22,2% i 23,1%.

W Krainie Małopolskiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: sosna, dąb i brzoza – na powierzchniach trzech form własności (z wyjątkiem parków narodowych), buk i olsza – na powierzchniach w lasach państwowych i w lasach prywatnych, świerk i jodła – wyłącznie na powierzchniach w lasach państwowych. Kondycja sosny była lepsza w lasach państwowych niż w lasach innych form własności i w lasach prywatnych. Średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 22,5%, 23,3% i 24,9%. Kondycja dębu była lepsza w lasach prywatnych niż w lasach państwowych i w lasach innych form własności. Średnia defoliacja wyniosła

odpowiednio 21,8%, 23,4% i 26,3%. Taką samą tendencję jak w przypadku dębu wykazała brzoza – średnia defoliacja w poszczególnych formach własności wyniosła odpowiednio 17,7%, 20,7% i 22,4%. Buk i olsza wykazały lepszą kondycję w lasach prywatnych niż w lasach państwowych. Średnia defoliacja wyniosła w przypadku buka odpowiednio 10,8% i 15,8%, w przypadku olszy 18,5% i 23,4%. Średnia defoliacja świerka i jodły w lasach państwowych wyniosła odpowiednio 31,5% i 19,8%.

W obszarze **Krainy Sudeckiej** drzewa najlepszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach prywatnych, średnia defoliacja wyniosła 16,3%. Drzewa gorszej kondycji wystąpiły w lasach Karkonoskiego PN i lasach innych własności, średnia defoliacji wyniosła odpowiednio 18,3% i 18,8%. W przypadku powierzchni parku narodowego liczba drzew poddanych obserwacji wyniosła poniżej 30, była to powierzchnia świerkowa. Najwyższą defoliacją charakteryzowały się drzewa w lasach państwowych: 20,9%.

W Krainie Sudeckiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: świerk – na powierzchniach w lasach państwowych i lasach innych form własności, buk, dąb i brzoza – wyłącznie na powierzchniach w lasach państwowych. Kondycja świerka była lepsza w lasach innych form własności niż w lasach państwowych. Średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 21,1% i 22,5%. Natomiast średnia defoliacja zarejestrowanych gatunków liściastych w lasach państwowych wyniosła odpowiednio 14%, 22,4% i 14,9%.

W **Krainie Karpackiej** drzewa w lasach państwowych i drzewa w parkach narodowych charakteryzowały się najlepszą kondycją zdrowotną. Średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 18,8% i 19%. Słabszą kondycję odnotowano dla lasów prywatnych i lasów innych form własności, gdzie średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 23,7% i 24,5%. W przypadku poszczególnych parków narodowych znajdujących się na terenie Krainy Karpackiej najlepsza kondycja drzew wystąpiła w Bieszczadzkim PN (obserwacjom poddano sześć powierzchni: pięć bukowych i jedną osikowo-brzozową), średnia defoliacja wyniosła 13,3%. Nieznacznie gorsza kondycja drzew wystąpiła w Magurskim PN (trzy powierzchnie: liściasta z przewagą buka, modrzewiowa i bukowo-jodłowa), Gorczańskim PN (powierzchnia bukowo-świerkowa) i Babiogórskim PN (dwie powierzchnie: świerkowa i bukowa). Średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 18,3%, 21,5% i 25,8%. Najśłabszą kondycję drzew zaobserwowano w Tatrzańskim PN (powierzchnia świerkowa i świerkowo-jodłowa), średnia defoliacja wyniosła 29,1%.

W Krainie Karpackiej w lasach porównywanych form własności poszczególne grupy gatunków w liczbie co najmniej 30 drzew były reprezentowane następująco: świerk, jodła i buk – na powierzchniach w lasach wszystkich czterech form własności, sosna, dąb i olsza – na powierzchniach zlokalizowanych w lasach państwowych i lasach prywatnych, brzoza wyłącznie na powierzchniach zlokalizowanych w lasach prywatnych. Lepszą kondycją zdrowotną świerk charakteryzował się w lasach państwowych, średnia defoliacja wyniosła 24,5%. Gorszą kondycję świerka odnotowano w lasach parków narodowych i lasach prywatnych, średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 26,2% i 27,7%. Natomiast najgorsza kondycja świerka wystąpiła w lasach innych form własności, średnia defoliacja na poziomie 31,4%. W przypadku jodły najlepsza kondycja zdrowotna wystąpiła w lasach państwowych, średnia defoliacja wyniosła 19,5%. Stopniowo gorszą kondycję odnotowano dla tego gatunku w lasach innych form własności, lasach prywatnych i w parkach narodowych, średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 20,1%, 23,2%, 26,6%. Kondycja zdrowotna buka była najlepsza w lasach państwowych, średnia defoliacja wyniosła 14,3%. Nieznacznie gorszą kondycję odnotowano w parkach narodowych i lasach prywatnych, średnia defoliacja wyniosła 14,7% i 15,2%. Osłabiona kondycja buka wystąpiła w lasach innych form własności, średnia defoliacja na poziomie 18,9%. W przypadku sosny lepsza kondycja zdrowotna wystąpiła w lasach państwowych (średnia defoliacja 20,7%), niż w lasach prywatnych (25,5%). Z kolei w przypadku dębu i olszy lepsza kondycja wystąpiła w lasach prywatnych (średnia defoliacja to odpowiednio 26,3% i 22,2%), niż w lasach państwowych (28% i 24,5%). Średnia defoliacja brzozy w lasach prywatnych wyniosła 27,3%.

Często obserwowany wyższy poziom defoliacji drzew w lasach parków narodowych, w porównaniu do innych form własności, jest związany z nieprowadzeniem czynności gospodarczych – trzebieży i cięć sanitarnych – w których są usuwane drzewa uszkodzone i o obniżonej zdrowotności. Niekiedy drzewa na monitorowanych powierzchniach w parkach narodowych wykazywały lepszą kondycję w porównaniu z innymi własnościami. Może to wynikać z faktu, że oceniane drzewa reprezentowały gatunki drzew charakteryzujące się ogólnie wysokim poziomem zdrowotności (buk, jodła czy olsza), a także małą liczebnością próby.

3.3. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od wieku

Analizowane parametry oceny poziomu zdrowotności monitorowanych gatunków pogrupowane zostały w dwie kategorie wieku: od 21 do 60 lat i powyżej 60 lat. Porównano kondycję zdrowotną (wyrażoną poziomem defoliacji) drzew młodszych (do 60 lat) i starszych

(powyżej 60 lat) na tle stanu drzew w całym zakresie wiekowym (powyżej 20 lat) (tab. 3.9). Wykonano również analizę regresji defoliacji drzew w zależności od ich wieku dla siedmiu głównych lasotwórczych gatunków drzew (sosna, świerk, jodła, buk, dąb, brzoza i olsza) oraz dla wszystkich drzew łącznie.

Dla wszystkich drzew objętych obserwacjami udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) wynosił 12,7%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe): 15,5%, natomiast średnia defoliacja 21,4%. Wśród drzew młodszych zanotowano po 14,1% drzew zdrowych i drzew klasach defoliacji 2-4, a średnia defoliacja wyniosła 21,1%. W grupie drzew starszych udział drzew zdrowych wyniósł 12%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4: 16,3%, a średnia defoliacja: 21,6% (tab. 3.9., ryc. 3.10. i 3.11.). Analiza regresji pomiędzy defoliacją drzew a ich wiekiem wskazuje na niewielką, słabą zależność ($r = 0,0544$) (ryc. 3.12.).

Wśród **gatunków iglastych** analiza regresji wykazała wzrost defoliacji wraz ze wzrostem wieku drzew. Najsilniej trend ten odznaczał się u jodły, słabiej u świerka, z kolei w przypadku sosny zależność praktycznie nie występowała. Współczynnik r wyniósł odpowiednio 0,1009; 0,0684 i 0,0122 (ryc. 3.12.).

Młodsze **świerki** były w lepszej kondycji niż starsze drzewa tego gatunku. Udział młodszych drzew zdrowych był wyższy (10,3%), natomiast udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (19,4%) oraz średnia defoliacja (23,3%) były niższe w porównaniu z drzewami starszymi (odpowiednio: 7,2%, 29% i 25,7%) (tab. 3.9., ryc. 3.10. i 3.11.).

Młodsze **jodły** także były zdrowsze niż starsze. Wśród młodszych drzew tego gatunku udział drzew zdrowych wyniósł 25,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 12%, natomiast średnia defoliacja 18%. W grupie drzew starszych parametry wyniosły odpowiednio 17,9%, 21,7% i 21,3%.

W przypadku **sosny** nieznacznie lepszą kondycję odnotowano dla drzew starszych. Udział drzew zdrowych wyniósł 7,8%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 14,2%, natomiast średnia defoliacja 21,6%. W przypadku drzew młodszych uzyskano kolejno następujące wartości: 6,6%, 15,4% i 22,4%.

W grupie gatunków '**inne iglaste**' wśród drzew młodszych wystąpiło 10,7% drzew zdrowych, 9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja 20,3%. Dla drzew starszych parametry uzyskano na następującym poziomie: 10,2%, 16,8% i 21,8%.

Na podstawie analizy regresji wśród **gatunków liściastych** wyraźny spadek kondycji wraz ze wzrostem wieku stwierdzono dla dębu i brzozy, a słaby u olszy. Natomiast w przypadku

buka występuje poprawa kondycji drzew wraz z wiekiem. Wartości współczynnika korelacji r wynosiły dla tych gatunków odpowiednio 0,2546; 0,1697; 0,0641 i -0,0695 (ryc. 3.12.).

W przypadku **buka** w lepszej kondycji zdrowotnej występowały drzewa starsze. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% wyniósł 7,8%, a średnia defoliacja 16,1%. W przypadku drzew młodszych parametry te wyniosły 9,1% i 18,4%. Wystąpiła też duża różnica w udziale drzew zdrowych między grupami wiekowymi. Dla drzew starszych udział drzew zdrowych wyniósł 38,9%, w przypadku drzew młodszych było to 24,9%.

Młodsze **dęby** charakteryzowały się lepszą kondycją zdrowotną w porównaniu do drzew starszych tego gatunku. Średnia defoliacja wyniosła 21,2%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 16,6%, a udział drzew zdrowych 13%. W porównaniu do drzew młodszych drzewa starsze tego gatunku odznaczały się wyższą defoliacją (24,9%), wyższym udziałem w klasie defoliacji 2-4 (29,7%) oraz niższym udziałem drzew zdrowych (4,7%).

W przypadku **brzozy** również drzewa młodsze charakteryzowały się lepszą kondycją zdrowotną niż drzewa starsze. Wśród drzew młodszych udział drzew zdrowych wyniósł 18,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł 11%, a średnia defoliacja 19,6%. Dla drzew starszych wartości tych parametrów wyniosły odpowiednio: 10,1%, 18,8% i 23,1%.

Młodsze **olsze** charakteryzowały się lepszą kondycją zdrowotną niż starsze, chociaż różnice nie były wysokie. Dla drzew młodszych tego gatunku odnotowano 17,7% średniej defoliacji, 8,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 28,1% drzew zdrowych. W przypadku drzew starszych tego gatunku wartości tych parametrów wyniosły odpowiednio: 18,7%, 8,7% i 22,9%.

Wśród drzew z grupy gatunków '**inne liściaste**' nieznacznie lepszą kondycją odznaczały się drzewa starsze. Udział drzew zdrowych wyniósł 29,1%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 16,9%, a średnia defoliacja 20%. Dla drzew młodszych tego gatunku parametry te odnotowano na poziomie odpowiednio: 27,7%, 16,3% i 20,4%.

3.4. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej monitorowanych gatunków drzew

Analizę powierzchniowego zróżnicowania kondycji zdrowotnej drzew oparto na porównaniu wartości procentowego udziału drzew zdrowych (do 10% defoliacji, klasa defoliacji 0), procentowego udziału drzew w klasach defoliacji od 2 do 4 (powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe) oraz średniej defoliacji. W analizie stanu zdrowotnego poszczególnych gatunków nie uwzględniono tych rdLP, krain oraz województw, w których obserwacjom poddano nie więcej niż 30 drzew (wyniki w tabelach oznaczone niebieskim

kolorem). Analiza stanu zdrowotnego drzew w parkach narodowych uwzględnia wszystkie wyniki, gdyż dotyczy znacznie mniejszych obszarów.

Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej jednostki terytorialnej (rdLP, kraina przyrodniczo-leśna, województwo) lub w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

Kondycja zdrowotna drzew w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP) – gatunki łącznie

Udział drzew zdrowych (gatunki razem) w układzie rdLP zawierał się w przedziale od 1,1% w RDLP w Szczecinku do 37,5% w RDLP w Krośnie. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 6,3% w RDLP w Krośnie do 37,1% w RDLP w Krakowie. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 16,2% w RDLP w Krośnie do 25,5% w RDLP w Krakowie (tab. 3.14, ryc. 3.13).

Powiązanie ze sobą udziału drzew zdrowych i drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz wartości średniej defoliacji w lasach poszczególnych rdLP pozwoliło na uszeregowanie ich grupami od najzdrowszych do najmniej zdrowych: Krosno < Piła < Wrocław, Poznań, Zielona Góra, Gdańsk, Radom < Białystok, Olsztyn, Toruń, Szczecin, Warszawa < Łódź, Szczecinek < Katowice, Lublin < Kraków.

Najzdrowsze drzewa występowały na obszarze RDLP w Krośnie, gdzie odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (37,5%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (6,3%) oraz najniższą defoliację (16,2%). Gorszą kondycję odnotowano w RDLP w Pile, gdzie udział drzew zdrowych wyniósł 21,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 10,7%, a średnia defoliacja 18,9%. Nieco gorszą kondycję odnotowano w rdLP we Wrocławiu, Poznaniu, Zielonej Górze, Gdańsku i Radomiu. W przypadku tych obszarów udział drzew zdrowych wyniósł od 13,4% do 18,5%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 9,2% do 15,5%, natomiast średnia defoliacja od 19,3% do 20,1%. Średni stan zdrowotny drzew zarejestrowano na obszarach rdLP w Białymstoku, Olsztynie, Toruniu, Szczecinie i Warszawie (udział drzew zdrowych od 6,9% do 12,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 10,3% do 15%, średnia defoliacja od 20,9% do 21,5%). Słabszą kondycję drzew odnotowano w przypadku rdLP w Łodzi i Szczecinku (parametry wyniosły odpowiednio 9,8% i 1,1%, 19,2% i 12,9% oraz po 22,2% średniej defoliacji). Osłabioną kondycję drzew zarejestrowano również w rdLP w Katowicach i Lublinie (wskaźniki na poziomie odpowiednio: 3,1% i 7,5%, 18,8% i 23,9%

oraz 23,6% i 24%). Najsłabsza kondycja zdrowotna drzew wystąpiła w obszarze RDLP w Krakowie. Udział drzew zdrowych wyniósł 10,5%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 37,1%, natomiast średnia defoliacja wyniosła 25,5%.

Kondycja zdrowotna drzew monitorowanych gatunków w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP)

Najzdrowsze **sosny** występowały na powierzchniach zlokalizowanych w lasach RDLP w Krośnie. Zarejestrowano tam największy udział drzew zdrowych (29%), najmniej drzew w klasach defoliacji 2-4 (8%) oraz najniższą średnią defoliację (18,1%). W bardzo dobrej kondycji zdrowotnej sosny występowały w obszarze rdLP w Poznaniu i w Pile. W tych przypadkach odnotowano odpowiednio 22,5% i 22% drzew zdrowych, 9,1% i 8,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 18,3% i 18,2% średniej defoliacji. Sosny dobrej kondycji występowały w rdLP we Wrocławiu i w Zielonej Górze. Udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 15,9% i 10,1%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł 8,1% i 7,3%, natomiast średnia defoliacja 18,5% i 19%. Średnią kondycję tego gatunku odnotowano na powierzchniach znajdujących się na terenie rdLP w Gdańsku, Warszawie, Szczecinie, Szczecinku, Toruniu, Białymstoku oraz Radomiu. Udział drzew zdrowych wyniósł od 1,7% do 8,7%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 6,4% do 17,7%, z kolei średnia defoliacja od 20,3% do 22,4%. Sosny o osłabionej kondycji zdrowotnej występowały w rdLP w Katowicach, Łodzi, Olsztynie oraz Lublinie. Odnotowano od 0,7% do 3,8% drzew zdrowych, od 11,9% do 24,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,6% do 24,4% średniej defoliacji. Najsłabsze sosny występowały w obszarze RDLP w Krakowie. W tym przypadku nie odnotowano drzew zdrowych, a udział drzew w klasach defoliacji był najwyższy spośród pozostałych obszarów i wyniósł 50,8%. Średnia defoliacja również była najwyższa, wyniosła 30,6% (tab. 3.14, ryc. 3.14).

W jednej rdLP nie odnotowano powierzchni na których występował **świerk**, natomiast w siedmiu rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (dane z tych obszarów wyłączono z analizy). Świerk charakteryzuje się niskim poziomem zdrowotności na tle innych gatunków drzew leśnych. Spośród dziewięciu porównywanych rdLP najlepszą kondycją świerk charakteryzował się na powierzchniach zlokalizowanych w RDLP w Pile. W tym przypadku odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (43,1%) oraz najniższą średnią defoliację (16,7%). Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł 11,8%. Świerki w bardzo dobrej kondycji występowały na powierzchniach zlokalizowanych w rdLP

w Krośnie, Olsztynie, Zielonej Górze i we Wrocławiu. Udział drzew zdrowych wyniósł od 0% do 13,2%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 7,9% do 16,8%, natomiast średnia defoliacja od 20,9% do 21,8%. Świerki w średniej kondycji występowały w RDLP w Białymstoku. Odnotowano tam 4,9% drzew zdrowych, 14,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnią defoliację na poziomie 23,1%. Świerki słabszej kondycji odnotowano w rdLP w Szczecinie i Szczecinku. Uzyskano odpowiednio 6,7% drzew zdrowych oraz brak drzew w tej kategorii, 28,9% i 33,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24,7% i 26,2% średniej defoliacji. Drzewa w najsłabszej kondycji występowały w RDLP w Katowicach. Odnotowano jedną z niższych wartości udziału drzew zdrowych (6,1%) oraz najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (51%) i najwyższą średnią defoliację (30,4%) (tab. 3.14, ryc. 3.14).

Powierzchnie **jodłowe** oraz powierzchnie z domieszką jodły występują wyłącznie w ośmiu rdLP, w tym w trzech rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki z tych rdLP wyłączono z analizy). Jodła charakteryzuje się dobrą kondycją zdrowotną w porównaniu z innymi gatunkami drzew, jednak w porównaniu do poprzedniego roku kondycja zdrowotna pogorszyła się. Spośród pięciu porównywanych rdLP najlepszą kondycję jodły odnotowano w RDLP w Krośnie. W tym przypadku odnotowano najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (35%) oraz najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (3,9%) oraz najniższą wartość średniej defoliacji (15,4%). Drzewa w bardzo dobrej kondycji zdrowotnej odnotowano w RDLP w Radomiu, zarejestrowano 29,3% drzew zdrowych, 13,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnią defoliację na poziomie 18,8%. Drzewa w średniej kondycji występowały w RDLP w Katowicach, 16,1% drzew zdrowych, 14,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 19% średniej defoliacji. Drzewa o najsłabszej kondycji występowały w rdLP w Lublinie i Krakowie, odnotowano tam odpowiednio 6,4% i 8,8% drzew zdrowych, 31,9% i 36,4% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 25,5% i 25% średniej defoliacji (tab. 3.14, ryc. 3.14).

Powierzchnie **bukowe** oraz z domieszką buka występują w piętnastu rdLP (brak powierzchni tego gatunku w RDLP w Białymstoku i Warszawie), w tym w siedmiu rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy). Buk charakteryzuje się najlepszą kondycją zdrowotną w porównaniu z innymi monitorowanymi gatunkami drzew. Wśród ośmiu poddanych analizie rdLP najzdrowsze drzewa tego gatunku występowały w RDLP w Krośnie. Odnotowano tam najwyższy udział drzew zdrowych (66,9%), niewielki udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (0,4%) oraz najniższą średnią defoliację 11,1%. Niewiele gorszą kondycję tego gatunku zarejestrowano w rdLP we

Wrocławiu i Gdańsku. Odnotowano tam odpowiednio 53,7% i 47,3% drzew zdrowych, 1,5% i brak drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 12,9% i 13,1% średniej defoliacji. Drzewa o średniej kondycji występowały w rdLP w Olsztynie i Szczecinie. W przypadku tych rdLP zarejestrowano odpowiednio 30,6% i 32,2% drzew zdrowych, 5,6% i 9,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 16,9% i 17,9% średniej defoliacji. Drzewa słabszej kondycji zarejestrowano w rdLP w Katowicach i Krakowie, 15,6% i 23,3% drzew zdrowych, 13% i 21,4% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 19,4% i 19,8% średniej defoliacji. W najslabszej kondycji drzewa tego gatunku zarejestrowano w obszarze RDLP w Szczecinku. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł 11,4%. Średnia defoliacja była najwyższa w zestawieniu, wyniosła ona 23,1%. Ponadto nie odnotowano drzew zdrowych (tab. 3.14, ryc. 3.15).

Dąb, w porównaniu do pozostałych monitorowanych gatunków liściastych, jest gatunkiem o najslabszej kondycji zdrowotnej, jednocześnie charakteryzującym się wysokim zróżnicowaniem zdrowotności w poszczególnych rdLP. Najlepszą kondycją zdrowotną dęby charakteryzowały się w obszarze RDLP w Krośnie. W tym przypadku zanotowano najwyższy udział drzew zdrowych (61%), a także najniższą wartość średniej defoliacji (13,3%) oraz najniższą wartość drzew w klasach defoliacji 2-4 (5,2%). W dobrej kondycji zdrowotnej dąb występował w rdLP w Radomiu, Gdańsku i Olsztynie. Udział drzew zdrowych wyniósł od 7,7% do 31,1%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 7,1% do 15,2%, natomiast średnia defoliacja od 18% do 19,9%. Drzewa średniej kondycji wystąpiły w rdLP we Wrocławiu, Białymstoku, Toruniu oraz Warszawie. Odnotowano tam od 4,2% do 10,3% drzew zdrowych, od 10,8% do 24,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,5% do 23,3% średniej defoliacji. Drzewa o osłabionej kondycji zarejestrowano w rdLP w Poznaniu, Lublinie, Zielonej Górze, Łodzi, Szczecinie i Katowicach. Parametry wyniosły od 0,4% do 6,5% (drzewa zdrowe), od 23,4% do 42,3% (drzewa w klasie defoliacji 2-4) oraz od 24,7% do 27,8% (średnia defoliacja). Dęby w najslabszej kondycji zdrowotnej wystąpiły w rdLP w Szczecinku, Krakowie i Pile. W przypadku RDLP w Krakowie zarejestrowano 2% drzew zdrowych, natomiast w pozostałych dwóch rdLP nie odnotowano drzew zdrowych. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 w omawianych trzech rdLP wyniósł od 46,2% do 54,9%, natomiast średnia defoliacja od 28,8% do 29,7% (tab. 3.14, ryc. 3.15).

Brzoza charakteryzuje się dobrą kondycją zdrowotną na tle innych monitorowanych gatunków drzew. Spośród szesnastu analizowanych rdLP (wyniki z RDLP w Krakowie, gdzie liczba brzoź poddanych obserwacjom nie przekraczała 30, wyłączono z analizy) najzdrowsze brzozy występowały na powierzchniach badawczych zlokalizowanych w RDLP w Radomiu,

gdzie zanotowano najwyższy udział drzew zdrowych (38,8%), drugi najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (6,1%) oraz najniższą wartość średniej defoliacji (15,1%). Drzewa w bardzo dobrej kondycji odnotowano w rdLP w Łodzi i we Wrocławiu. Zanotowano odpowiednio 37,8% i 24,6% drzew zdrowych, 8,5% i 6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 16,8% i 17,2% średniej defoliacji. Drzewa w średniej kondycji występowały w siedmiu rdLP, były to rdLP w Szczecinie, Białymstoku, Gdańsku, Poznaniu, Olsztynie, Zielonej Górze i Toruniu. Udział drzew zdrowych wyniósł od 3,9% do 18%, udział drzew w klasach defoliacji od 5,9% do 11,6%, natomiast średnia defoliacja od 19,7% do 21%. Drzewa gorszej kondycji odnotowano w rdLP w Krośnie i Lublinie oraz w Pile. Odnotowano tutaj od 14,6% do 18,8% drzew zdrowych, od 19,5% do 23,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,2% do 24,1% średniej defoliacji. Najślabsze drzewa tego gatunku zarejestrowano w rdLP w Warszawie, Szczecinku i Katowicach. Odnotowano tutaj wartości od 0,9% do 9,8% (udział drzew zdrowych), od 21,8% do 25,5% (udział drzew w klasach defoliacji 2-4) oraz od 24,3% do 24,7% (średnia defoliacja) (tab. 3.14, ryc. 3.15).

Olsza charakteryzuje się wysokim poziomem zdrowotności względem innych gatunków drzew, przy jednoczesnym wysokim zróżnicowaniu zdrowotności w poszczególnych rdLP. W przypadku czterech rdLP (w Krakowie, Łodzi, Radomiu i Gdańsku) dane z obserwacji zostały pominięte w dalszych analizach (liczba drzew w każdej z rdLP nie przekroczyła 30). Spośród pozostałych trzynastu rdLP drzewa w najlepszej kondycji występowały w RDLP w Zielonej Górze. Odnotowano tutaj najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (72,5%), niewielki udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (1,4%) oraz najniższą w zestawieniu wartość średniej defoliacji (10,2%). W nieznacznie gorszej kondycji drzewa tego gatunku występowały w rdLP w Toruniu, Białymstoku, Lublinie i we Wrocławiu, od 22,9% do 41,4% drzew zdrowych, od 2,3% do 6,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 14,9% do 16,7% średniej defoliacji. Drzewa o umiarkowanie dobrej kondycji występowały w rdLP w Olsztynie, Poznaniu i Pile. W pierwszych dwóch rdLP udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 16,2% i 10,1%, z kolei udział drzew w klasach defoliacji 2-4 2,1% i 5,4%. W RDLP w Pile nie odnotowano drzew w tych klasach defoliacji. Natomiast średnia defoliacja wyniosła odpowiednio 17,8%, 18% i 19,2%. Drzewa słabszej kondycji zarejestrowano w rdLP w Warszawie, Szczecinie i Szczecinku, parametry w zakresach od 0% do 29% (udział drzew zdrowych), od 7,3% do 18,8% (udział drzew w klasach defoliacji 2-4) oraz od 20,2% do 21,7% (średnia defoliacja). Drzewa o osłabionej kondycji odnotowano w RDLP w Krośnie, parametry wyniosły adekwatnie 2,7%, 21,3% i 24,5%, natomiast o najśłabszej kondycji drzewa

zarejestrowano w RDLP w Katowicach, brak drzew zdrowych, 35,3% drzew w najwyższych klasach defoliacji oraz 31,3% średniej defoliacji (tab. 3.14, ryc. 3.15).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie województw

Udział drzew zdrowych o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie województw zawierał się w przedziale od 1,4% w województwie opolskim do 30% w województwie podkarpackim. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 9,9% w województwie warmińsko-mazurskim do 36,6% w województwie małopolskim. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 18% w województwie podkarpackim do 25,9% w województwie małopolskim (tab. 3.15, ryc. 3.16).

Powiązanie ze sobą udziałów drzew zdrowych, drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz wartości średniej defoliacji w lasach poszczególnych województw umożliwiło uszeregować ich grupami od najzdrowszych do najmniej zdrowych: podkarpackie < wielkopolskie, dolnośląskie < świętokrzyskie, lubuskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, pomorskie < kujawsko-pomorskie, zachodniopomorskie, mazowieckie, lubelskie, łódzkie, śląskie < opolskie < małopolskie.

Najzdrowsze drzewa odnotowano w lasach województwa podkarpackiego (najwyższy udział drzew zdrowych 30%, 10,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższa średnia defoliacja 18%). Dobrą kondycją charakteryzowały się drzewa w województwie wielkopolskim i dolnośląskim. W tych obszarach odnotowano odpowiednio 18,5% i 17,2% drzew zdrowych, 11,4% i 11,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 19,5% i 19,6% średniej defoliacji. Umiarkowanie dobrą kondycją odznaczały się drzewa w lasach województw: świętokrzyskiego, lubuskiego, podlaskiego, warmińsko-mazurskiego oraz pomorskiego. Wartości w poszczególnych kategoriach wyniosły od 7,4% do 20,4% drzew zdrowych, od 9,9% do 16,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 20,2% do 21,4% średniej defoliacji. Kondycję drzew na średnim poziomie zarejestrowano w obszarach województw: kujawsko-pomorskiego, zachodniopomorskiego, mazowieckiego, lubelskiego i łódzkiego. Odnotowano od 6,5% do 13% drzew zdrowych, od 13,9% do 21,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,4% do 22,8% średniej defoliacji. Osłabioną kondycję drzew zarejestrowano w województwach śląskim oraz opolskim, odpowiednio 3,1% i 1,4% drzew zdrowych, 15,2% i 21,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 23% i 24,2% średniej defoliacji. Najsłabszą kondycję zdrowotną zarejestrowano dla drzew w województwie małopolskim, 9,7% drzew zdrowych, najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (36,3%) oraz najwyższa wartość średniej defoliacji (25,9%).

Zdrowotność drzew monitorowanych gatunków w układzie województw

Sosna jest gatunkiem o średniej kondycji zdrowotnej. Zdrowe sosny występowały na powierzchniach zlokalizowanych w województwach: wielkopolskim i dolnośląskim, odnotowano odpowiednio 20,4% i 16% drzew zdrowych, 8,6% i 8,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 18,5% i 18,8% średniej defoliacji. Drzewa w umiarkowanie dobrej kondycji zarejestrowano w województwach: podkarpackim, lubuskim, zachodniopomorskim oraz pomorskim, udział drzew zdrowych wyniósł od 4,1% do 17,5%, drzew w klasach defoliacji 2-4 od 8,2% do 14,5%, natomiast średniej defoliacji od 19,9% do 21%. Sosny z terenu województw: kujawsko-pomorskiego i podlaskiego charakteryzowały się natomiast udziałem w drzew zdrowych (o defoliacji poniżej 10%) odpowiednio 5,5% i 5,6%, drzew w klasach defoliacji 2-4 odpowiednio 12,9% i 10,5% oraz średnią defoliacją równą odpowiednio 21,2% i 22,4%. Drzewa w średniej kondycji zdrowotnej zarejestrowano w lasach województw: śląskiego, warmińsko-mazurskiego, świętokrzyskiego, mazowieckiego i opolskiego, wartości w poszczególnych kategoriach wyniosły od 0,3% do 8% drzew zdrowych, od 10,1% do 22% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,6% do 24% średniej defoliacji. Drzewa o obniżonej zdrowotności występowały w województwach: łódzkim i lubelskim, 2,7% i 2% drzew zdrowych, 22,6% i 28,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 23,8% i 25,4% średniej defoliacji. Najsłabszą kondycję zdrowotną odnotowano w lasach województwa małopolskiego (2,4% drzew zdrowych, najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4: 47% oraz najwyższa średnia defoliacja: 28,5%) (tab. 3.15).

W województwie kujawsko-pomorskim nie było zarejestrowanej żadnej powierzchni badawczej na której występował **świerk**, z kolei w czterech województwach liczba okazów poddanych ocenom nie przekroczyła 30 w każdym z województw (wyniki wyłączono z analiz). Świerk charakteryzuje się najgorszą kondycją zdrowotną. Najzdrowsze drzewa tego gatunku zarejestrowano w lasach województwa zachodniopomorskiego, najwyższy udział drzew zdrowych (17,9%), 24,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,3% średniej defoliacji. Drzewa w umiarkowanie dobrej kondycji zdrowotnej odnotowano w lasach województw: wielkopolskiego, dolnośląskiego, podkarpackiego, świętokrzyskiego, lubuskiego i warmińsko-mazurskiego, udział drzew zdrowych wyniósł od 0% do 14,6%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 7,7% do 29,4%, średnia defoliacja od 21% do 23,4%. Drzewa w średniej kondycji występowały w województwie podlaskim i małopolskim, odpowiednio 5,9% i 11,9% drzew zdrowych, 16,9% i 40% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 26,9% i 27% średniej defoliacji. Drzewa słabszej zdrowotności zarejestrowano w województwie pomorskim, 5%

drzew zdrowych, 36,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 28,3% średniej defoliacji. Drzewa tego gatunku w najslabszej kondycji odnotowano w województwie śląskim, 3,3% drzew zdrowych, 58,9% (najwyższa wartość) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 32,2% (również najwyższa wartość) średniej defoliacji (tab. 3.15).

Powierzchnie **jodłowe** oraz z domieszką jodły występują w dziewięciu województwach, w tym w trzech województwach liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analiz). Jodła charakteryzuje się średnią kondycją zdrowotną względem pozostałych gatunków oraz najlepszą względem pozostałych gatunków iglastych. W najlepszej kondycji drzewa tego gatunku występowały w lasach województw: świętokrzyskiego i podkarpackiego. Odnotowano tutaj najwyższe wartości udziału drzew zdrowych, odpowiednio 38,9% i 30,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł odpowiednio 8,4% i 7%, natomiast średnia defoliacja była najniższa względem pozostałych obszarów i wyniosła ona kolejno 16,3% i 16,6%. Drzewa w średniej kondycji odnotowano w województwie śląskim i lubelskim, udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 14,8% i 8,8%, udział drzew w klasach defoliacji 11,4% i 5,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja 18,7% i 18,8%. Drzewa w słabszej kondycji zarejestrowano w województwie mazowieckim (13,9% drzew zdrowych, 25% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 23,6% średniej defoliacji). Najslabsze jodły wystąpiły w lasach województwa małopolskiego (8,5% drzew zdrowych, najwyższy udział drzew w klasach defoliacji: 34,4% oraz najwyższa średnia defoliacja: 24,9%) (tab. 3.15).

Powierzchnie **bukowe** oraz z domieszką buka nie występują w województwie podlaskim, natomiast w pięciu województwach liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekroczyła 30 w każdym z województw (wyniki wyłączono z analizy). Buk charakteryzuje się wysoką zdrowotnością względem pozostałych gatunków. Spośród dziesięciu pozostałych województw najlepszą kondycją zdrowotną buki odznaczały się w województwie lubelskim. Odnotowano tutaj najwyższy odsetek drzew zdrowych (83%) i jednocześnie najniższą wartość średniej defoliacji (10%). Nie zarejestrowano natomiast drzew w klasach defoliacji 2-4. Drzewa w bardzo dobrej kondycji występowały w lasach województw: podkarpackiego i świętokrzyskiego, udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 64,5% i 68,8%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4: 1,5% i 4,2%, średnia defoliacja: 11,7% i 10,8%. W województwach: dolnośląskim i lubuskim buki charakteryzowały się umiarkowanie dobrą kondycją zdrowotną, odnotowano odpowiednio 53,5% i 40% drzew zdrowych, 1,4% i 0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 13% i 13,4% średniej defoliacji. Drzewa w średniej kondycji odnotowano

w województwie warmińsko-mazurskim (30,7% drzew zdrowych, 5,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 16,7% średniej defoliacji). W lasach województw: pomorskiego i śląskiego drzewa charakteryzowały się nieco gorszą kondycją, a w województwach: zachodniopomorskim i małopolskim najslabszą kondycją. Dla tych czterech województw udział drzew zdrowych wyniósł od 12,4% do 23,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 6,3% do 16,1%, a średnia defoliacja od 18,4% do 20,9% (tab. 3.15).

Dąb jest gatunkiem o najslabszej kondycji zdrowotnej względem pozostałych gatunków liściastych, jednocześnie wykazującym duże zróżnicowanie regionalne. Najzdrowsze dęby występowały w województwie świętokrzyskim, gdzie odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (40,3%), udział drzew w klasach 2-4 na poziomie 16,8% oraz najniższą średnią defoliację (16,7%). Dobrej kondycji drzewa występowały w województwie podkarpackim i warmińsko-mazurskim, udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 26,3% i 8,5%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 19,5% i 5,5%, natomiast średnia defoliacja 19,7% i 19,8%. Na średnim poziomie odnotowano drzewa w województwach: podlaskim, pomorskim, dolnośląskim, kujawsko-pomorskim oraz mazowieckim. Udział drzew najzdrowszych w tych obszarach wyniósł od 4% do 10,6%, udział drzew najslabszych wyniósł od 11,1% do 23,2%, a średnia defoliacja od 21,5% do 22,5%. W przypadku województw: lubelskiego i wielkopolskiego odnotowano drzewa slabszej kondycji. Odnotowano kolejno 4,2% i 2,3% drzew zdrowych, 21,6% i 27,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24% i 25,1% średniej defoliacji. Drzewa o osłabionej kondycji zarejestrowano w województwach: lubuskim, śląskim, łódzkim i zachodniopomorskim. Udział drzew zdrowych wyniósł od 0% do 7,4% drzew zdrowych, od 27,1% do 46,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 26,1% do 27,1% średniej defoliacji. Drzewa najslabszej kondycji zarejestrowano w województwie opolskim i małopolskim, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł odpowiednio 45% i 54,5%, średnia defoliacja 28,6% i 29,1%, w województwie opolskim nie zarejestrowano drzew zdrowych, natomiast w województwie małopolskim było to 2,5% (tab. 3.15).

Brzoza jest gatunkiem o średniej kondycji zdrowotnej. Najzdrowsze drzewa tego gatunku występowały w lasach województw: łódzkiego i świętokrzyskiego. Odnotowano tutaj najwyższe wartości udziału drzew zdrowych, odpowiednio 45,5% i 35,9%, jedne z niższych wartości udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 9,5% i 8,9% oraz najniższe wartości średniej defoliacji 16,8% i 16,6%. Drzewa w umiarkowanie dobrej kondycji zarejestrowano w województwie dolnośląskim, 23,4% drzew zdrowych, 5,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 17,2% średniej defoliacji. Drzewa w dobrej kondycji odnotowano w województwach:

lubuskim, lubelskim, warmińsko-mazurskim oraz wielkopolskim. W przypadku tych regionów odnotowano od 8,4% do 23,2% drzew zdrowych, od 5,8% do 16,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 19,3% do 21,1% średniej defoliacji. Drzewa w średniej kondycji występowały w lasach województw: podlaskiego, podkarpackiego, kujawsko-pomorskiego oraz mazowieckiego. Odnotowano od 6,5% do 18,3% drzew zdrowych, 14,2% do 18,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,1% do 22,7% średniej defoliacji. Drzewa o osłabionej kondycji zarejestrowano w województwach: pomorskim, śląskim, zachodniopomorskim a także opolskim. Dla tych obszarów zarejestrowano od 2,2% do 7,5% drzew zdrowych, od 17,5% do 22,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,8% do 23,8% średniej defoliacji. Najśłabsze okazy odnotowano w województwie małopolskim, gdzie udział drzew zdrowych był jedną z niższych wartości (4,5%), z kolei udział drzew w klasach defoliacji (37,1%) oraz średnia defoliacja (27,2%) były najwyższe (tab. 3.15).

Powierzchnie **olszowe** oraz z domieszką olszy występują we wszystkich województwach, jednak w województwie śląskim liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy). Olsza jest gatunkiem wykazującym duże zróżnicowanie regionalne. Najlepszą kondycję zdrowotną olszy zarejestrowano w województwach: łódzkim i lubuskim, odnotowano tutaj najwyższy odsetek drzew zdrowych, odpowiednio 64,7% i 58,6%, jedne z niższych wartości udziału drzew w klasach defoliacji 2-4, odpowiednio 2% i 2,9% oraz najniższe wartości średniej defoliacji, 11% i 12,2%. Drzewa w bardzo dobrej kondycji odnotowano w województwie kujawsko-pomorskim, 40% drzew zdrowych, 4,4% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 14,8% średniej defoliacji. Drzewa w umiarkowanie dobrej kondycji zarejestrowano w województwach: podlaskim, lubelskim, mazowieckim, wielkopolskim, dolnośląskim oraz warmińsko-mazurskim. Drzewa zdrowe stanowiły od 17,8% do 38,7%, drzewa w klasach defoliacji 2-4 od 3,6% do 8,2%, a średnia defoliacja od 16,7% do 18,3%. Drzewa w średniej kondycji występowały w lasach województw: pomorskiego, podkarpackiego, zachodniopomorskiego i opolskiego. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wyniósł od 2,2% do 16,2%, a średnia defoliacja od 19,8% do 21,3%. W województwie opolskim nie odnotowano drzew zdrowych, w pozostałych trzech regionach udział drzew w tej kategorii wyniósł od 8,8% do 17,4%. Drzewa najśłabsze odnotowano w województwach: świętokrzyskim i małopolskim, udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 25,5% i 5,1%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 38,2% i 40,5%, a średnia defoliacja 30,4% i 28,5% (tab. 3.15).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udział drzew zdrowych o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawierał się w przedziale od 8,7% w Krainie Bałtyckiej do 22,4% w Krainie Karpackiej. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 10,2% w Krainie Mazursko-Podlaskiej do 21,3% w Krainie Karpackiej. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 20,3% w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, a także w Krainie Sudeckiej do 22,9% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (tab. 3.16, ryc. 3.17).

Powiązanie ze sobą udziałów drzew zdrowych, drzew o defoliacji powyżej 25% oraz wartości średniej defoliacji w lasach poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych pozwoliło na uszeregowanie ich grupami od najzdrowszych do najmniej zdrowych: Sudecka, Wielkopolsko-Pomorska < Mazursko-Podlaska, Karpacka, Śląska, Bałtycka < Małopolska < Mazowiecko-Podlaska.

Drzewa najzdrowsze zarejestrowano w lasach Krainy Sudeckiej i Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej. Udział drzew o defoliacji poniżej 10% wyniósł odpowiednio 18,1% i 11,5%, udział drzew o defoliacji powyżej 25%: 14,4% i 11,6%, natomiast średnia defoliacja po 20,3%. Drzewa o średniej kondycji zdrowotnej odnotowano w lasach Krain: Mazursko-Podlaskiej, Karpackiej, Śląskiej oraz Bałtyckiej. Udział drzew zdrowych wyniósł od 8,7% do 22,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 10,2% do 21,3%, a średnia defoliacja od 20,9% do 21,6%. Drzewa słabszej kondycji odnotowano w Krainie Małopolskiej, udział drzew zdrowych wyniósł 14,5%, drzew o defoliacji powyżej 25%: 19,9%, średnia defoliacja 22,2%. Drzewa w najslabszej kondycji odnotowano w lasach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej, udział drzew zdrowych odnotowano na poziomie 10,9%, w klasie defoliacji 2-4 19,8%, średnia defoliacja 22,9%.

Analiza map (ryc. 3.18, 3.19) prezentujących wyniki obserwacji defoliacji drzew na SPO I rzędu w 2025 roku również pozwala na wydzielenie obszarów zróżnicowanych pod względem zdrowotności lasów w kraju. Dane źródłowe, na podstawie których sporządzone zostały mapy, to średnie wartości defoliacji z powierzchni badawczych dla wszystkich monitorowanych gatunków łącznie.

Najzdrowsze lasy (do 20% średniej defoliacji) występowały:

- w Krainie **Bałtyckiej**: w części zachodniej: lasy okolic Ińska i Trzebiatowa; w części środkowej: Lasy Oliwsko-Darżlubskie, lasy między Gdańskiem a Kościerzyną oraz we wschodniej części: lasy na wschód od linii Grudziądz-Elbląg aż do granic krainy;

- w Krainie **Mazursko-Podlaskiej**: w części wschodniej: lasy między Ostródą a Olsztynem oraz na północ od Olsztyna wzdłuż granicy z Krainą Bałtycką; w części środkowej: lasy w okolicach Elku; w części wschodniej: lasy w okolicach Dąbrowy Białostockiej, Suchowoli i Sokółki; w części południowo-wschodniej: lasy okolic Michałowa, Puszcza Białowieska;
- w Krainie **Wielkopolsko-Pomorskiej**: w części zachodniej: Bory Lubuskie; w części środkowej: Puszcza Drawska, wschodnia część Puszczy Noteckiej, lasy w obszarze wyznaczonym przez miejscowości: Poznań- Piła- Bydgoszcz- Gniezno; w części środkowo-południowej: na południe od miejscowości Trzciel-Wronki-Poznań do południowej granicy Krainy oraz lasy Doliny Baryczy i lasy Rychtańskie; w części północnej: Bory Tucholskie;
- w Krainie **Mazowiecko-Podlaskiej**: w części centralnej: lasy w obszarze wyznaczonym przez miejscowości: Ostrów Mazowiecka- Ciechanowiec- Węgrów; lasy w okolicach Kałuszyna, a także Ciechanowa i Makowa Mazowieckiego; w części południowej: lasy w okolicach Warki;
- w Krainie **Śląskiej**: w części zachodniej: Bory Dolnośląskie z wyłączeniem środkowej części kompleksu oraz część na północ od tego kompleksu aż do granic z Krainą Wielkopolsko-Pomorską oraz na południe od kompleksu do granic z Krainą Sudecką; w środkowej części północnej: od Borów Dolnośląskich w kierunku wschodnim po Legnicę i Wrocław; w części północno-zachodniej: lasy Doliny Baryczy i lasy Rychtańskie;
- w Krainie **Małopolskiej**: w części północnej: lasy w okolicach Warki; w części centralnej: Puszcza Świętokrzyska, kompleks leśny na północ od Ostrowca Świętokrzyskiego i lasy w okolicach Przysuchy; w części południowo-wschodniej: lasy w okolicach Zwierzyńca, lasy na wschód od Mielca i Dębicy wzdłuż granicy z Krainą Karpacką po Tarnogród i przez Cieszanów do granicy z Ukrainą;
- w Krainie **Sudeckiej**: w części zachodniej krainy aż do wysokości Wałbrzycha;
- w Krainie **Karpackiej**: wschodnia część krainy: od osi Dębica – Jasło – okolice Magurskiego PN na wschód do granic z Ukrainą.

Kompleksy leśne o słabszej kondycji (średnia defoliacja na poziomie 25,1% – 30%) występowały we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych:

- w Krainie **Bałtyckiej**: w części południowo-zachodniej: okolice Myśliborza, w części środkowej: na północ od Szczecinka;
- w Krainie **Mazursko-Podlaskiej**: w północnej części: lasy okolic Gołdapi; w części południowej: lasy między Jedwabnem i Mońkami oraz między Wielbarkiem a Piszem;

- w Krainie **Wielkopolsko-Pomorskiej**: w północno-zachodniej części: lasy na południe od Barlinka; w części wschodniej: lasy między Sierpcem a miejscowością Skąpe;
- w Krainie **Mazowiecko-Podlaskiej**: w części północnej: na północ od miejscowości Ciechanów – Ostrołęka – Łomża do granicy Krainy; w części centralnej: lasy między Wyszkowem, Tłuszczem, Wołominem, Sulejówkiem, Legionowem i Serockiem, lasy w obszarze Warszawy, Kampinoski PN (bez centralnej części), dalej w lasy wzdłuż Wisły od Wyszogrodu do granicy z Krainą Wielkopolsko-Pomorską; w części wschodniej: lasy między Radzyniem Podlaskim a Białą Podlaską; w części południowo-wschodniej: lasy na północ i wschód od Lublina;
- w Krainie **Śląskiej**: lasy od Namysłowa po Brzeg, następnie od Strzelina przez Niemodlin i Krapkowice do granicy państwa;
- w Krainie **Małopolskiej**: w części środkowo-zachodniej: lasy okolic Włoszczowej, Koniecpola i Szczekocin; w części południowej: lasy na wschód od Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego przez Kraków po Tarnów; w części środkowo-wschodniej: lasy między Urzędowem a Sandomierzem oraz w okolicach Tarnobrzega;
- w południowo-wschodniej części Krainy **Sudeckiej** (lasz Ziemi Kłodzkiej);
- w centralnej części Krainy **Karpackiej**.

Według prezentowanych map w 2025 roku **żaden kompleks leśny** nie wykazał znacznego osłabienia kondycji zdrowotnej (powyżej 30% średniej defoliacji).

Stan zdrowotny drzew monitorowanych gatunków w układzie krain przyrodniczo-leśnych (tab. 3.16, ryc. 3.20)

Sosna jest gatunkiem o średnim poziomie zdrowotności, wykazującym najniższą zmienność defoliacji biorąc pod uwagę rozkład przestrzenny. Różnice między wartościami maksymalnymi i minimalnymi udziału drzew zdrowych, udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średniej defoliacji w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych były najniższe na tle pozostałych grup gatunków drzew poddanych ocenie. Różnice wynosiły odpowiednio: 9 punktów procentowych, 15,1 p.p. i 4,3 p.p. Umiarkowanie dobrą kondycją charakteryzowały się drzewa w krainach: Śląskiej i Wielkopolsko-Pomorskiej. Średnia defoliacja wyniosła po 19,9%, udział drzew zdrowych był najwyższy i wyniósł odpowiednio 11,3% i 10,5%, natomiast udział drzew o defoliacji powyżej 25% wyniósł 9,3% i 9,9%. Podobną kondycją charakteryzowały się drzewa w Krainie Bałtyckiej. Wartości parametrów wyniosły

odpowiednio: 4,9% drzew zdrowych, 8,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 20,7% średniej defoliacji. Drzewa o słabszej kondycji odnotowano w krainach: Mazursko-Podlaskiej, Karpackiej i Małopolskiej. Odnotowano od 2,3% do 7,1% drzew zdrowych, od 12,3% do 23,7% drzew o defoliacji wyższej niż 25% oraz od 23,2% do 23,6% średniej defoliacji. Najsłabszej kondycji drzewa tego gatunku odnotowano w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej. Udział drzew zdrowych wystąpił na poziomie 6,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 22,3%, średnia defoliacja 24,2%. W krainie Sudeckiej liczba sosen poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 sztuk, wyniki uzyskane z tej krainy wyłączono z analizy.

Świerk charakteryzuje się niskim poziomem zdrowotności w porównaniu z pozostałymi monitorowanymi gatunkami drzew. Najlepszą kondycją zdrowotną drzewa tego gatunku charakteryzowały się w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej oraz Śląskiej. Udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 20,3% i 10,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 21,1% i 9,2%, a średnia defoliacja 21,1% i 20,6%. Drzewa w dobrej kondycji zarejestrowano w lasach krainy Sudeckiej, wartości parametrów zarejestrowano na poziomie odpowiednio: 8,1%, 17,5% i 22%. Drzewa średniej kondycji odnotowano w krainach: Bałtyckiej, Mazowiecko-Podlaskiej oraz Mazursko-Podlaskiej. Udział drzew o defoliacji do 10% wyniósł od 3,3% do 8,8%, drzew o defoliacji powyżej 25% od 15,8% do 23,5%, a średnia defoliacja od 23,9% do 25,6%. Drzewa słabszej kondycji występowały w lasach Krainy Karpackiej, natomiast najslabszej w Krainie Małopolskiej. Udział drzew wyniósł odpowiednio 11,2% i 4,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 39,7% i 46,7%, średnia defoliacji 27,1% i 28,3%.

Jodła charakteryzuje się średnią kondycją zdrowotną w porównaniu z innymi gatunkami. Zdrowsze jodły występowały w Krainie Małopolskiej, w porównaniu do Krainy Karpackiej. Udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 26% i 18,1%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 17,8% i 19,9%, a średnia defoliacja 19,9% i 20,7%. W pozostałych krainach liczba ocenionych drzew nie przekroczyła 30 lub gatunek ten nie występował na powierzchniach obserwacyjnych.

Buk charakteryzuje się najlepszą kondycją zdrowotną w skali kraju względem pozostałych monitorowanych gatunków. Liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w krainach: Mazowiecko-Podlaskiej i Mazursko-Podlaskiej. Wyniki z tych krain wyłączono z analiz. Buki o lepszej kondycji zdrowotnej zarejestrowano w lasach krain: Sudeckiej, Małopolskiej i Karpackiej, gdzie udział drzew zdrowych wyniósł od 43,8% do 48,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 0% do 7,6%, średnia defoliacja wyniosła od 14,1% do 14,8%. Drzewa słabszej kondycji odnotowano w krainach: Wielkopolsko-

Pomorskiej, Bałtyckiej i Śląskiej. W tych trzech krainach udział drzew o defoliacji do 10% wyniósł od 18,7% do 30,1%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 8,5% do 19,3%, a średnia defoliacja od 18,9% do 19,6%.

Dąb, obok świerka, charakteryzuje się najslabszą kondycją zdrowotną w kraju względem pozostałych monitorowanych gatunków. Dobrą kondycją zdrowotną drzewa odznaczały się w lasach krain: Mazursko-Podlaskiej, gdzie stwierdzono 5,6% drzew zdrowych, 6,4% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,1% średniej defoliacji. Slabszą kondycją charakteryzowały się dęby w krainach Małopolskiej i Sudeckiej. Udział drzew zdrowych wynosi odpowiednio 14,4% i 5,6%, drzew w klasach 2-4 27,0% i 18,5% oraz średnia defoliacja 23,2% i 22,0%. W krainach: Bałtyckiej, Mazowiecko-Podlaskiej i Śląskiej odnotowano kondycję dębu na średnim poziomie. Udział drzew o defoliacji poniżej 10% wynosił od 4,8% do 6,5%, a drzew o defoliacji powyżej 25% od 24,2% do 27,2%, natomiast średnia defoliacja wyniosła od 23,3% do 24,2%. Drzewa o slabszej kondycji zanotowano w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, a w Krainie Karpackiej drzewa charakteryzowały się najslabszą kondycją. W tych dwóch krainach udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 2,6% i 7,2%, udział drzew o defoliacji powyżej 25% odpowiednio 25,5% i 48,8%, a średnia defoliacja 24,8% i 28,1%.

Brzoza charakteryzuje się średnią kondycją zdrowotną na tle pozostałych monitorowanych gatunków. Najlepszą kondycją zdrowotną drzew odnotowano w lasach krainy Sudeckiej, gdzie zarejestrowano najwyższy udział drzew zdrowych (29,9%) oraz najniższą średnią defoliację (14,8%), ponadto nie odnotowano drzew o defoliacji powyżej 25%. Dobrą kondycję drzew odnotowano w Krainie Małopolskiej. Udział drzew zdrowych wyniósł 27,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 12,9%, a średnia defoliacja była na poziomie 19,2%. Slabszą kondycją odznaczały się drzewa w krainach: Mazursko-Podlaskiej, Wielkopolsko-Pomorskiej, Śląskiej oraz Mazowiecko-Podlaskiej. Udział drzew zdrowych w tych regionach wyniósł od 8,4% do 14,9%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 od 8,8% do 17,7%, a wartość średniej defoliacji była w zakresie 21%-22,3%. Osłabioną kondycję drzew omawianego gatunku odnotowano w lasach Krainy Bałtyckiej, natomiast najslabszą kondycję w Krainie Karpackiej. Odnotowano odpowiednio 6,4% i 8,2% drzew zdrowych, 15,9% i 31,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,3% i 25% średniej defoliacji.

Olsza odznaczała się wysokim poziomem zdrowotności na tle pozostałych monitorowanych gatunków. Najzdrowsze drzewa tego gatunku występowały w lasach Krainy Mazursko-Podlaskiej oraz Wielkopolsko-Pomorskiej, gdzie odnotowano najwyższy odsetek

drzew zdrowych, odpowiednio 33% i 28,2%, najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4, odpowiednio 3,6% i 4,6% oraz najniższe wartości średniej defoliacji, 16,5% i 16,2%. Olsze w Krainie Śląskiej odznaczały się umiarkowanie dobrą kondycją, a drzewa w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej dobrą kondycją. Udział drzew zdrowych wyniósł odpowiednio 24,3% i 24,6%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 5,8% i 8,8%, a średnia defoliacja 17,1% i 18,2%. W krainach: Małopolskiej i Bałtyckiej kondycja drzew omawianego gatunku była słabsza. Udział drzew o defoliacji poniżej 10% wyniósł odpowiednio 27,9% i 13,8%, udział drzew o defoliacji powyżej 25% 18% i 11,3%, a wartość średniej defoliacji odpowiednio 20,8% i 20,7%. Najlepsze olsze zarejestrowano w Krainie Karpackiej, gdzie wartości poszczególnych parametrów wyniosły 5,4%, 18% i 22,8%.

Kondycja zdrowotna drzew w układzie parków narodowych

Ocenę stanu zdrowotnego drzew przeprowadzono w 18 parkach narodowych na 36 powierzchniach, gdzie oceniono 720 drzew. Liczba ocenionych drzew danego gatunku kształtuje się następująco: 179 sosen (w 9 parkach), 108 świerków (w 9 parkach), 39 jodeł (w 5 parkach), 18 modrzewi (w 2 parkach), 177 buków (w 7 parkach), 12 dębów (w 1 parku), 72 brzozy (w 5 parkach), 85 olsz (w 6 parkach) oraz (w 3 parkach) 30 drzew z grupy 'inne liściaste' - oceniono 5 gatunków, spośród których największy udział miała topola.

Udział drzew zdrowych wśród wszystkich drzew poddanych obserwacjom wynosił 18,8%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był równy 17,8%, a średnia defoliacja 22,1% (tab. 3.17, ryc. 3.21). Wszystkie gatunki iglaste odznaczały się słabszą kondycją zdrowotną niż gatunki liściaste łącznie. Dla gatunków iglastych zarejestrowano 7,3% drzew zdrowych, 24,4% drzew w klasach 2-4 oraz 26,5% średniej defoliacji, gdzie w przypadku gatunków liściastych było to odpowiednio 29,3%, 11,7% i 18%.

Porównano stan zdrowotny monitorowanych gatunków we wszystkich parkach narodowych (tab. 3.17). Z porównania wyłączono dąb, gatunki z kategorii 'inne iglaste' oraz 'inne liściaste', ponieważ liczba ocenionych drzew poszczególnych gatunków nie przekroczyła 30. Względem wszystkich parków narodowych najlepszą kondycję zdrowotną wykazały buk i olsza. W przypadku tych gatunków uzyskano najwyższy udział drzew zdrowych, odpowiednio 41,8% i 31,8%, z kolei wartości udziału drzew o defoliacji powyżej 25% oraz średnia defoliacja były najniższe i wyniosły one odpowiednio 2,3% i 1,2% oraz 14,2% i 15,1%. Sosna i jodła odznaczały się średnią kondycją zdrowotną. Parametry wyniosły odpowiednio: 8,9% i 10,3% (udział drzew zdrowych), 20,7% i 25,6% (udział drzew w klasach defoliacji 2-4)

oraz 23,5% i 24,7% (średnia defoliacja). Najsłabszą kondycję wykazały brzoza i świerk, gdzie zarejestrowano jedne z niższych wartości udziału drzew zdrowych (9,7% i 4,6%) oraz jednocześnie najwyższe wskaźniki drzew z defoliacją powyżej 25% i średniej defoliacji (odpowiednio 45,8% i 33,3% oraz 28,5% i 33%).

Kondycję zdrowotną drzew porównano także w poszczególnych parkach narodowych. W parkach narodowych liczba powierzchni na których przeprowadzono ocenę stanu zdrowotnego drzew kształtowała się następująco. Po jednej powierzchni obserwacyjnej znajdowało się w dziesięciu parkach narodowych: Słowińskim (powierzchnia modrzewiowa), Wigierskim i Drawieńskim (powierzchnie sosnowe), Ojcowskim (powierzchnia bukowa z domieszką sosny i świerka), Gorczańskim (bukowo-świerkowa), Roztoczańskim (jodłowo-sosnowa), Karkonoskim (świerkowa), Poleskim (olszowo-brzozowa), Białowieskim (olszowa), Świętokrzyskim (bukowa). Po dwie powierzchnie występowały w parkach: Tatrzańskim (powierzchnia jodłowo-świerkowa i świerkowa), Wolińskim (powierzchnie sosnowe z domieszką dębu), Babiogórskim (powierzchnia bukowa i świerkowa) i Wielkopolskim (powierzchnia sosnowa i liściasta mieszana). Trzy powierzchnie znajdowały się w Magurskim PN (powierzchnia modrzewiowa, liściasta z przewagą buka i jodłowo-bukowa). Cztery powierzchnie występowały w Kampinoskim PN (trzy sosnowe i jedna brzozowa). Pięć powierzchni było zlokalizowanych w Biebrzańskim PN (olszowo-brzozowa, świerkowa, olszowa, brzozowa i sosnowa). Sześć powierzchni oceniono w Bieszczadzkim PN (cztery bukowe, jedna bukowo-jodłowa i jedna osikowo-brzozowa) (tab. 3.17). W przypadku parków narodowych w których oceniono drzewa na jednej powierzchni (20 drzew) wyjątkowo uwzględniono te dane przy porównywaniu wartości, jednak należy ostrożnie podchodzić do uzyskanych wyników.

Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa na powierzchni Świętokrzyskiego PN, gdzie odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (70%), brak drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą wartość średniej defoliacji (9,5%). Bardzo dobrą kondycją charakteryzowały się drzewa w parkach: Bieszczadzkim, Wielkopolskim i Białowieskim (od 25% do 52,5% drzew zdrowych, od 0% do 2,5% drzew w klasie defoliacji 2-4 oraz od 13,3% do 15,3% średniej defoliacji). Średnią kondycją odznaczały się drzewa w parkach: Poleskim, Karkonoskim, Magurskim, Drawieńskim, Roztoczańskim i Gorczańskim (od 0% do 15% drzew zdrowych, od 0 do 15% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 16% do 21,5% średniej defoliacji). Drzewa o osłabionej kondycji występowały na terenach parków: Kampinoskiego, Babiogórskiego, Biebrzańskiego, Wigierskiego, Ojcowskiego, Tatrzańskiego

i Wolińskiego (od 0 do 17% drzew zdrowych, od 27% do 40% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 25,4% do 31,3% średniej defoliacji). Drzewa najsłabszej kondycji zdrowotnej zarejestrowano w Słowińskim PN, gdzie nie zarejestrowano drzew zdrowych, a wartości udziału drzew o defoliacji powyżej 25% oraz średniej defoliacji były najwyższe (odpowiednio 50% i 31,3%) (tab. 3.17, ryc. 3.21).

Tabela 3.1. Liczba SPO I rzędu wg form własności (RDLP i Parki Narodowe) – 2025 r.

RDLP	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Białystok	116	65	7	3	191
Katowice	86	36	2	16	140
Kraków	39	49	4	6	98
Krosno	75	27	9	8	119
Lublin	77	77	2	8	164
Łódź	60	53	0	3	116
Olsztyn	122	53	0	4	179
Piła	63	4	0	2	69
Poznań	83	24	2	8	117
Szczecin	130	4	3	6	143
Szczecinek	123	6	1	1	131
Toruń	84	15	0	2	101
Wrocław	98	7	1	9	115
Zielona Góra	87	1	0	1	89
Gdańsk	63	10	0	3	76
Radom	50	51	1	9	111
Warszawa	31	55	4	6	96
Razem	1387	537	36	95	2055

Tabela 3.2. Liczba SPO I rz. wg form własności w ukł. krain przyrodniczo-leśnych – 2025 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Bałtycka	246	23	3	9	281
Mazursko-Podlaska	157	45	7	7	216
Wielkopolsko-Pomorska	412	53	3	13	481
Mazowiecko-Podlaska	123	168	5	9	305
Śląska	133	10	0	8	151
Małopolska	198	163	3	34	398
Sudecka	31	2	1	5	39
Karpacka	87	73	14	10	184
Razem	1387	537	36	95	2055

Tabela 3.3. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie województw – 2025 r.

Województwo	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Dolnośląskie	102	7	1	9	119
Kujawsko-pomorskie	77	15	0	2	94
Lubelskie	67	69	2	6	144
Lubuskie	131	1	1	2	135
Łódzkie	47	49	0	4	100
Małopolskie	48	55	6	7	116
Mazowieckie	81	124	4	6	215
Opolskie	31	4	0	4	39
Podkarpackie	88	38	9	10	145
Podlaskie	81	59	7	2	149
Pomorskie	122	15	1	2	140
Śląskie	43	19	0	10	72
Świętokrzyskie	34	25	1	9	69
Warmińsko-mazurskie	140	24	0	6	170
Wielkopolskie	134	29	2	9	174
Zachodniopomorskie	161	4	2	7	174
Razem	1387	537	36	95	2055

Tabela 3.4. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie gatunków drzew panujących w drzewostanie – 2025 r.

Gatunek panujący drzewostanu	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Sosna	848	308	11	43	1210
Świerk	50	16	4	6	76
Jodła	34	12	3	1	50
Inne iglaste	18	3	1	2	24
Buk	59	9	8	3	79
Dąb	119	21	0	11	151
Brzoza	117	64	3	9	193
Olsza	86	54	5	10	155
Inne liściaste	56	50	1	10	117
Iglaste razem	950	339	19	52	1360
Liściaste razem	437	198	17	43	695
Gatunki razem	1387	537	36	95	2055

Tabela 3.5. Liczba SPO I rzędu w lasach zarządzanych przez Lasy Państwowe, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie, w układzie RDLP – 2025 r.

RDLP w zarządzie LP	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Białystok	65	12	0	0	0	6	16	12	5	77	39	116
Katowice	44	5	1	4	8	11	6	3	4	54	32	86
Kraków	9	1	9	2	8	5	1	1	3	21	18	39
Krosno	23	5	17	3	10	2	2	5	8	48	27	75
Lublin	51	0	1	0	0	13	9	2	1	52	25	77
Łódź	48	0	0	1	1	4	5	0	1	49	11	60
Olsztyn	68	3	0	0	3	14	14	17	3	71	51	122
Piła	54	1	0	0	1	1	4	2	0	55	8	63
Poznań	56	0	0	0	0	9	9	6	3	56	27	83
Szczecin	85	1	0	3	7	12	8	9	5	89	41	130
Szczecinek	70	5	0	0	15	3	16	13	1	75	48	123
Toruń	72	0	0	1	1	4	5	1	0	73	11	84
Wrocław	35	14	0	0	0	22	6	6	15	49	49	98
Zielona Góra	67	0	0	0	2	8	4	2	4	67	20	87
Gdańsk	45	2	0	3	2	1	6	3	1	50	13	63
Radom	33	1	6	0	1	4	2	2	1	40	10	50
Warszawa	23	0	0	1	0	0	4	2	1	24	7	31
Razem	848	50	34	18	59	119	117	86	56	950	437	1387

Tabela 3.6. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie, w układzie krain przyrodniczo-leśnych – 2025 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Bałtycka	144	8	0	5	24	24	34	30	12	157	124	281
Mazursko-Podlaska	119	14	0	0	0	9	27	37	10	133	83	216
Wielkopolsko-Pomorska	379	3	0	4	8	25	27	23	12	386	95	481
Mazowiecko-Podlaska	207	1	0	1	0	14	44	31	7	209	96	305
Śląska	78	2	0	3	4	28	13	7	16	83	68	151
Małopolska	255	4	9	3	9	40	39	18	21	271	127	398
Sudecka	1	16	0	0	0	7	4	1	10	17	22	39
Karpacka	27	28	41	8	34	4	5	8	29	104	80	184
Razem	1210	76	50	24	79	151	193	155	117	1360	695	2055

Tabela 3.7. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie, w układzie województw – 2025 r.

Województwo	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Dolnośląskie	39	17	0	1	0	24	8	6	24	57	62	119
Kujawsko-pomorskie	76	0	0	2	1	5	8	1	1	78	16	94
Lubelskie	83	0	0	1	2	21	19	10	8	84	60	144
Lubuskie	107	0	0	1	3	10	5	3	6	108	27	135
Łódzkie	83	0	0	1	1	4	8	1	2	84	16	100
Małopolskie	23	16	20	3	15	10	7	4	18	62	54	116
Mazowieckie	153	0	2	1	0	9	26	18	6	156	59	215
Opolskie	18	1	0	2	1	7	4	2	4	21	18	39
Podkarpackie	56	5	20	4	19	5	7	12	17	85	60	145
Podlaskie	88	10	0	0	0	5	18	24	4	98	51	149
Pomorskie	99	4	0	3	9	2	12	10	1	106	34	140
Śląskie	41	9	2	2	6	4	6	1	1	54	18	72
Świętokrzyskie	41	2	6	0	2	3	8	3	4	49	20	69
Warmińsko-mazurskie	86	7	0	0	3	15	21	27	11	93	77	170
Wielkopolskie	127	1	0	0	0	14	14	15	3	128	46	174
Zachodniopomorskie	90	4	0	3	17	13	22	18	7	97	77	174
Razem	1210	76	50	24	79	151	193	155	117	1360	695	2055

Tabela 3.8. Liczba SPO I rz. w parkach narodowych, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie – 2025 r.

Park narodowy	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Babiogórski	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2
Białowiecki	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Biebrzański	1	1	0	0	0	0	2	1	0	2	3	5
Bieszczadzki	0	0	1	0	4	0	0	0	1	1	5	6
Drawieński	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Gorczański	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Kampinoski	3	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	4
Karkonoski	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Magurski	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	1	3
Ojcowski	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Poleski	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Roztoczański	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Słowiński	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Świętokrzyski	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Tatrzański	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Wielkopolski	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2
Wigierski	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Woliński	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Razem	11	4	3	1	8	0	3	5	1	19	17	36

Tabela 3.9. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja według gatunków na SPO I rzędu – wszystkie formy własności – 2025 r.

Wiek drzew	Klasy defoliacji	Procent defoliacji	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Powyżej 20 lat (wszystkie drzewa razem)	0 - bez defoliacji	0 - 10%	7,5	8,5	19,4	10,5	8,1	35,0	7,5	14,6	25,0	28,5	20,0	12,7
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	78,0	66,5	60,9	76,4	76,4	56,9	67,1	70,8	66,5	54,9	64,4	71,8
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	14,6	25,0	19,7	13,1	15,4	8,1	25,4	14,6	8,6	16,6	15,7	15,5
	Średnia defoliacja		21,9	24,7	20,6	21,1	22,0	16,8	23,7	21,2	18,3	20,2	20,5	21,4
	Liczba drzew próbnych		21780	1635	1148	611	25174	1830	3762	4157	3074	3103	15926	41100
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	6,6	10,3	25,3	10,7	7,6	24,9	13,0	18,4	28,1	27,7	21,7	14,1
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	78,0	70,4	62,7	80,3	76,9	66,0	70,3	70,5	63,4	56,0	65,7	71,8
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	15,4	19,4	12,0	9,0	15,4	9,1	16,6	11,0	8,5	16,3	12,6	14,1
	Średnia defoliacja		22,4	23,3	18,0	20,3	22,3	18,4	21,2	19,6	17,7	20,4	19,6	21,1
	Liczba drzew próbnych		6520	682	241	289	7732	515	1251	2223	1213	1410	6612	14344
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	7,8	7,2	17,9	10,2	8,4	38,9	4,7	10,1	22,9	29,1	18,7	12,0
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	78,0	63,8	60,4	73,0	76,2	53,3	65,5	71,0	68,5	54,0	63,4	71,8
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	14,2	29,0	21,7	16,8	15,4	7,8	29,7	18,8	8,7	16,9	17,8	16,3
	Średnia defoliacja		21,6	25,7	21,3	21,8	21,8	16,1	24,9	23,1	18,7	20,0	21,2	21,6
	Liczba drzew próbnych		15260	953	907	322	17442	1315	2511	1934	1861	1693	9314	26756

Tabela 3.10. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach odbarwienia według gatunków na SPO I rzędu – wszystkie formy własności – 2025 r.

Wiek drzew	Klasy odbarwienia	Procent odbarwienia	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Powyżej 20 lat (wszystkie drzewa razem)	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	99,1	98,2	99,4	99,8	99,1	99,3	97,2	98,5	99,5	98,3	98,4	98,8
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,3	0,3	0,5	0,0	0,3	0,5	1,9	0,3	0,2	0,7	0,8	0,5
	Klasy 2 - 4 (średnie i duże odbarwienie oraz drzewa martwe)	powyżej 25% i drzewa martwe	0,6	1,5	0,1	0,2	0,6	0,1	0,9	1,2	0,4	1,0	0,8	0,7
	Liczba drzew próbnych		21780	1635	1148	611	25174	1830	3762	4157	3074	3103	15926	41100
Od 21 do 60 lat	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	98,9	98,7	96,6	100,0	98,9	99,8	97,5	98,7	99,7	98,6	98,7	98,8
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,4	0,1	0,4	0,0	0,3	0,0	2,1	0,3	0,2	0,3	0,6	0,5
	Klasy 2 - 4 (średnie i duże odbarwienie oraz drzewa martwe)	powyżej 25% i drzewa martwe	0,7	1,2	0,0	0,0	0,7	0,2	0,4	0,9	0,2	1,1	0,7	0,7
	Liczba drzew próbnych		6520	682	241	289	7732	515	1251	2223	1213	1410	6612	14344
Powyżej 60 lat	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	99,2	97,8	99,3	99,7	99,2	99,2	97,1	98,1	99,4	98,0	98,2	98,8
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,3	0,4	0,6	0,0	0,3	0,8	1,8	0,3	0,2	1,1	0,9	0,5
	Klasy 2 - 4 (średnie i duże odbarwienie oraz drzewa martwe)	powyżej 25% i drzewa martwe	0,5	1,8	0,1	0,3	0,5	0,1	1,1	1,6	0,5	0,9	0,9	0,7
	Liczba drzew próbnych		15260	953	907	322	17442	1315	2511	1934	1861	1693	9314	26756

Tabela 3.11. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach zdrowotności wg gatunków na SPO I rzędu – wszystkie formy własności – 2025 r.

Wiek drzew	Klasy zdrowotności	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Powyżej 20 lat (wszystkie drzewa razem)	0 - drzewa zdrowe	7,5	8,5	19,4	10,5	8,1	35,0	7,5	14,6	25,0	28,4	19,9	12,7
	1 - klasa ostrzegawcza	78,0	66,5	60,9	76,4	76,4	56,9	66,9	70,7	66,5	54,9	64,3	71,7
	Klasy 2 - 4 (drzewa o obniżonej zdrowotności oraz drzewa martwe)	14,6	25,0	19,7	13,1	15,4	8,1	25,6	14,7	8,6	16,7	15,7	15,5
	Liczba drzew próbnych	21780	1635	1148	611	25174	1830	3762	4157	3074	3103	15926	41100
Od 21 do 60 lat	0 - drzewa zdrowe	6,6	10,3	25,3	10,7	7,6	24,9	13,0	18,4	28,1	27,7	21,7	14,1
	1 - klasa ostrzegawcza	78,0	70,4	62,7	80,3	76,9	66,0	70,3	70,5	63,4	56,0	65,7	71,8
	Klasy 2 - 4 (drzewa o obniżonej zdrowotności oraz drzewa martwe)	15,4	19,4	12,0	9,0	15,4	9,1	16,7	11,1	8,5	16,3	12,6	14,1
	Liczba drzew próbnych	6520	682	241	289	7732	515	1251	2223	1213	1410	6612	14344
Powyżej 60 lat	0 - drzewa zdrowe	7,8	7,2	17,9	10,2	8,4	38,9	4,7	10,1	22,9	29,1	18,7	12,0
	1 - klasa ostrzegawcza	78,0	63,8	60,4	73,0	76,2	53,3	65,2	71,0	68,5	54,0	63,4	71,7
	Klasy 2 - 4 (drzewa o obniżonej zdrowotności oraz drzewa martwe)	14,2	29,0	21,7	16,8	15,4	7,8	30,0	18,8	8,7	17,0	17,9	16,3
	Liczba drzew próbnych	15260	953	907	322	17442	1315	2511	1934	1861	1693	9314	26756

Tabela 3.12. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji: 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] według gatunków w układzie własności na SPO I rzędu, wiek drzew: powyżej 20 lat – 2025 r.

Forma własności	Klasy defoliacji	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
W zarządzie Lasów Państwowych	0 - bez defoliacji	8,1	8,6	23,3	10,7	8,9	33,1	7,3	11,7	22,1	29,4	17,7	12,1
	1 - lekka defoliacja	80,1	71,3	59,4	77,5	78,6	58,1	68,0	74,9	69,2	56,8	66,9	74,3
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	11,8	20,2	17,4	11,8	12,6	8,7	24,7	13,4	8,7	13,8	15,3	13,6
	Średnia defoliacja	21,0	23,2	19,6	20,8	21,1	17,2	23,7	21,1	18,9	19,3	20,7	20,9
	Liczba drzew próbnych	15222	1145	800	485	17652	1388	3004	2454	1781	1445	10072	27724
Własność osób fizycznych	0 - bez defoliacji	6,2	9,2	12,6	16,7	6,6	41,4	10,6	19,2	27,8	28,6	23,7	13,8
	1 - lekka defoliacja	72,4	53,5	62,3	65,0	71,1	52,3	67,2	65,4	62,1	53,0	60,7	66,7
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	21,5	37,2	25,1	18,3	22,3	6,3	22,2	15,4	10,2	18,4	15,6	19,5
	Średnia defoliacja	23,9	27,0	22,7	21,2	24,0	15,6	22,2	21,1	18,3	20,7	20,3	22,4
	Liczba drzew próbnych	5640	282	247	60	6229	174	527	1473	1023	1334	4531	10760
W granicach parków narodowych	0 - bez defoliacji	8,9	4,6	10,3	0,0	7,3	41,8	0,0	9,7	31,8	6,7	29,3	18,8
	1 - lekka defoliacja	70,4	62,0	64,1	94,4	68,3	55,9	50,0	44,4	67,1	93,3	59,0	63,5
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	20,7	33,3	25,6	5,6	24,4	2,3	50,0	45,8	1,2	0,0	11,7	17,8
	Średnia defoliacja	23,5	33,0	24,7	20,6	26,5	14,2	31,3	28,5	15,1	18,3	18,0	22,1
	Liczba drzew próbnych	179	108	39	18	344	177	12	72	85	30	376	720
Pozostałe kategorie własności	0 - bez defoliacji	4,3	10,0	3,2	4,2	4,8	37,4	3,7	17,7	33,5	25,5	21,9	13,3
	1 - lekka defoliacja	78,5	54,0	72,6	72,9	75,2	48,4	55,7	69,0	64,3	50,3	57,2	66,2
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	17,2	36,0	24,2	22,9	19,9	14,3	40,6	13,3	2,2	24,1	20,9	20,4
	Średnia defoliacja	23,4	25,6	21,9	24,3	23,5	17,4	26,8	21,4	14,9	22,1	21,2	22,4
	Liczba drzew próbnych	739	100	62	48	949	91	219	158	185	294	947	1896

*) czcionka w kolorze niebieskim – wyniki uzyskane z co najwyżej 30 drzew (dotyczy wszystkich tabel)

Tabela 3.13. Procentowy udział drzew w klasach defoliacji: 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie własności w krainach przyrodniczo-leśnych, wiek > 20 lat – 2025 r. (LP – Lasy Państwowe, PN – parki narodowe)

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Bałtycka w zarządzie LP	0	4,7	7,3	0,0	12,6	5,2	19,2	6,7	6,5	12,7	29,1	12,3	8,7
	1	87,8	69,1	100,0	79,0	86,1	72,3	66,9	77,7	75,4	55,1	71,8	79,1
	2-4	7,5	23,6	0,0	8,4	8,6	8,5	26,4	15,8	11,9	15,8	15,9	12,2
	śr.def.	20,5	24,0	20,0	19,2	20,7	19,5	23,4	22,1	21,0	19,2	21,4	21,0
Bałtycka własność osób fizycznych	0	8,4	14,3	-	-	8,6	10,8	0,0	2,5	24,3	19,4	13,8	10,9
	1	78,8	85,7	-	-	79,0	78,4	88,2	87,5	67,6	75,0	77,8	78,5
	2-4	12,8	0,0	-	-	12,5	10,8	11,8	10,0	8,1	5,6	8,4	10,7
	śr.def.	21,1	20,7	-	-	21,1	20,8	22,6	24,3	19,3	18,1	20,4	20,8
Bałtycka w granicach PN	0	3,8	-	-	-	3,8	50,0	0,0	0,0	0,0	-	2,9	3,3
	1	57,7	-	-	-	57,7	50,0	50,0	28,6	100,0	-	50,0	53,3
	2-4	38,5	-	-	-	38,5	0,0	50,0	71,4	0,0	-	47,1	43,3
	śr.def.	27,3	-	-	-	27,3	12,5	31,3	36,4	19,2	-	30,1	28,9
Bałtycka inne własności	0	0,0	-	-	0,0	0,0	-	12,5	10,5	25,0	2,3	9,7	6,1
	1	80,0	-	-	100,0	80,6	-	50,0	86,8	68,8	58,1	68,1	72,8
	2-4	20,0	-	-	0,0	19,4	-	37,5	2,6	6,3	39,5	22,1	21,1
	śr.def.	23,9	-	-	25,0	24,0	-	23,8	18,7	15,0	26,2	21,7	22,6
Mazursko-Podl. w zarządzie LP	0	2,4	3,9	-	6,7	2,7	33,3	5,3	10,0	30,1	39,7	21,1	9,8
	1	84,5	82,1	-	93,3	84,1	66,7	88,9	85,6	65,8	49,2	73,3	79,9
	2-4	13,2	14,0	-	0,0	13,2	0,0	5,7	4,4	4,1	11,1	5,6	10,3
	śr.def.	23,4	23,2	-	19,0	23,3	15,0	21,2	19,7	17,1	18,9	18,9	21,6
Mazursko-Podl. własność osób fizycznych	0	1,8	0,0	-	0,0	1,7	-	8,7	5,0	41,4	44,8	30,6	15,5
	1	89,3	89,5	-	33,3	89,0	-	78,3	84,3	54,7	46,6	61,9	76,0
	2-4	8,9	10,5	-	66,7	9,4	-	13,0	10,7	3,9	8,6	7,5	8,5
	śr.def.	22,7	24,7	-	28,3	22,9	-	20,2	22,5	16,0	17,8	18,5	20,7
Mazursko-Podl. w granicach PN	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	3,7	39,6	-	27,5	15,7
	1	83,3	50,0	-	-	70,0	-	-	40,7	60,4	-	53,8	60,7
	2-4	16,7	50,0	-	-	30,0	-	-	55,6	0,0	-	18,8	23,6
	śr.def.	24,2	61,7	-	-	39,2	-	-	31,3	14,3	-	20,1	28,3
Mazursko-Podl. inne własności	0	5,1	-	-	-	5,1	-	-	-	24,0	0,0	22,5	15,1
	1	83,1	-	-	-	83,1	-	-	-	73,3	100,0	75,0	78,4
	2-4	11,9	-	-	-	11,9	-	-	-	2,7	0,0	2,5	6,5
	śr.def.	23,2	-	-	-	23,2	-	-	-	16,3	15,0	16,2	19,2
Wielkopolsko-Pomorska w zarządzie LP	0	10,6	20,3	-	9,4	10,8	19,3	2,8	11,0	27,4	22,1	14,0	11,5
	1	80,1	58,5	-	81,3	79,7	70,7	71,4	77,8	69,6	60,1	70,9	77,7
	2-4	9,3	21,1	-	9,4	9,6	10,0	25,8	11,2	3,0	17,8	15,2	10,8
	śr.def.	19,7	21,1	-	21,3	19,8	20,1	24,8	20,9	16,0	20,1	21,0	20,1
Wielkopolsko-Pomorska własność osób fizycznych	0	8,1	-	-	0,0	7,9	-	0,0	11,7	26,8	2,9	12,9	9,1
	1	77,7	-	-	56,3	77,3	-	100,0	65,7	53,6	28,6	60,6	73,4
	2-4	14,2	-	-	43,8	14,8	-	0,0	22,6	19,6	68,6	26,5	17,5
	śr.def.	21,4	-	-	32,8	21,6	-	20,0	22,8	19,6	40,9	24,4	22,3
Wielkopolsko-Pomorska w granicach PN	0	32,5	-	-	-	32,5	-	-	-	30,0	0,0	15,0	26,7
	1	62,5	-	-	-	62,5	-	-	-	70,0	100,0	85,0	70,0
	2-4	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-	0,0	0,0	0,0	3,3

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	śr.def.	17,8	-	-	-	17,8	-	-	-	14,0	16,5	15,3	16,9
Wielkopolsko- Pomorska inne własności	0	12,0	-	-	0,0	10,5	28,0	0,0	0,0	34,5	11,4	20,9	16,6
	1	77,2	-	-	53,8	74,3	72,0	60,7	100,0	63,8	71,4	66,9	70,0
	2-4	10,9	-	-	46,2	15,2	0,0	39,3	0,0	1,7	17,1	12,2	13,4
	śr.def.	19,9	-	-	31,2	21,3	15,6	27,1	22,5	14,5	21,4	18,8	19,8
Mazowiecko- Podlaska w zarządzie LP	0	5,6	9,4	-	17,1	5,9	0,0	4,4	13,3	15,0	41,1	13,0	8,4
	1	73,5	65,6	-	74,3	73,3	100,0	69,7	69,2	75,0	49,5	68,1	71,5
	2-4	20,9	25,0	-	8,6	20,7	0,0	25,9	17,5	10,0	9,5	18,9	20,1
	śr.def.	23,6	24,5	-	18,0	23,5	15,0	23,9	22,1	20,1	17,0	22,0	23,0
Mazowiecko- Podlaska własność osób fizycznych	0	7,4	0,0	-	0,0	7,4	-	6,3	16,2	24,4	28,0	19,6	12,4
	1	69,1	100,0	-	100,0	69,2	-	75,5	66,7	66,6	56,1	66,1	67,9
	2-4	23,4	0,0	-	0,0	23,4	-	18,2	17,1	9,0	15,9	14,2	19,7
	śr.def.	24,4	22,5	-	25,0	24,4	-	21,5	22,3	18,3	20,3	20,5	22,8
Mazowiecko- Podlaska w granicach PN	0	3,2	-	-	-	3,2	-	-	8,0	23,1	-	13,2	7,0
	1	72,6	-	-	-	72,6	-	-	60,0	69,2	-	63,2	69,0
	2-4	24,2	-	-	-	24,2	-	-	32,0	7,7	-	23,7	24,0
	śr.def.	24,5	-	-	-	24,5	-	-	25,2	15,8	-	22,0	23,6
Mazowiecko- Podlaska inne własności	0	0,9	-	-	0,0	0,9	-	0,0	0,0	69,0	72,2	55,0	20,0
	1	78,3	-	-	100,0	79,1	-	50,0	66,7	31,0	27,8	35,0	63,5
	2-4	20,8	-	-	0,0	20,0	-	50,0	33,3	0,0	0,0	10,0	16,5
	śr.def.	26,3	-	-	22,5	26,1	-	29,5	35,0	10,3	10,0	14,7	22,1
Śląska w zarządzie LP	0	11,8	10,3	-	8,5	11,6	32,9	6,4	12,2	24,3	16,7	13,7	12,5
	1	79,5	80,5	-	79,7	79,5	47,4	68,4	72,7	69,9	70,1	68,7	74,7
	2-4	8,8	9,2	-	11,9	8,9	19,7	25,2	15,1	5,8	13,2	17,6	12,8
	śr.def.	19,7	20,6	-	21,0	19,8	18,6	23,9	21,4	17,1	21,8	21,6	20,6
Śląska własność osób fizycznych	0	1,3	-	-	-	1,3	0,0	8,7	0,0	-	8,6	8,1	5,5
	1	89,6	-	-	-	89,6	100,0	65,2	100,0	-	74,2	74,0	80,0
	2-4	9,1	-	-	-	9,1	0,0	26,1	0,0	-	17,2	17,9	14,5
	śr.def.	21,9	-	-	-	21,9	15,0	22,6	19,2	-	21,5	21,5	21,7
Śląska w granicach PN	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Śląska inne własności	0	12,8	-	-	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	-	12,1	3,8	5,6
	1	59,0	-	-	94,1	69,6	83,3	58,1	33,3	-	54,5	57,7	61,9
	2-4	28,2	-	-	5,9	21,4	16,7	41,9	66,7	-	33,3	38,5	32,5
	śr.def.	23,5	-	-	20,3	22,5	24,2	27,6	35,0	-	27,3	27,5	25,8
Małopolska w zarządzie LP	0	7,7	0,0	26,4	21,1	9,3	41,9	14,3	21,2	23,7	23,3	21,0	13,7
	1	74,4	48,9	56,6	67,6	72,4	48,8	58,5	61,3	52,0	60,2	57,4	66,8
	2-4	17,9	51,1	17,0	11,3	18,3	9,3	27,2	17,5	24,3	16,5	21,6	19,5
	śr.def.	22,5	31,5	19,8	19,4	22,4	15,8	23,4	20,7	23,4	19,4	21,5	22,1
Małopolska własność osób fizycznych	0	4,8	0,0	47,1	5,9	5,2	71,9	16,5	32,2	32,5	34,6	31,1	15,8
	1	69,8	52,6	47,1	94,1	69,7	28,1	60,2	58,1	54,3	52,1	55,6	63,9
	2-4	25,3	47,4	5,9	0,0	25,1	0,0	23,3	9,7	13,2	13,2	13,3	20,3
	śr.def.	24,9	26,1	15,3	16,2	24,8	10,8	21,8	17,7	18,5	18,3	18,5	22,2
Małopolska w granicach PN	0	0,0	0,0	9,1	0,0	3,3	50,0	-	-	-	-	50,0	26,7
	1	69,2	20,0	81,8	100,0	66,7	50,0	-	-	-	-	50,0	58,3

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	2-4	30,8	80,0	9,1	0,0	30,0	0,0	-	-	-	-	0,0	15,0
	śr.def.	28,1	35,0	20,0	20,0	26,0	12,0	-	-	-	-	12,0	19,0
Małopolska inne własności	0	3,3	21,1	0,0	12,5	4,2	100,0	7,4	20,6	0,0	33,3	23,5	12,3
	1	79,7	52,6	33,3	75,0	77,3	0,0	54,4	62,9	100,0	42,3	52,6	67,0
	2-4	17,0	26,3	66,7	12,5	18,5	0,0	38,2	16,5	0,0	24,3	23,9	20,7
	śr.def.	23,3	20,8	30,6	20,0	23,3	7,5	26,3	22,4	22,9	21,9	22,8	23,1
Sudecka W zarządzie LP	0	23,1	8,4	0,0	0,0	7,6	43,2	5,9	29,6	25,0	26,8	23,8	15,9
	1	69,2	72,4	50,0	81,4	73,1	56,8	76,5	70,4	75,0	57,1	65,7	69,3
	2-4	7,7	19,2	50,0	18,6	19,3	0,0	17,6	0,0	0,0	16,1	10,5	14,8
	śr.def.	21,2	22,5	29,2	25,2	23,0	14,0	22,4	14,9	16,5	20,6	18,9	20,9
Sudecka własność osób fizycznych	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	0,0	-	47,4	46,2	45,0
	1	-	100,0	-	-	100,0	-	-	100,0	-	34,2	35,9	37,5
	2-4	-	0,0	-	-	0,0	-	-	0,0	-	18,4	17,9	17,5
	śr.def.	-	15,0	-	-	15,0	-	-	15,0	-	16,3	16,3	16,3
Sudecka w granicach PN	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	-	100,0	-	-	100,0	-	-	-	-	-	-	100,0
	2-4	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	śr.def.	-	18,3	-	-	18,3	-	-	-	-	-	-	18,3
Sudecka inne własności	0	0,0	10,8	0,0	100,0	12,2	50,0	4,3	33,3	-	54,2	31,7	24,0
	1	100,0	73,0	0,0	0,0	70,7	50,0	73,9	66,7	-	37,5	57,1	62,5
	2-4	0,0	16,2	100,0	0,0	17,1	0,0	21,7	0,0	-	8,3	11,1	13,5
	śr.def.	22,5	21,1	35,0	10,0	21,2	15,0	20,7	14,2	-	15,6	17,1	18,8
Karpacka W zarządzie LP	0	8,2	14,6	22,7	5,1	17,5	49,5	10,2	13,6	3,1	41,5	41,7	28,0
	1	82,1	56,3	60,0	75,9	65,3	42,9	36,7	68,2	78,1	50,5	46,9	57,3
	2-4	9,7	29,1	17,3	19,0	17,1	7,6	53,1	18,2	18,8	8,0	11,5	14,7
	śr.def.	20,7	24,5	19,5	23,2	20,5	14,3	28,0	19,8	24,5	17,1	16,6	18,8
Karpacka własność osób fizycznych	0	6,6	11,6	10,0	39,1	10,4	43,3	6,3	3,3	6,6	25,7	21,9	16,5
	1	57,1	45,6	63,5	52,2	55,5	50,0	54,7	60,4	75,0	49,5	53,8	54,6
	2-4	36,3	42,8	26,5	8,7	34,1	6,7	39,1	36,3	18,4	24,8	24,3	28,9
	śr.def.	25,5	27,7	23,2	15,7	25,1	15,2	26,3	27,3	22,2	22,7	22,5	23,7
Karpacka w granicach PN	0	0,0	8,5	10,7	0,0	7,5	40,0	-	66,7	0,0	10,0	36,8	25,7
	1	100,0	57,6	57,1	94,1	64,2	57,2	-	33,3	100,0	90,0	60,9	62,1
	2-4	0,0	33,9	32,1	5,9	28,3	2,8	-	0,0	0,0	0,0	2,3	12,1
	śr.def.	20,0	26,2	26,6	20,6	25,3	14,7	-	11,7	20,0	19,3	15,2	19,0
Karpacka inne własności	0	0,0	4,5	3,8	0,0	3,6	38,0	0,0	0,0	-	12,0	24,4	13,0
	1	81,8	38,6	80,8	0,0	61,8	38,0	16,7	66,7	-	56,0	41,1	52,5
	2-4	18,2	56,8	15,4	100,0	34,5	24,0	83,3	33,3	-	32,0	34,4	34,5
	śr.def.	23,2	31,4	20,1	35,0	25,3	18,9	38,3	23,3	-	25,8	23,6	24,5

Tabela 3.14. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie RDLP, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych – 2025 r.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Kraków	0	0,0	26,7	8,8	0,0	6,1	23,3	2,0	10,5	0,0	20,7	14,9	10,5
	1	49,2	40,0	54,8	63,0	53,0	55,3	43,1	78,9	57,7	47,6	51,8	52,4
	2-4	50,8	33,3	36,4	37,0	40,9	21,4	54,9	10,5	42,3	31,7	33,2	37,1
	śr.def.	30,6	24,0	25,0	29,4	27,0	19,8	28,9	24,7	26,9	25,1	24,0	25,5
Lublin	0	3,8	0,0	6,4	0,0	3,8	52,9	0,9	18,8	31,1	44,7	12,8	7,5
	1	71,7	40,7	61,7	60,0	70,2	11,8	75,7	60,6	65,6	34,2	66,3	68,6
	2-4	24,5	59,3	31,9	40,0	26,0	35,3	23,4	20,6	3,3	21,1	20,9	23,9
	śr.def.	24,4	34,1	25,5	35,0	24,8	21,5	24,9	21,8	15,6	18,7	22,7	24,0
Katowice	0	0,7	6,1	16,1	3,8	2,2	15,6	0,4	2,6	0,0	1,4	4,4	3,1
	1	87,3	42,9	69,4	87,3	84,0	71,4	62,7	73,0	64,7	83,1	69,6	78,1
	2-4	11,9	51,0	14,5	8,9	13,8	13,0	36,9	24,3	35,3	15,5	26,0	18,8
	śr.def.	22,6	30,4	19,0	20,3	22,6	19,4	27,8	24,7	31,3	24,2	25,1	23,6
Łódź	0	3,0	0,0	50,0	34,4	4,4	89,5	6,5	37,8	100,0	42,9	29,5	9,8
	1	78,6	50,0	50,0	59,4	77,6	10,5	51,2	53,7	0,0	50,0	47,1	71,0
	2-4	18,4	50,0	0,0	6,3	18,0	0,0	42,3	8,5	0,0	7,1	23,4	19,2
	śr.def.	23,1	27,5	13,3	15,9	22,8	6,8	26,0	16,8	8,3	15,2	19,9	22,2
Szczecinek	0	1,7	0,0	0,0	3,2	1,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,3	1,1
	1	92,0	66,2	100,0	83,9	90,4	88,6	53,8	77,4	92,7	65,9	79,8	86,0
	2-4	6,4	33,8	0,0	12,9	8,0	11,4	46,2	21,8	7,3	34,1	19,9	12,9
	śr.def.	20,4	26,2	20,0	21,9	20,8	23,1	28,8	24,4	21,7	25,7	24,1	22,2
Białystok	0	5,1	4,9	-	0,0	5,0	-	4,5	13,1	41,4	38,6	24,7	12,3
	1	84,8	80,8	-	100,0	84,0	-	84,7	78,0	52,0	48,5	65,9	77,3
	2-4	10,1	14,3	-	0,0	10,9	-	10,8	8,9	6,6	12,9	9,4	10,3
	śr.def.	22,4	23,1	-	18,3	22,6	-	22,3	20,2	16,6	20,2	19,6	21,5
Warszawa	0	8,7	0,0	-	31,3	9,5	-	10,3	9,8	25,6	29,2	15,6	11,5
	1	78,7	0,0	-	62,5	77,9	-	65,5	64,7	58,1	70,8	64,4	73,4
	2-4	12,7	100,0	-	6,3	12,6	-	24,1	25,5	16,3	0,0	20,0	15,0
	śr.def.	21,2	45,0	-	15,3	21,1	-	23,3	24,3	20,2	15,2	22,0	21,4
Olsztyn	0	2,3	7,1	-	5,3	2,8	30,6	7,7	3,9	16,2	40,2	13,9	8,0
	1	81,0	80,0	-	94,7	81,1	63,9	85,3	90,2	81,7	50,4	80,6	80,9
	2-4	16,8	12,9	-	0,0	16,1	5,6	7,1	5,9	2,1	9,4	5,5	11,1
	śr.def.	23,7	21,4	-	19,7	23,3	16,9	19,9	20,3	17,8	16,2	18,8	21,2
Szczecin	0	4,3	6,7	-	4,8	4,4	32,2	2,7	11,0	29,0	21,1	17,6	8,8
	1	87,1	64,4	-	79,4	86,2	58,7	57,5	80,7	52,2	65,9	61,4	77,8
	2-4	8,6	28,9	-	15,9	9,4	9,1	39,8	8,3	18,8	13,0	20,9	13,3
	śr.def.	20,8	24,7	-	22,3	21,0	17,9	26,4	19,9	20,8	19,5	21,7	21,2
Toruń	0	5,7	-	-	0,0	5,7	14,3	4,2	7,0	38,6	19,4	10,9	6,9
	1	82,3	-	-	90,0	82,4	66,7	80,7	82,2	59,1	72,2	77,3	81,2
	2-4	11,9	-	-	10,0	11,9	19,0	15,1	10,9	2,3	8,3	11,9	11,9
	śr.def.	20,8	-	-	21,0	20,8	22,9	22,7	21,0	14,9	18,5	20,9	20,9
Radom	0	7,3	0,0	29,3	50,0	11,2	61,5	31,1	38,8	43,3	34,5	36,8	18,5
	1	75,0	64,3	56,9	50,0	71,6	30,8	53,6	55,1	53,3	55,2	51,9	66,0

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	2-4	17,7	35,7	13,8	0,0	17,2	7,7	15,2	6,1	3,3	10,3	11,2	15,5
	śr.def.	22,1	27,9	18,8	13,8	21,6	12,7	18,0	15,1	14,7	17,1	16,6	20,1
Poznań	0	22,5	17,6	-	15,4	22,3	62,5	2,8	18,0	10,1	18,9	10,9	18,0
	1	68,5	58,8	-	76,9	68,4	37,5	72,9	70,5	84,5	51,1	71,5	69,6
	2-4	9,1	23,5	-	7,7	9,3	0,0	24,3	11,5	5,4	30,0	17,6	12,4
	śr.def.	18,3	23,2	-	17,3	18,4	12,5	24,7	21,0	18,0	23,4	22,0	19,7
Gdańsk	0	7,0	7,4	-	23,9	8,0	47,3	15,7	13,2	23,1	42,2	24,8	13,6
	1	83,1	55,6	-	76,1	81,8	52,7	74,7	76,4	73,1	51,1	68,0	77,2
	2-4	9,9	37,0	-	0,0	10,2	0,0	9,6	10,3	3,8	6,7	7,2	9,2
	śr.def.	20,3	32,4	-	16,0	20,5	13,1	18,7	19,7	19,8	17,7	17,8	19,6
Wrocław	0	15,9	9,8	0,0	1,7	13,2	53,7	8,5	24,6	22,9	26,1	21,2	17,2
	1	76,0	73,3	50,0	80,0	75,3	44,8	75,5	69,4	73,5	62,2	68,7	72,0
	2-4	8,1	16,8	50,0	18,3	11,5	1,5	16,1	6,0	3,6	11,8	10,1	10,8
	śr.def.	18,5	21,8	29,2	24,8	19,9	12,9	21,5	17,2	16,7	19,5	18,8	19,4
Zielona Góra	0	10,1	0,0	-	0,0	9,8	66,7	4,9	10,5	72,5	33,8	25,0	13,4
	1	82,6	92,1	-	100,0	82,9	33,3	65,2	77,9	26,1	45,9	56,6	76,7
	2-4	7,3	7,9	-	0,0	7,3	0,0	29,9	11,6	1,4	20,3	18,4	9,9
	śr.def.	19,0	21,1	-	22,5	19,0	10,3	25,5	20,2	10,2	20,2	20,3	19,3
Piła	0	22,0	43,1	-	29,4	23,1	20,7	0,0	15,3	0,0	0,0	9,0	21,3
	1	69,3	45,1	-	70,6	68,2	69,0	46,2	61,0	100,0	66,7	66,9	68,0
	2-4	8,7	11,8	-	0,0	8,7	10,3	53,8	23,7	0,0	33,3	24,1	10,7
	śr.def.	18,2	16,7	-	17,6	18,1	20,7	29,7	24,1	19,2	25,0	23,9	18,9
Krosno	0	29,0	13,2	35,0	9,3	28,8	66,9	61,0	14,6	2,7	39,7	47,4	37,5
	1	62,9	75,0	61,0	75,9	64,0	32,7	33,8	65,9	76,0	56,9	47,4	56,3
	2-4	8,0	11,8	3,9	14,8	7,1	0,4	5,2	19,5	21,3	3,4	5,3	6,3
	śr.def.	18,1	20,9	15,4	21,1	17,4	11,1	13,3	21,2	24,5	15,3	14,8	16,2
Razem LP	0	8,1	8,6	23,3	10,7	8,9	33,1	7,3	11,7	22,1	29,4	17,7	12,1
	1	80,1	71,3	59,4	77,5	78,6	58,1	68,0	74,9	69,2	56,8	66,9	74,3
	2-4	11,8	20,2	17,4	11,8	12,6	8,7	24,7	13,4	8,7	13,8	15,3	13,6
	śr.def.	21,0	23,2	19,6	20,8	21,1	17,2	23,7	21,1	18,9	19,3	20,7	20,9

Tabela 3.15. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie województw, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat, wszystkie własności – 2025 r.

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Małopolskie	0	2,4	11,9	8,5	17,3	7,8	18,9	2,5	4,5	5,1	13,8	11,5	9,7
	1	50,5	48,1	57,1	53,8	52,7	65,0	43,1	58,3	54,4	53,1	55,3	54,0
	2-4	47,0	40,0	34,4	28,8	39,4	16,1	54,5	37,1	40,5	33,1	33,1	36,3
	śr.def.	28,5	27,0	24,9	23,9	26,5	19,5	29,1	27,2	28,5	26,6	25,3	25,9
Opolskie	0	0,3	6,7	-	7,9	1,3	3,4	0,0	2,2	0,0	3,3	1,5	1,4
	1	88,1	66,7	-	81,6	86,6	44,8	55,0	75,3	89,7	78,9	67,8	76,9
	2-4	11,6	26,7	-	10,5	12,1	51,7	45,0	22,6	10,3	17,8	30,8	21,7
	śr.def.	22,9	26,7	-	20,4	22,8	29,1	28,6	23,5	20,5	23,6	25,5	24,2
Śląskie	0	0,4	3,3	14,8	0,0	2,0	16,4	0,0	2,9	0,0	0,0	5,1	3,1
	1	89,5	37,8	73,9	92,5	83,3	73,8	72,9	82,4	93,1	83,3	78,6	81,7
	2-4	10,1	58,9	11,4	7,5	14,7	9,8	27,1	14,7	6,9	16,7	16,2	15,2
	śr.def.	22,6	32,2	18,7	20,3	23,0	18,5	27,0	23,8	22,6	21,4	22,9	23,0
Mazowieckie	0	8,0	0,0	13,9	14,3	8,2	66,7	10,6	15,0	31,1	30,8	20,1	12,2
	1	70,0	66,7	61,1	80,0	70,0	33,3	66,2	68,1	61,4	54,6	64,2	68,0
	2-4	22,0	33,3	25,0	5,7	21,8	0,0	23,2	17,0	7,5	14,6	15,8	19,8
	śr.def.	24,0	28,3	23,6	18,4	23,9	10,0	22,4	22,7	17,1	18,5	20,7	22,8
Lubelskie	0	2,0	0,0	8,8	4,5	2,2	83,9	4,2	23,2	29,0	47,8	24,4	13,0
	1	69,5	44,4	85,3	86,4	69,7	16,1	74,2	60,3	64,3	40,5	60,4	65,2
	2-4	28,5	55,6	5,9	9,1	28,2	0,0	21,6	16,5	6,7	11,8	15,2	21,9
	śr.def.	25,4	31,3	18,8	20,5	25,3	10,0	24,0	19,8	16,7	16,9	19,8	22,7
Łódzkie	0	2,7	20,0	50,0	60,0	3,6	89,5	7,4	45,5	64,7	35,7	37,9	10,9
	1	74,8	40,0	50,0	35,0	74,1	10,5	46,3	45,0	33,3	54,8	43,4	67,6
	2-4	22,6	40,0	0,0	5,0	22,3	0,0	46,3	9,5	2,0	9,5	18,7	21,6
	śr.def.	23,8	23,0	13,3	12,5	23,6	6,8	26,9	16,8	11,0	17,0	18,6	22,5
Zachodnio- pomorskie	0	5,5	17,9	-	12,3	6,5	12,4	2,4	4,7	17,4	11,7	9,4	7,9
	1	86,2	58,0	-	76,7	84,2	77,3	55,7	77,6	66,4	64,4	69,3	77,3
	2-4	8,2	24,1	-	11,0	9,3	10,3	41,9	17,7	16,2	23,9	21,3	14,8
	śr.def.	20,5	22,3	-	20,3	20,6	20,9	27,1	23,3	21,3	22,6	23,0	21,7
Kujawsko- pomorskie	0	5,5	-	-	0,0	5,4	14,3	4,0	6,5	40,0	11,9	9,8	6,5
	1	81,6	-	-	72,4	81,4	66,7	81,7	78,8	55,6	55,9	74,3	79,6
	2-4	12,9	-	-	27,6	13,2	19,0	14,3	14,7	4,4	32,2	16,0	13,9
	śr.def.	21,2	-	-	26,9	21,3	22,9	22,5	21,1	14,8	26,2	21,7	21,4
Podlaskie	0	5,6	5,9	-	0,0	5,6	-	4,9	10,2	38,7	43,9	27,1	14,2
	1	83,9	77,1	-	66,7	83,0	-	84,0	75,6	53,2	45,9	62,3	74,7
	2-4	10,5	16,9	-	33,3	11,4	-	11,1	14,2	8,2	10,2	10,7	11,1
	śr.def.	22,4	26,9	-	21,7	23,0	-	21,5	21,5	16,8	17,9	19,0	21,4
Warmińsko- mazurskie	0	3,3	3,9	-	4,5	3,4	30,7	8,5	8,4	17,8	33,8	16,8	9,7
	1	82,7	82,4	-	90,9	82,8	64,0	86,1	85,9	78,7	56,8	77,6	80,3
	2-4	14,0	13,7	-	4,5	13,8	5,3	5,5	5,8	3,6	9,4	5,6	9,9
	śr.def.	23,1	22,5	-	20,5	23,0	16,7	19,8	20,3	18,3	19,1	19,2	21,2
Świętokrzyskie	0	3,8	11,8	38,9	50,0	8,6	68,8	40,3	35,9	25,5	32,4	37,8	20,4
	1	80,1	58,8	52,6	50,0	75,7	27,1	42,9	55,2	36,4	38,7	44,1	63,0

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	2-4 śr.def.	16,2 22,8	29,4 23,1	8,4 16,3	0,0 14,4	15,7 22,0	4,2 10,8	16,8 16,7	8,9 16,6	38,2 30,4	28,9 22,4	18,2 18,9	16,7 20,8
Pomorskie	0	4,1	5,0	0,0	15,7	4,5	23,4	9,1	7,5	8,8	38,6	13,4	7,4
	1	87,5	58,3	100,0	78,6	86,3	70,3	74,1	74,9	89,0	45,6	74,1	82,4
	2-4	8,4	36,7	0,0	5,7	9,2	6,3	16,8	17,5	2,2	15,8	12,5	10,3
	śr.def.	20,3	28,3	20,0	18,4	20,5	18,4	21,5	22,8	19,8	19,4	20,9	20,6
Lubuskie	0	7,9	0,0	-	0,0	7,7	40,0	4,2	12,1	58,6	23,4	19,2	10,1
	1	83,3	92,3	-	55,6	83,2	60,0	60,9	80,2	38,6	63,5	62,7	78,9
	2-4	8,8	7,7	-	44,4	9,1	0,0	34,9	7,8	2,9	13,1	18,2	11,0
	śr.def.	19,9	21,0	-	32,2	20,1	13,4	26,1	19,3	12,2	19,3	20,6	20,2
Dolnośląskie	0	16,0	9,3	0,0	2,6	12,8	53,5	7,8	23,4	20,3	26,7	20,9	17,2
	1	75,4	74,9	42,9	82,1	75,5	45,1	74,7	71,3	75,5	57,8	67,2	71,0
	2-4	8,7	15,7	57,1	15,4	11,7	1,4	17,5	5,3	4,2	15,4	11,9	11,8
	śr.def.	18,8	21,5	30,0	23,7	20,0	13,0	21,9	17,2	17,2	19,9	19,3	19,6
Wielkopolskie	0	20,4	14,6	-	8,7	20,2	66,7	2,3	16,5	23,0	12,2	14,6	18,5
	1	71,0	64,6	-	87,0	71,1	28,6	70,6	68,6	71,3	56,9	67,7	70,1
	2-4	8,6	20,8	-	4,3	8,8	4,8	27,2	14,9	5,7	30,9	17,7	11,4
	śr.def.	18,5	23,4	-	19,8	18,6	16,0	25,1	21,1	16,9	25,4	21,5	19,5
Podkarpackie	0	17,5	12,0	30,4	6,3	20,1	64,5	26,3	18,3	14,1	38,3	39,8	30,0
	1	68,0	66,3	62,6	81,3	67,2	34,0	54,1	62,8	75,3	57,8	52,4	59,7
	2-4	14,5	21,7	7,0	12,5	12,7	1,5	19,5	18,9	10,6	3,9	7,8	10,2
	śr.def.	21,0	23,0	16,6	20,9	19,9	11,7	19,7	22,0	20,0	15,4	16,1	18,0
Kraj	0	7,5	8,5	19,4	10,5	8,1	35,0	7,5	14,6	25,0	28,5	20,0	12,7
	1	78,0	66,5	60,9	76,4	76,4	56,9	67,1	70,8	66,5	54,9	64,4	71,8
	2-4	14,6	25,0	19,7	13,1	15,4	8,1	25,4	14,6	8,6	16,6	15,7	15,5
	śr.def.	21,9	24,7	20,6	21,1	22,0	16,8	23,7	21,2	18,3	20,2	20,5	21,4

Tabela 3.16. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz śr. def. [%] wg gatunków w układzie krain, w kolejności malejących wartości śr. def. w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat, wszystkie formy własności – 2025 r.

Kraina	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Mazowiecko- Podlaska	0	6,4	8,8	-	15,0	6,5	0,0	4,8	14,9	24,6	34,8	18,0	10,9
	1	71,3	67,6	-	77,5	71,3	100,0	71,0	67,3	66,6	52,3	66,0	69,3
	2-4	22,3	23,5	-	7,5	22,2	0,0	24,2	17,7	8,8	12,9	16,0	19,8
	śr.def.	24,2	24,4	-	18,6	24,1	15,0	23,3	22,3	18,2	18,6	20,9	22,9
Małopolska	0	6,1	4,4	26,0	17,5	7,2	48,3	14,4	27,4	27,9	31,3	25,8	14,5
	1	72,9	48,9	56,2	73,2	71,7	45,0	58,6	59,7	54,1	52,6	56,1	65,5
	2-4	21,0	46,7	17,8	9,3	21,1	6,7	27,0	12,9	18,0	16,0	18,1	19,9
	śr.def.	23,6	28,3	19,9	18,9	23,4	14,4	23,2	19,2	20,8	19,3	20,3	22,2
Mazursko- Podlaska	0	2,3	3,3	-	5,6	2,5	33,3	5,6	8,4	33,0	40,9	23,7	11,4
	1	85,4	80,9	-	83,3	84,7	66,7	88,0	82,8	63,4	49,1	69,8	78,4
	2-4	12,3	15,8	-	11,1	12,8	0,0	6,4	8,8	3,6	10,0	6,5	10,2
	śr.def.	23,2	25,6	-	20,6	23,6	15,0	21,1	21,0	16,5	18,5	18,7	21,6
Bałtycka	0	4,9	7,6	0,0	12,4	5,4	18,7	6,5	6,4	13,8	23,2	12,2	8,7
	1	86,5	69,7	100,0	79,3	85,1	72,7	66,7	77,7	74,9	60,1	71,8	78,6
	2-4	8,6	22,7	0,0	8,3	9,5	8,6	26,8	15,9	11,3	16,7	16,0	12,7
	śr.def.	20,7	23,9	20,0	19,3	20,8	19,6	23,5	22,3	20,7	19,9	21,4	21,1
Karpacka	0	7,1	11,2	18,1	10,7	13,6	46,0	7,2	8,2	5,4	29,6	31,8	22,4
	1	69,2	49,2	62,0	72,1	61,4	46,4	44,0	60,7	76,6	51,2	51,0	56,4
	2-4	23,7	39,7	19,9	17,2	25,0	7,6	48,8	31,1	18,0	19,2	17,3	21,3
	śr.def.	23,3	27,1	20,7	21,7	22,8	14,8	28,1	25,0	22,8	21,0	19,4	21,1
Śląska	0	11,3	10,3	-	6,6	11,0	30,1	5,7	11,9	24,3	13,7	12,5	11,7
	1	79,4	80,5	-	82,9	79,7	50,6	67,1	72,8	69,9	69,7	68,3	74,3
	2-4	9,3	9,2	-	10,5	9,4	19,3	27,2	15,3	5,8	16,7	19,2	14,0
	śr.def.	19,9	20,6	-	20,9	20,0	18,9	24,2	21,5	17,1	22,3	22,0	20,9
Sudecka	0	20,0	8,1	0,0	2,3	7,7	43,8	5,6	29,9	25,0	35,1	27,1	18,1
	1	73,3	74,4	42,9	79,5	74,4	56,3	75,9	70,1	75,0	49,4	61,6	67,6
	2-4	6,7	17,5	57,1	18,2	17,9	0,0	18,5	0,0	0,0	15,5	11,3	14,4
	śr.def.	21,3	22,0	30,0	24,9	22,5	14,1	22,0	14,8	16,5	19,0	18,4	20,3
Wielkopolsko- Pomorska	0	10,5	20,3	-	6,5	10,6	20,6	2,6	11,1	28,2	18,6	14,3	11,5
	1	79,7	58,5	-	73,1	79,2	70,9	71,8	75,1	67,1	59,3	69,6	77,0
	2-4	9,9	21,1	-	20,4	10,2	8,5	25,5	13,8	4,6	22,2	16,1	11,6
	śr.def.	19,9	21,1	-	24,7	20,0	19,5	24,8	21,3	16,2	22,2	21,2	20,3
Kraj	0	7,5	8,5	19,4	10,5	8,1	35,0	7,5	14,6	25,0	28,5	20,0	12,7
	1	78,0	66,5	60,9	76,4	76,4	56,9	67,1	70,8	66,5	54,9	64,4	71,8
	2-4	14,6	25,0	19,7	13,1	15,4	8,1	25,4	14,6	8,6	16,6	15,7	15,5
	śr.def.	21,9	24,7	20,6	21,1	22,0	16,8	23,7	21,2	18,3	20,2	20,5	21,4

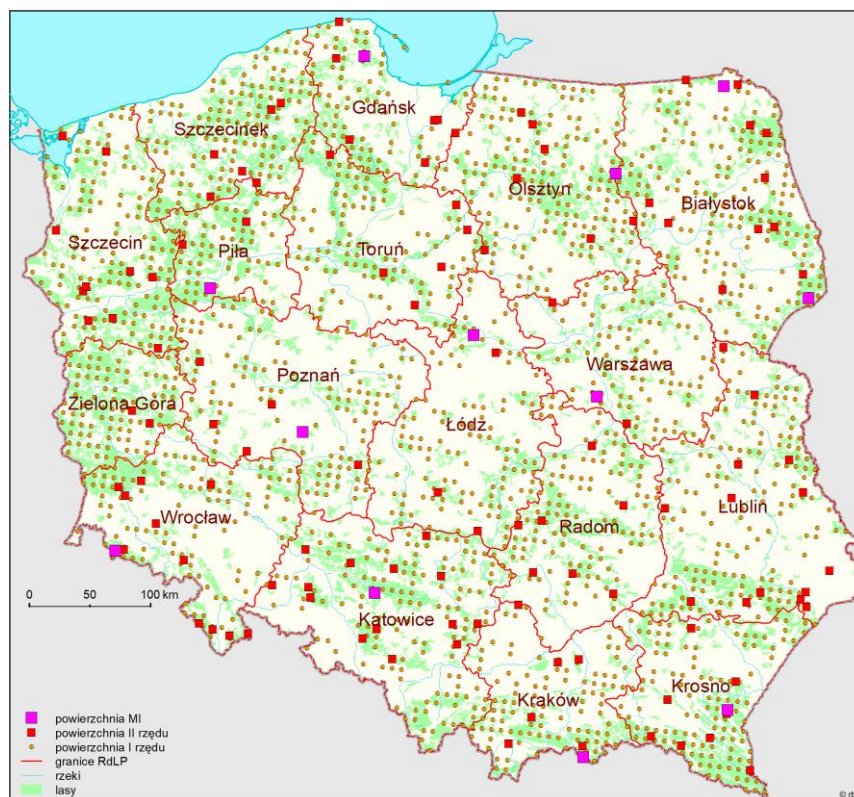
Tabela 3.17. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia def. [%] wg gatunków w parkach narodowych, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat – 2025 r.

Park Narodowy	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Biebrzański 5 pow.	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	3,7	48,5	-	28,3	17,0
	1	100,0	42,9	-	-	70,0	-	-	40,7	51,5	-	46,7	56,0
	2-4	0,0	57,1	-	-	30,0	-	-	55,6	0,0	-	25,0	27,0
	śr.def.	21,8	66,9	-	-	45,5	-	-	31,3	14,1	-	21,8	31,3
Słowiński 1 pow.	0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	28,6	100,0	-	50,0	50,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	71,4	0,0	-	50,0	50,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	36,4	19,2	-	31,3	31,3
Tatrzański 2 pow.	0	-	10,0	0,0	-	7,5	-	-	-	-	-	-	7,5
	1	-	63,3	30,0	-	55,0	-	-	-	-	-	-	55,0
	2-4	-	26,7	70,0	-	37,5	-	-	-	-	-	-	37,5
	śr.def.	-	25,2	41,0	-	29,1	-	-	-	-	-	-	29,1
Woliński 2 pow.	0	3,8	-	-	-	3,8	50,0	0,0	-	-	-	7,1	5,0
	1	57,7	-	-	-	57,7	50,0	50,0	-	-	-	50,0	55,0
	2-4	38,5	-	-	-	38,5	0,0	50,0	-	-	-	42,9	40,0
	śr.def.	27,3	-	-	-	27,3	12,5	31,3	-	-	-	28,6	27,8
Wigierski 1 pow.	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	64,7	100,0	-	-	70,0	-	-	-	-	-	-	70,0
	2-4	35,3	0,0	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	30,0
	śr.def.	26,8	25,0	-	-	26,5	-	-	-	-	-	-	26,5
Ojcowski 1 pow.	0	0,0	0,0	-	-	0,0	9,1	-	-	-	-	9,1	5,0
	1	25,0	20,0	-	-	22,2	90,9	-	-	-	-	90,9	60,0
	2-4	75,0	80,0	-	-	77,8	0,0	-	-	-	-	0,0	35,0
	śr.def.	38,8	35,0	-	-	36,7	17,3	-	-	-	-	17,3	26,0
Babiogórski 2 pow.	0	-	10,0	-	-	10,0	0,0	-	-	-	-	0,0	5,0
	1	-	45,0	-	-	45,0	85,0	-	-	-	-	85,0	65,0
	2-4	-	45,0	-	-	45,0	15,0	-	-	-	-	15,0	30,0
	śr.def.	-	28,8	-	-	28,8	22,8	-	-	-	-	22,8	25,8
Kampinoski 4 pow.	0	3,2	-	-	-	3,2	-	-	11,1	-	-	11,1	5,0
	1	72,6	-	-	-	72,6	-	-	44,4	-	-	44,4	66,3
	2-4	24,2	-	-	-	24,2	-	-	44,4	-	-	44,4	28,8
	śr.def.	24,5	-	-	-	24,5	-	-	28,6	-	-	28,6	25,4
Gorczański 1 pow.	0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0
	1	-	83,3	0,0	-	71,4	92,3	-	-	-	-	92,3	85,0
	2-4	-	16,7	100,0	-	28,6	7,7	-	-	-	-	7,7	15,0
	śr.def.	-	22,5	30,0	-	23,6	20,4	-	-	-	-	20,4	21,5
Roztoczański 1 pow.	0	0,0	-	9,1	-	5,0	-	-	-	-	-	-	5,0
	1	88,9	-	81,8	-	85,0	-	-	-	-	-	-	85,0
	2-4	11,1	-	9,1	-	10,0	-	-	-	-	-	-	10,0
	śr.def.	23,3	-	20,0	-	21,5	-	-	-	-	-	-	21,5
Drawieński 1 pow.	0	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	95,0	-	-	-	95,0	-	-	-	-	-	-	95,0
	2-4	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	5,0

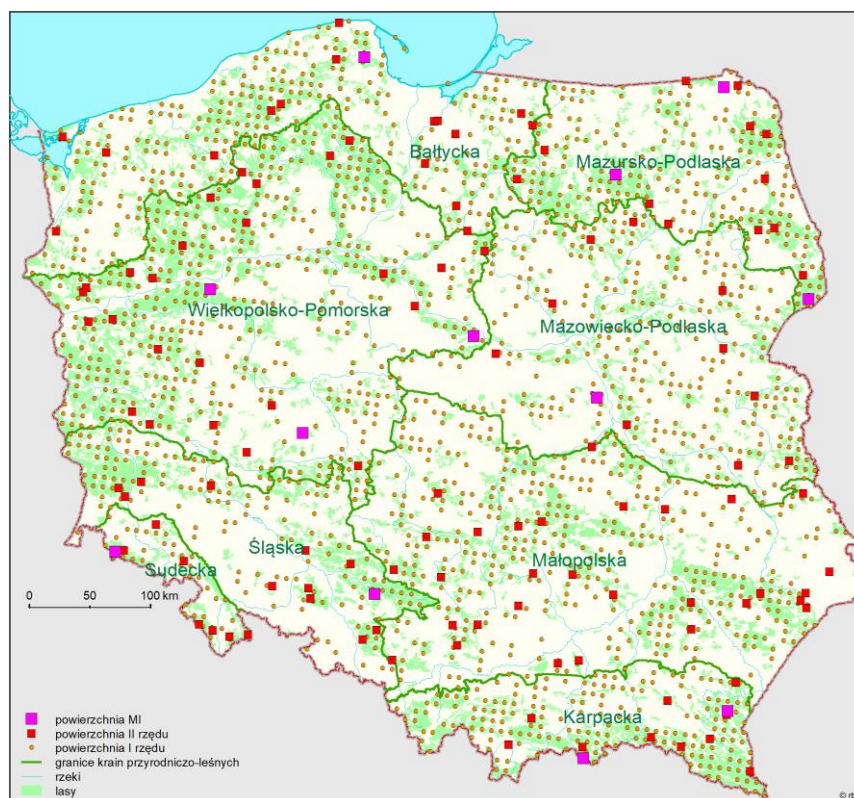
Park Narodowy	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	śr.def.	20,3	-	-	-	20,3	-	-	-	-	-	-	20,3
Karkonoski	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
1 pow.	1	-	100,0	-	-	100,0	-	-	-	-	-	-	100,0
	2-4	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	śr.def.	-	18,3	-	-	18,3	-	-	-	-	-	-	18,3
Magurski	0	0,0	0,0	8,3	0,0	3,0	15,8	-	-	0,0	0,0	11,1	6,7
3 pow.	1	100,0	0,0	91,7	94,1	87,9	84,2	-	-	100,0	100,0	88,9	88,3
	2-4	0,0	100,0	0,0	5,9	9,1	0,0	-	-	0,0	0,0	0,0	5,0
	śr.def.	20,0	32,5	16,7	20,6	19,8	14,7	-	-	20,0	20,0	16,3	18,3
Poleski	0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	23,1	-	15,0	15,0
1 pow.	1	-	-	-	-	-	-	-	100,0	69,2	-	80,0	80,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	7,7	-	5,0	5,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	16,4	15,8	-	16,0	16,0
Wielkopolski	0	65,0	-	-	-	65,0	-	-	-	30,0	0,0	15,0	40,0
2 pow.	1	30,0	-	-	-	30,0	-	-	-	70,0	100,0	85,0	57,5
	2-4	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-	0,0	0,0	0,0	2,5
	śr.def.	15,3	-	-	-	15,3	-	-	-	14,0	16,5	15,3	15,3
Białowiecki	0	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0	-	25,0	25,0
1 pow.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	75,0	-	75,0	75,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	0,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	14,8	-	14,8	14,8
Bieszczadzki	0	-	0,0	40,0	-	33,3	59,1	-	66,7	-	13,3	53,5	52,5
6 pow.	1	-	100,0	40,0	-	50,0	40,9	-	33,3	-	86,7	46,5	46,7
	2-4	-	0,0	20,0	-	16,7	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,8
	śr.def.	-	15,0	21,0	-	20,0	12,1	-	11,7	-	19,0	13,0	13,3
Świętokrzyski	0	-	-	-	0,0	0,0	73,7	-	-	-	-	73,7	70,0
1 pow.	1	-	-	-	100,0	100,0	26,3	-	-	-	-	26,3	30,0
	2-4	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0
	śr.def.	-	-	-	20,0	20,0	8,9	-	-	-	-	8,9	9,5
Parki razem	0	8,9	4,6	10,3	0,0	7,3	41,8	0,0	9,7	31,8	6,7	29,3	18,8
36 pow.	1	70,4	62,0	64,1	94,4	68,3	55,9	50,0	44,4	67,1	93,3	59,0	63,5
	2-4	20,7	33,3	25,6	5,6	24,4	2,3	50,0	45,8	1,2	0,0	11,7	17,8
	śr.def.	23,5	33,0	24,7	20,6	26,5	14,2	31,3	28,5	15,1	18,3	18,0	22,1

Tabela 3.18. Udział procentowy drzew z klas Krafra 1-3 w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja według gatunków na SPO I rzędu – 2025 r.

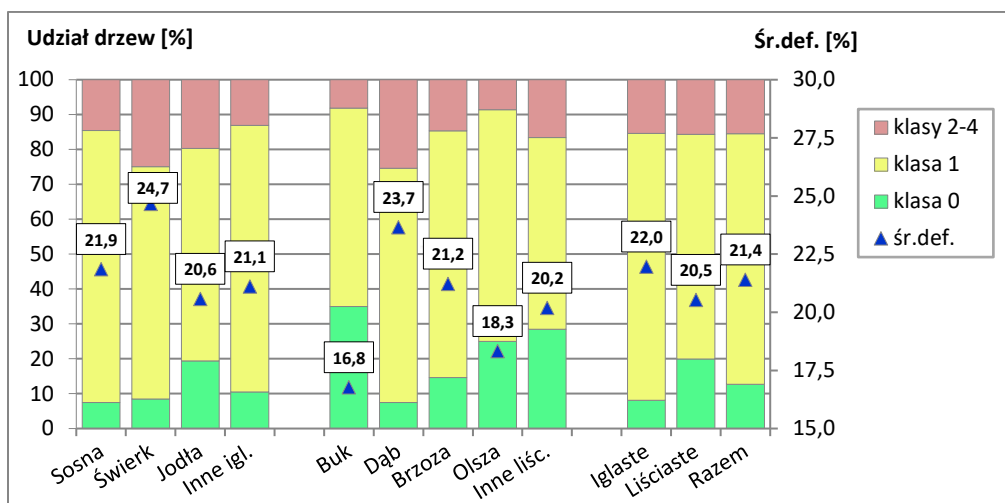
Klasa Krafra	Klasy defoliacji	Procent defoliacji	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
1	0 - bez defoliacji	0 - 10%	16,9	12,5	22,1	6,1	16,7	28,1	9,5	29,5	50,0	32,8	27,4	20,4
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	76,8	67,9	60,0	81,8	73,4	65,6	71,6	63,8	44,1	41,4	59,4	68,5
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	6,3	19,6	17,9	12,1	9,9	6,3	18,9	6,7	5,9	25,9	13,2	11,0
	Średnia defoliacja		18,2	21,2	20,2	21,7	19,0	16,3	22,2	16,6	14,3	23,4	19,0	19,0
	Liczba drzew próbnych		384	56	95	33	568	32	74	105	34	58	303	871
2	0 - bez defoliacji	0 - 10%	10,2	12,3	20,5	11,7	10,8	46,6	8,3	13,3	27,6	31,0	22,9	15,3
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	80,5	70,0	62,8	75,6	78,9	47,9	69,5	75,5	66,1	53,5	64,5	73,6
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	9,3	17,7	16,8	12,7	10,2	5,5	22,2	11,2	6,2	15,5	12,6	11,1
	Średnia defoliacja		20,2	22,8	19,3	20,6	20,3	14,5	22,8	20,5	17,2	19,4	19,3	19,9
	Liczba drzew próbnych		13228	951	733	369	15281	1101	1984	2150	2070	1682	8987	24268
3	0 - bez defoliacji	0 - 10%	2,7	2,6	16,0	9,2	3,3	17,7	6,4	16,1	19,3	25,7	16,3	8,6
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	77,2	63,5	57,0	77,7	75,7	71,7	66,4	67,6	69,7	58,4	66,1	71,8
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	20,0	33,9	27,0	13,1	21,0	10,6	27,1	16,3	11,0	15,9	17,6	19,6
	Średnia defoliacja		23,5	26,9	23,3	21,7	23,7	19,9	24,3	21,4	20,1	20,2	21,6	22,8
	Liczba drzew próbnych		7718	578	293	206	8795	668	1536	1748	870	1250	6072	14867



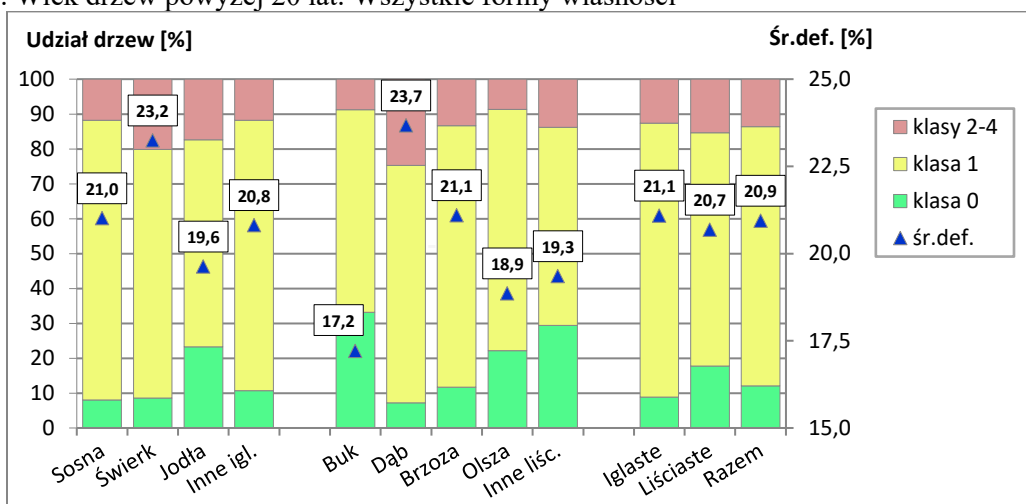
Rycina 3.1. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu w RDLP w 2025 r.



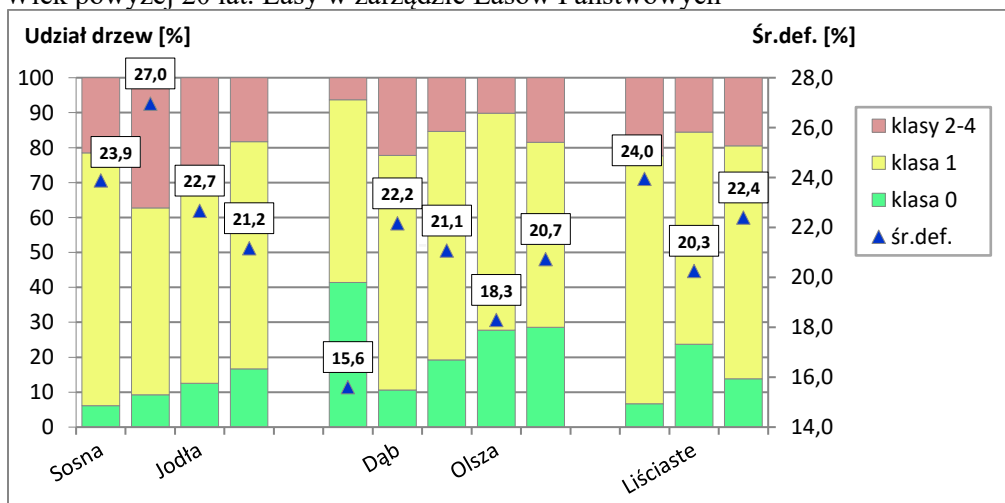
Rycina 3.2. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w 2025 r.



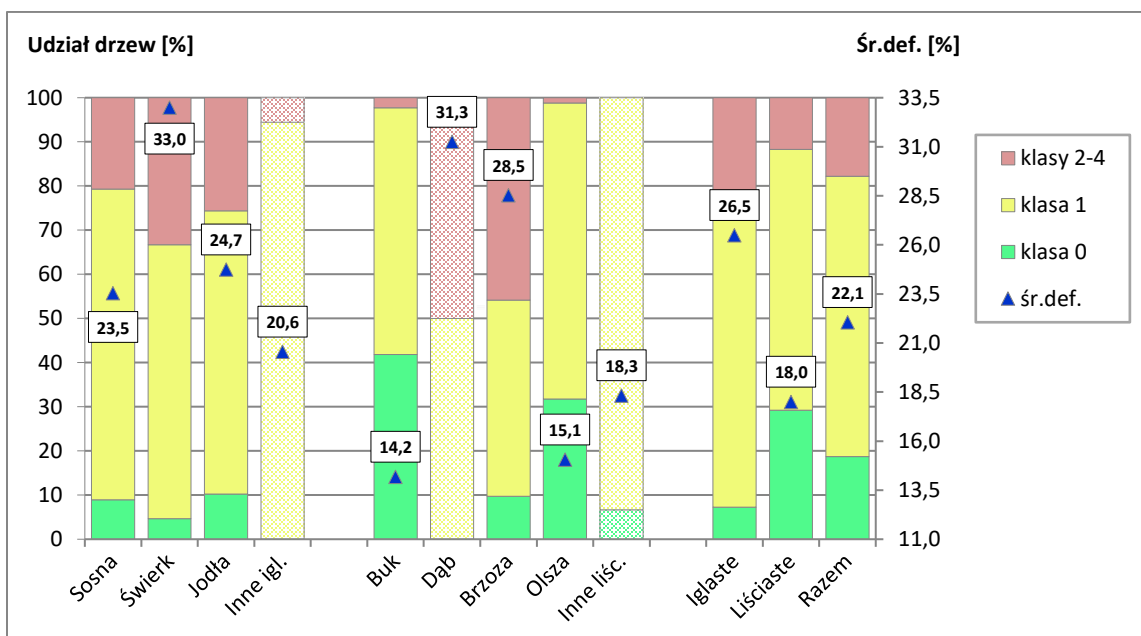
Rycina 3.3. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2025 r. Wiek drzew powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności



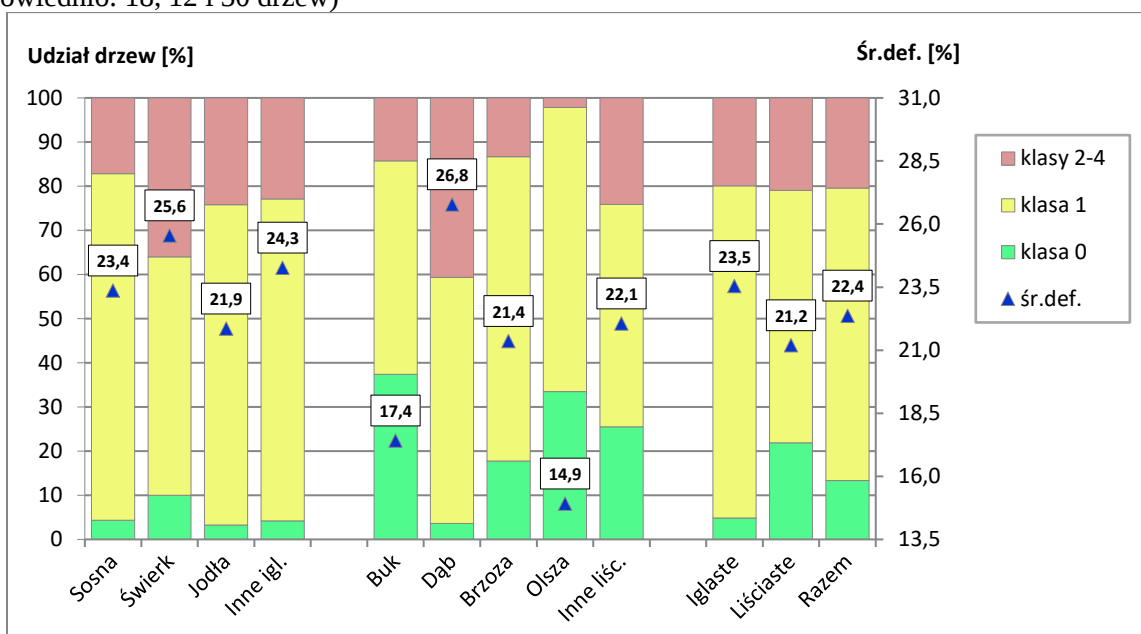
Rycina 3.4. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2025 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych



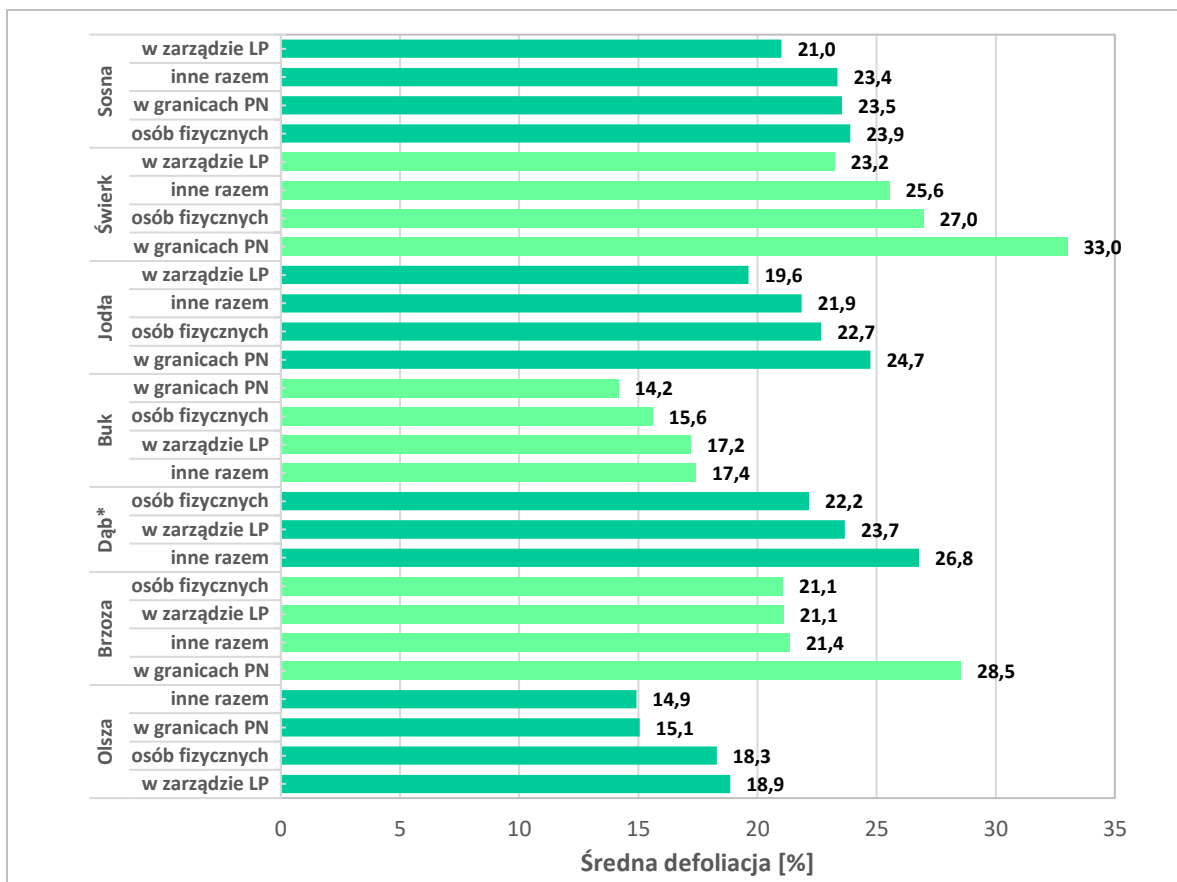
Rycina 3.5. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2025 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy będące własnością osób fizycznych



Rycina 3.6. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2025 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w granicach parków narodowych (inne iglaste, dąb i inne liściaste, odpowiednio: 18, 12 i 30 drzew)

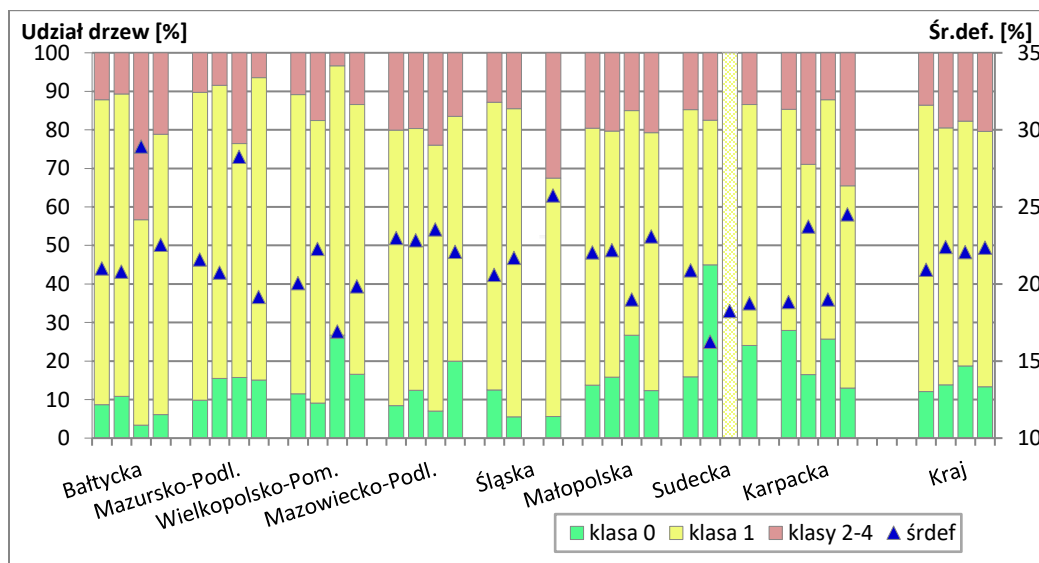


Rycina 3.7. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2025 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy pozostałych form własności

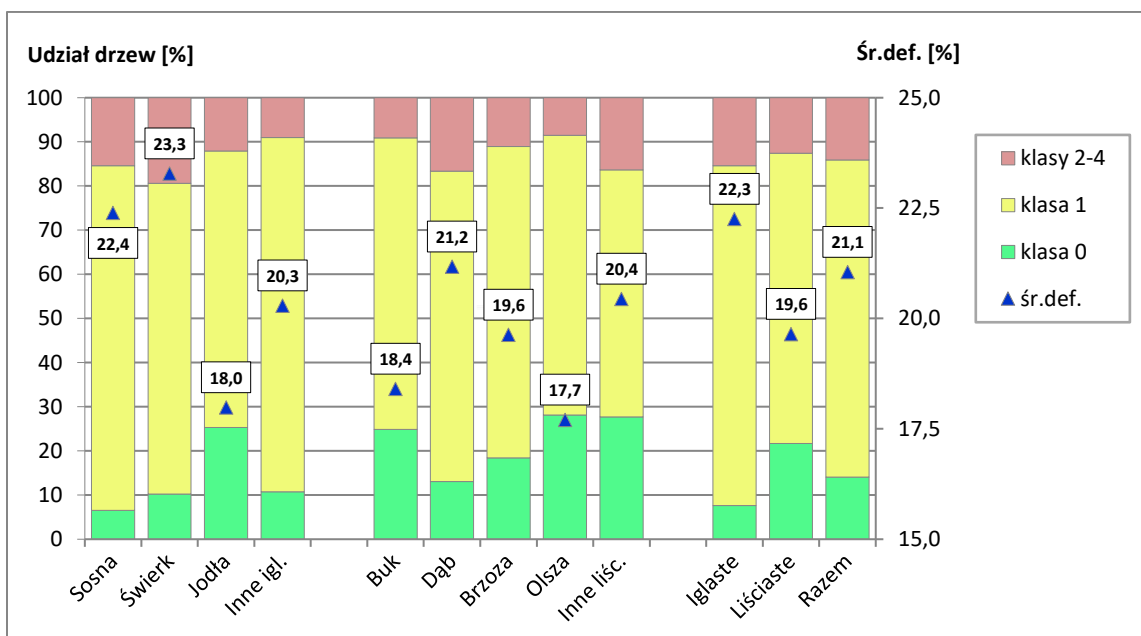


Rycina 3.8. Średnie wartości defoliacji rosnąco wg grup gatunków w układzie form własności (LP – lasy w zarządzie Lasów Państwowych, PN – lasy w granicach parków narodowych) – 2025 r.

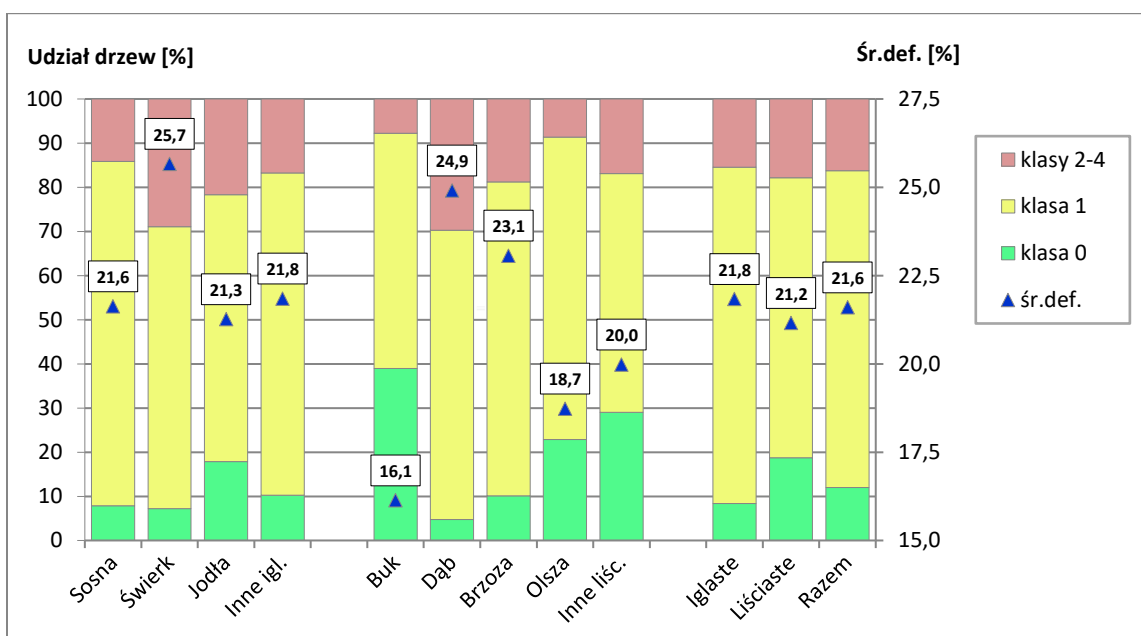
*Dąb w parkach narodowych został pominięty, ze względu na małą liczbę (12) drzew próbnych.



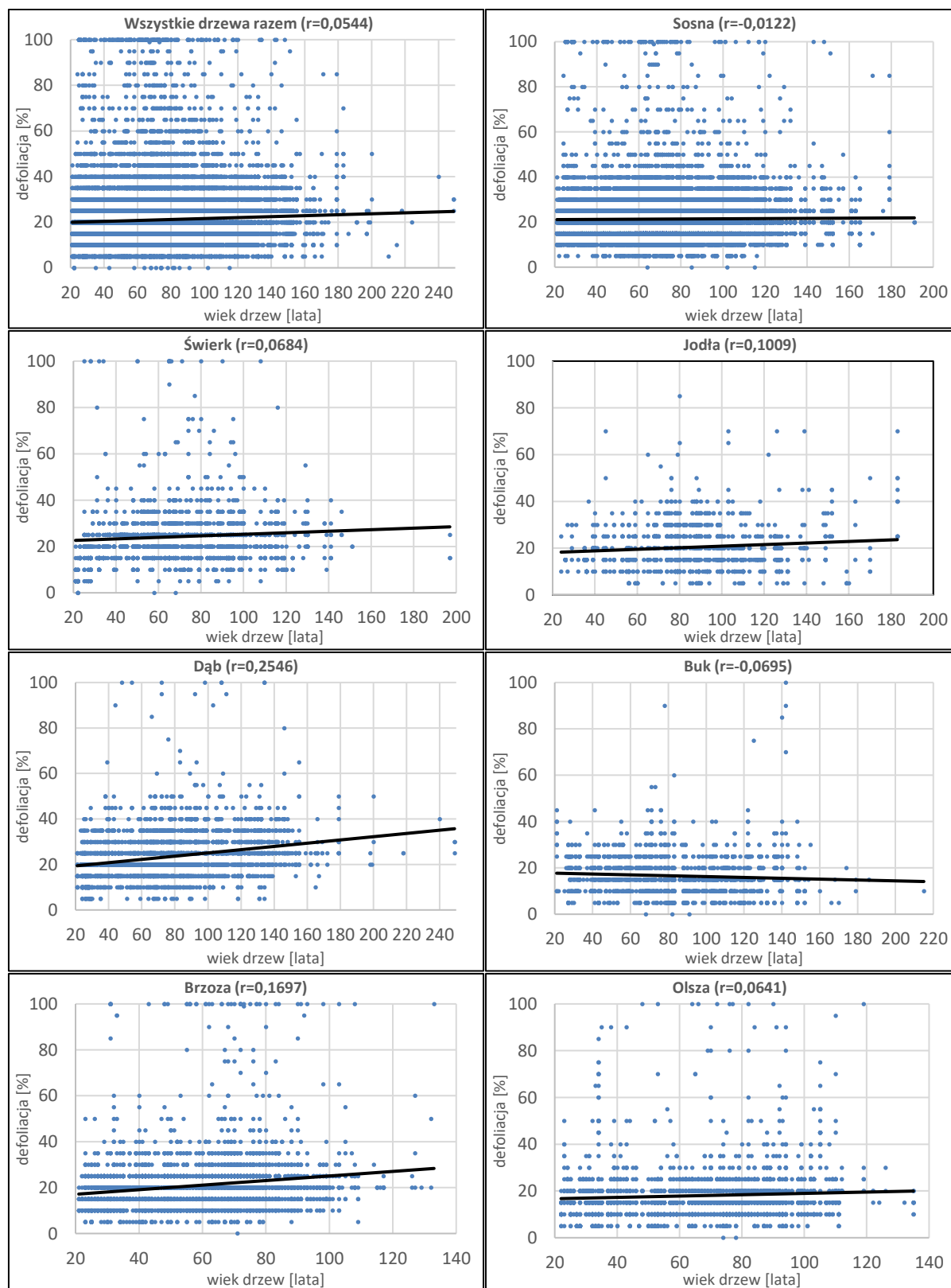
Rycina 3.9. Udział drzew [%] (gatunki razem) w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w układzie krain przyrodniczo-leśnych i form własności lasów – słupki od lewej: lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lasy będące własnością osób fizycznych, lasy w granicach parków narodowych, inne formy własności razem – 2025 r. (parki narodowe w Krainie Sudeckiej – wyniki z próby 20 drzew)



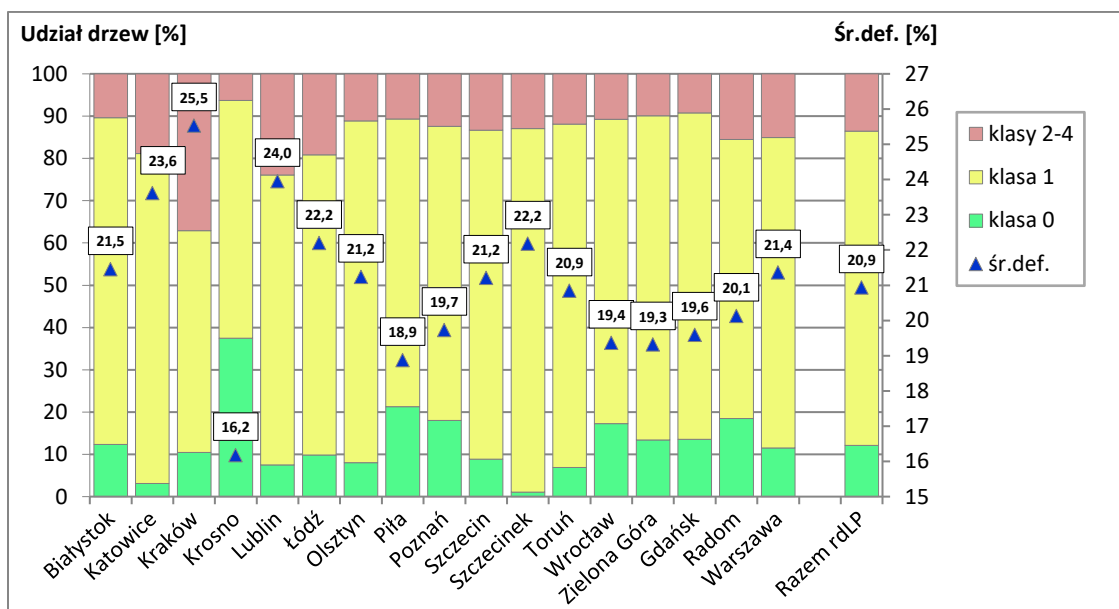
Rycina 3.10. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2024 r. Wiek od 21 do 60 lat. Wszystkie formy własności



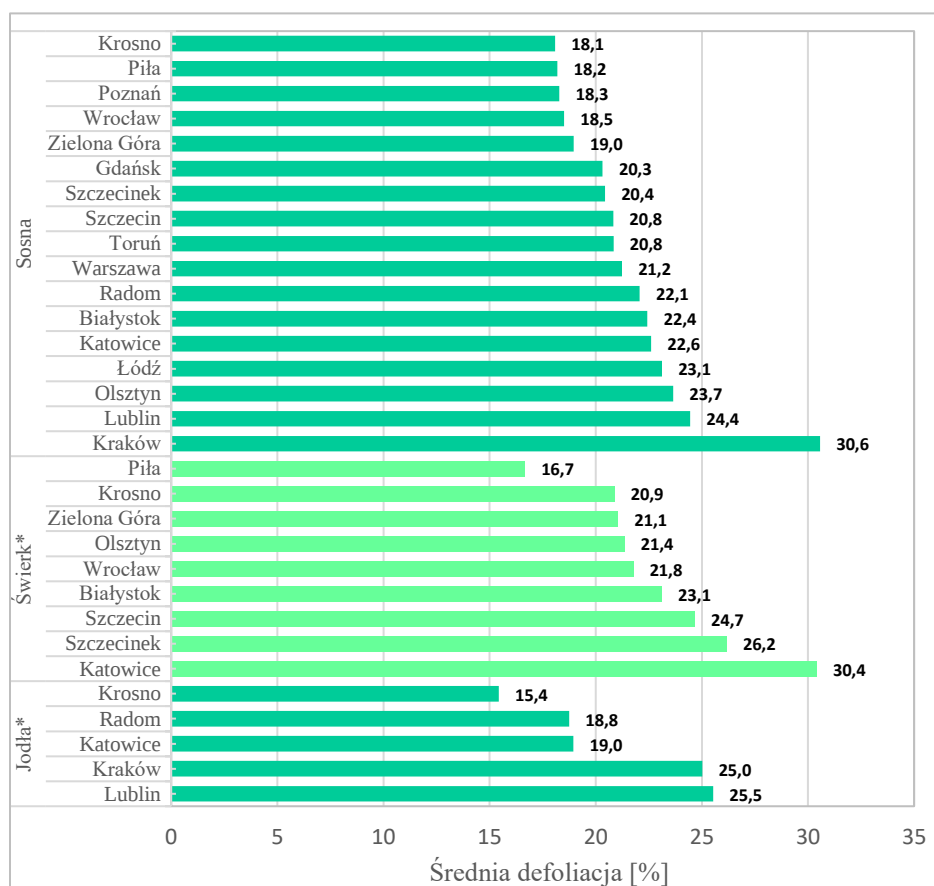
Rycina 3.11. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2025 r. Wiek powyżej 60 lat. Wszystkie formy własności



Rycina 3.12. Zależność defoliacji sosen, świerków, jodeł, dębów, buków, brzoź, olsz i wszystkich drzew łącznie z klas Krafra 1, 2 oraz 3 od wieku drzew w 2025 r.

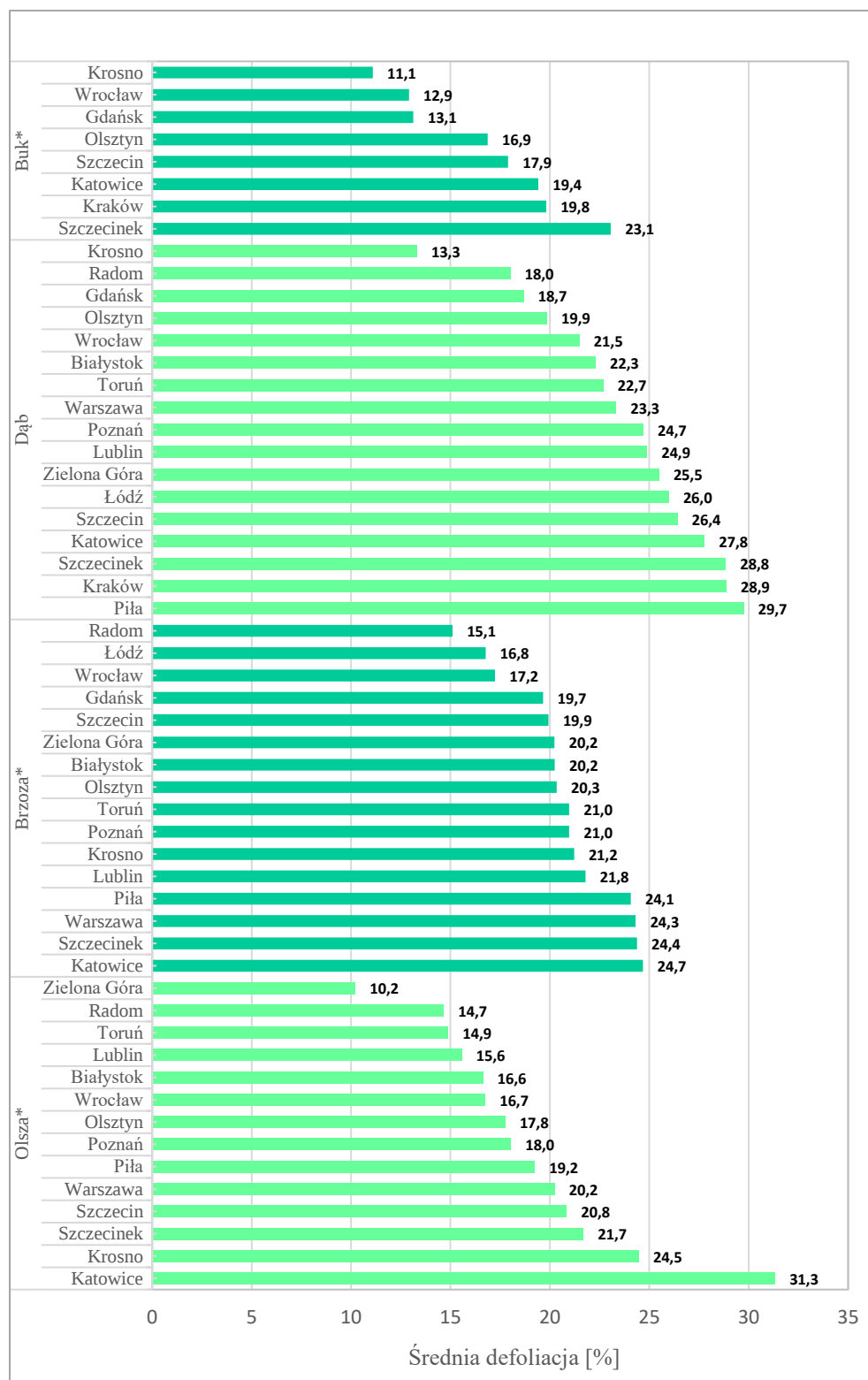


Rycina 3.13. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz śr. def. [%] w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP) w 2025 r.



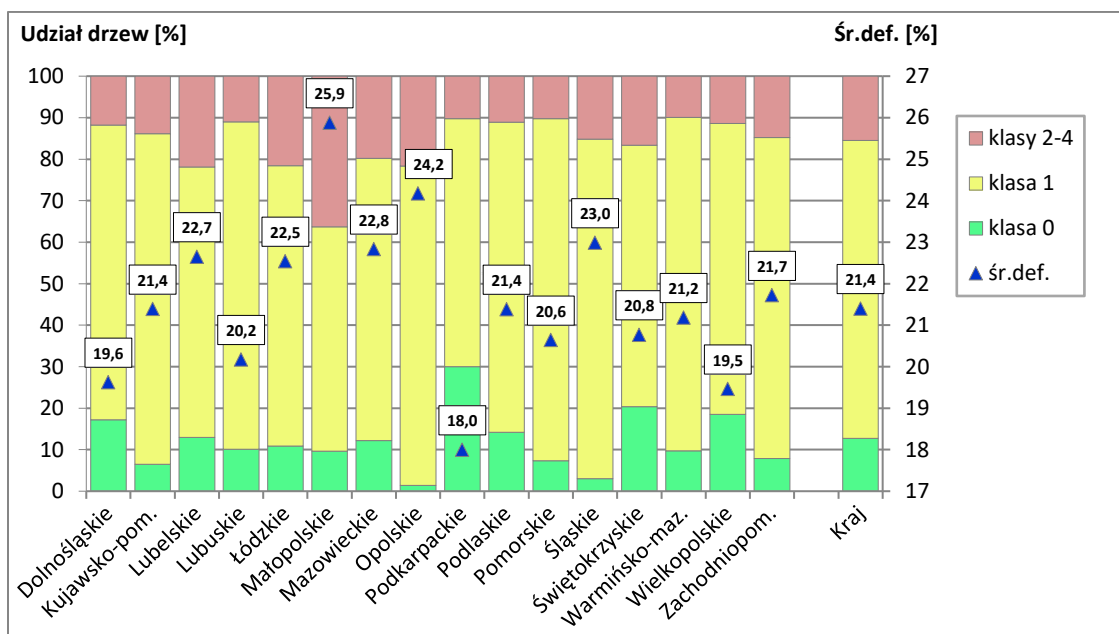
Rycina 3.14. Średnie wartości defoliacji [%] gatunków iglastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (lasy w zarządzie Lasów Państwowych) – 2025 r.

*Świerk w siedmiu rdLP oraz jodła w trzech rdLP zostały pominięte ze względu na małą liczbę drzew próbnych (poniżej 30 sztuk). Ponadto świerk w jednej rdLP oraz jodła w dziewięciu rdLP nie występują na powierzchniach monitoringowych.

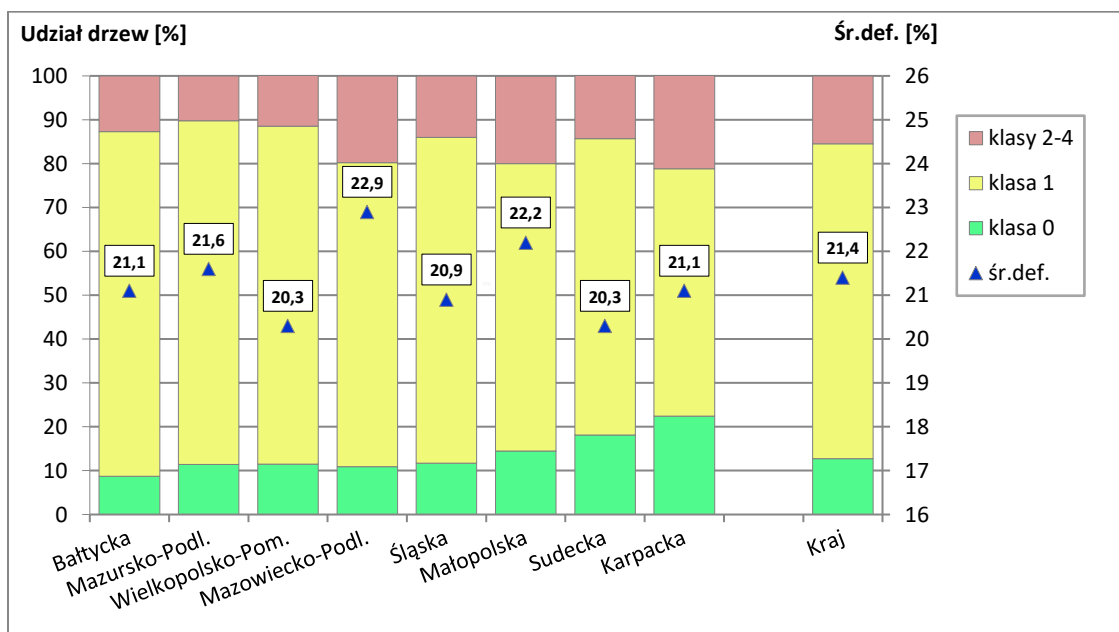


Rycina 3.15. Średnie wartości defoliacji [%] gatunków liściastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (lasy w zarządzie Lasów Państwowych) – 2025 r.

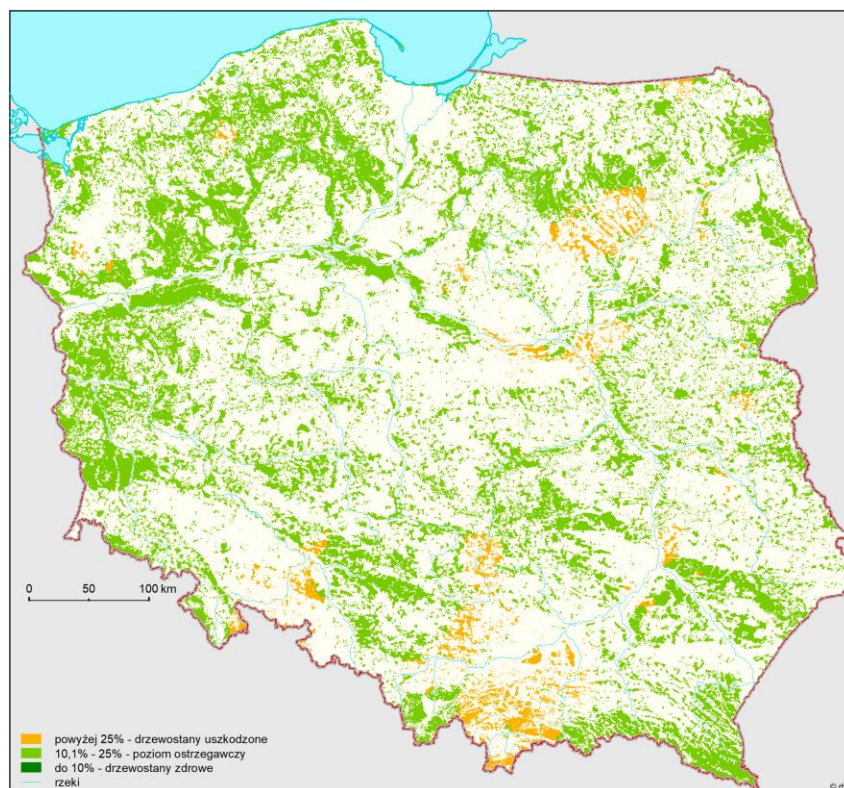
*Buk w siedmiu rdLP, olsza – w trzech rdLP oraz brzoza – w jednej RDLP zostały pominięte ze względu na małą liczbę drzew próbnych (poniżej 30 sztuk). Ponadto buk w dwóch rdLP nie występuje na powierzchniach monitoringowych.



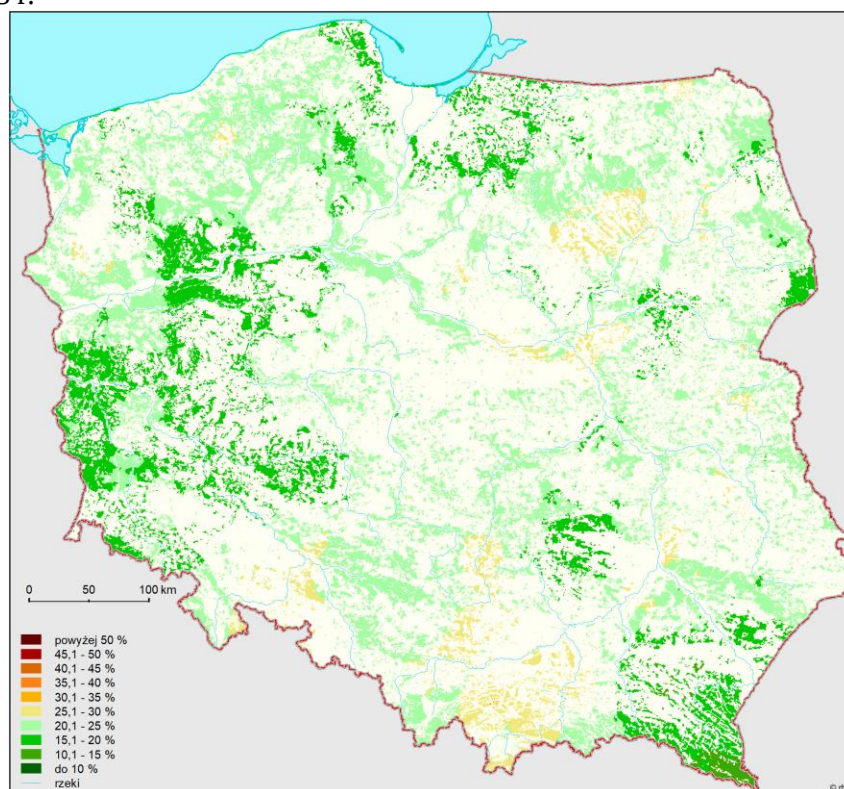
Rycina 3.16. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w układzie województw w 2025 r.



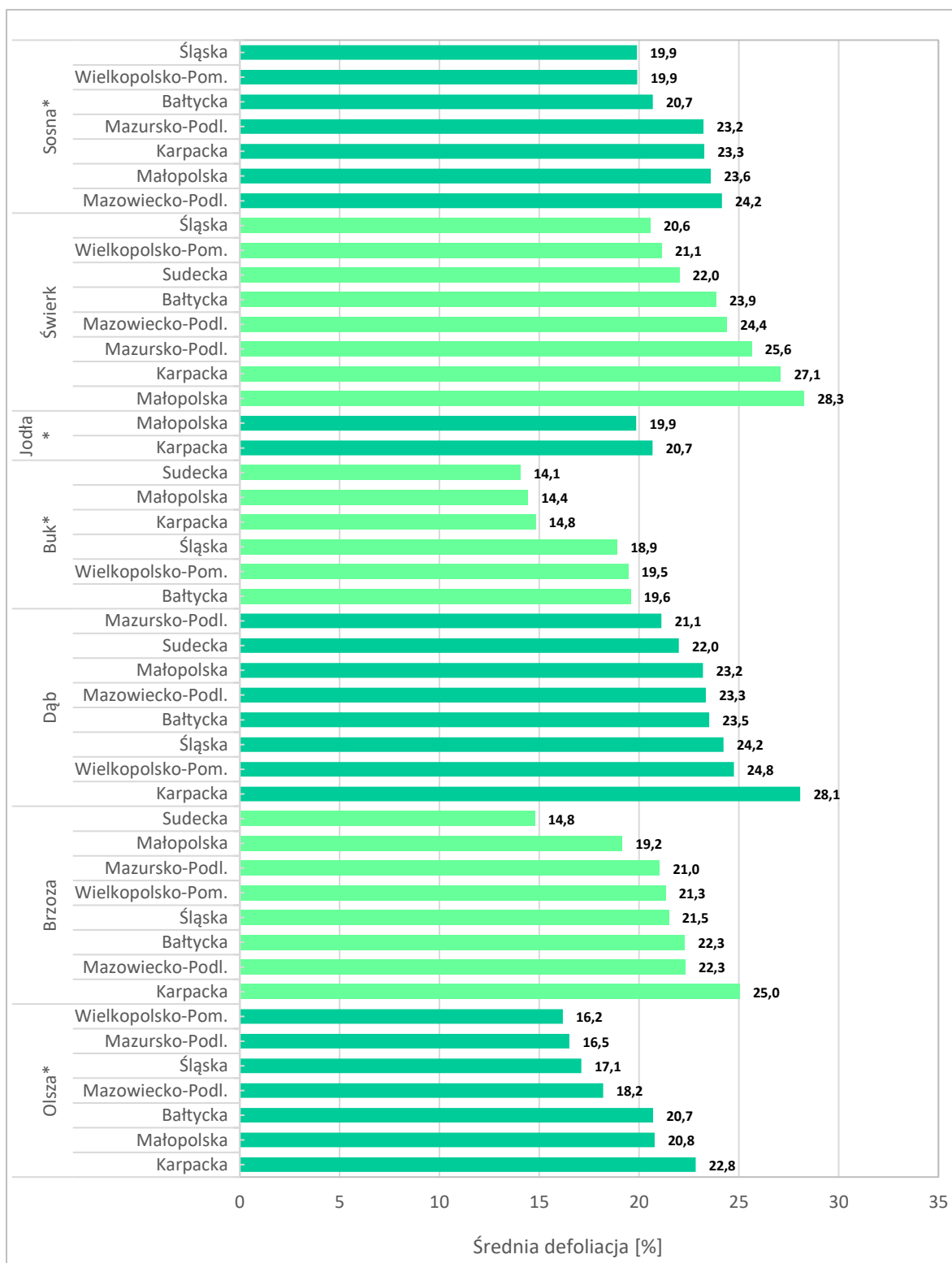
Rycina 3.17. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2025 r.



Rycina 3.18. Defoliacja drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji w 2025 r.

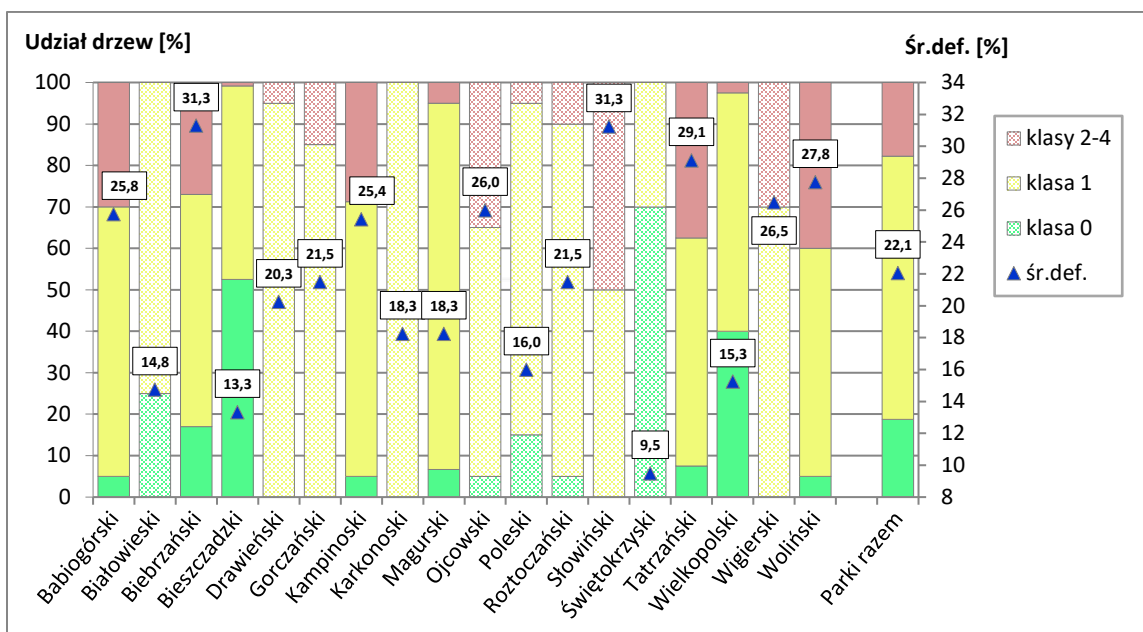


Rycina 3.19. Defoliacja drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 5% przedziałów defoliacji w 2025 r.



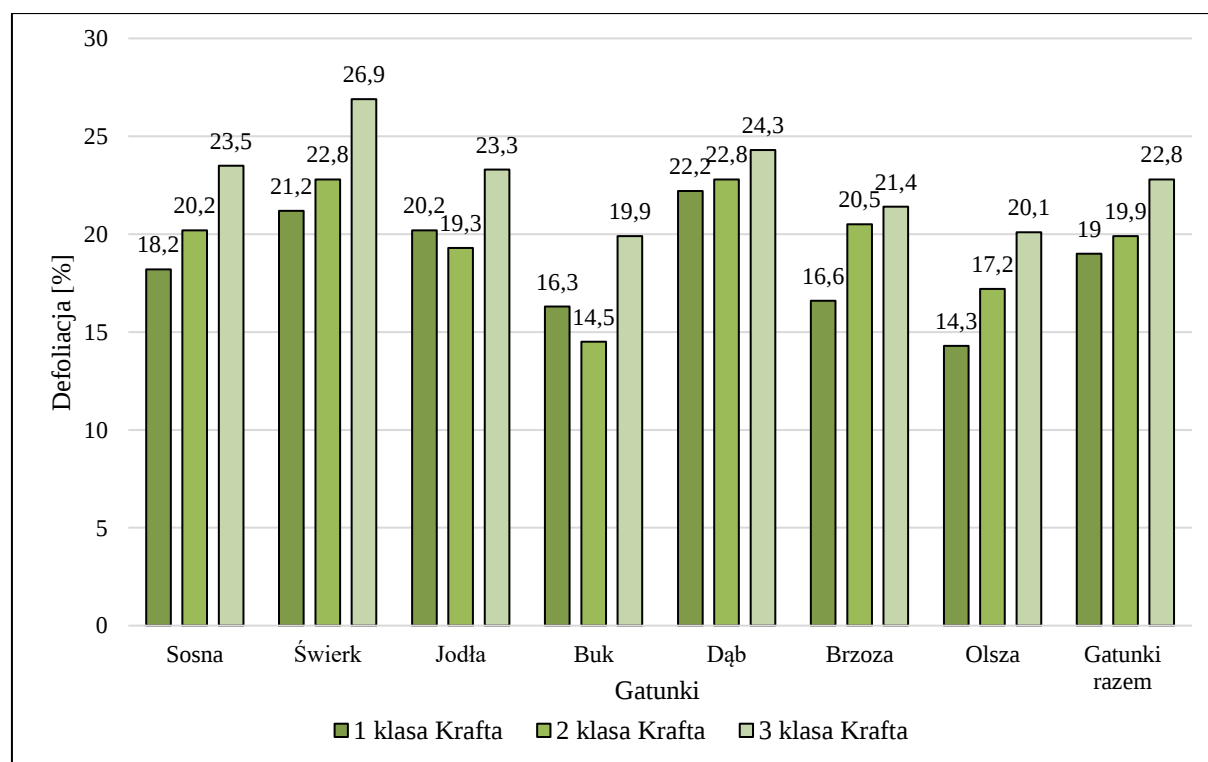
Rycina 3.20. Średnie wartości defoliacji [%] wg grup gatunków w krainach przyrodniczo-leśnych – 2025 r.

*Sosna i olsza w Krainie Sudeckiej, jodła - w krainach: Bałtyckiej i Sudeckiej oraz buk w krainach: Mazursko-Podlaskiej i Mazowiecko-Podlaskiej zostały pominięte ze względu na małą liczbę drzew próbnych, poniżej 30 sztuk. Ponadto jodła w czterech krainach nie występuje na powierzchniach monitoringowych.



Rycina 3.21. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] drzew w układzie parków narodowych w 2025 r. (jaśniejszym kolorem zaznaczono parki reprezentowane przez jedną powierzchnię)

W dziesięciu parkach obserwacje przeprowadzono tylko na jednej powierzchni (na 20 drzewach) i wyjątkowo tak małe liczebności prób uwzględniono w opisie, jednak należy ostrożnie podchodzić do uzyskanych wyników.



Rycina 3.22. Średnia defoliacja [%] dla głównych gatunków drzew i wszystkich drzew łącznie w 1-3 klasach Kraft

4. ZMIANY STANU ZDROWOTNEGO MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW W LATACH 2016–2025 – JADWIGA MAŁACHOWSKA, KAJETAN OŁĘDZKI

4.1. Trendy zmian stanu zdrowotnego drzew monitorowanych gatunków w okresie 2016-2025

Zróznicowanie poziomu defoliacji drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu ogółem w kraju w latach 2016–2025 przeanalizowano, porównując średnią defoliację oraz udział drzew w klasach defoliacji: klasie 0 (drzewa zdrowe, do 10% defoliacji) i klasach 2–4 (powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe). Policzono średnie wartości wyżej wymienionych parametrów w kolejnych latach dziesięciolecia. Znalezione ich minimalne i maksymalne wartości, policzono różnice między wartościami maksymalnymi i minimalnymi. Uzyskane wyniki pozwoliły na uszeregowanie poszczególnych gatunków drzew i grup gatunków w kolejności od najmniej do najsilniej zdefoliowanych oraz ocenę zmienności kondycji zdrowotnej w czasie. Wykonano analizę trendów za pomocą testu Manna-Kendalla (tab. 4.9-11). Opiera się on na porównaniu w parach: porównuje wartość z każdą z poprzednich wartości. Dodatnia wartość statystyki Manna-Kendalla (S) z prawdopodobieństwem powyżej 95% (przedział ufności CF) wskazuje na trend rosnący, ujemna wartość na trend malejący. Dla przedziału ufności w przedziale 90-95% trendy są prawdopodobne. Jeżeli przedział ufności wynosi poniżej 90% dla współczynnika zmienności (CV) większego od 1 nie ma trendu. Natomiast jeżeli współczynnik zmienności wynosi mniej niż 1 (przy $CF < 90\%$) to stan jest stabilny.

Uśredniona dla dziesięciolecia 2016-2025 wartość średniej defoliacji ‘gatunków razem’ wynosiła 22,3%, gatunków iglastych – 22,3%, a gatunków liściastych – 22,1%. Średni udział drzew o defoliacji do 10% dla ‘gatunków razem’ wynosił 10,5%, a średni udział drzew o defoliacji powyżej 25% – 17,7%. Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym średnim udziałem drzew zdrowych (14,6%) oraz wyższym średnim udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4 (19,8%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 8,1% i 16,6%). Średni udział drzew w klasie ostrzegawczej (drzewa o defoliacji od 11 do 25%) wynosił: ‘gatunków razem’ – 71,7%, gatunków iglastych – 75,3%, a gatunków liściastych – 65,7% (ryc. 4.1). Średnia defoliacja ‘gatunków razem’ wykazuje trend malejący (z 22,7 % w 2016 roku do 21,4% w 2025). Trend malejącej defoliacji cechuje również większość wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew. Jedynie w przypadku sosny stwierdzono trend prawdopodobnie malejący, w przypadku świerka trend prawdopodobnie rosnący, a w odniesieniu do buka – stabilny (tab. 4.9).

Ogółem w ciągu dziesięciolecia 2016-2025 poziom zdrowotności lasów nie wykazywał dużych różnic w skali kraju. Lepszą kondycję drzew ‘gatunków razem’ obserwowano w latach 2022-2025, słabszą – w latach 2016-2021. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 8,0% w 2020 r. do 14,4% w 2022 r., udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 13,9% w 2024 r. do 21,1% w 2019 r., a średnia defoliacja – od 21,2% w 2022 r. do 23,4% w 2019 r (tab.4.7).

W każdym z kolejnych lat dziesięciolecia udział drzew zdrowych wśród gatunków liściastych był większy niż wśród gatunków iglastych, różnica zawierała się w przedziale od 4,5 punktu procentowego w 2016 roku do 11,9 p.p. w 2025 roku. Również udział drzew w klasach defoliacji 2-4 w kolejnych latach był wyższy wśród gatunków liściastych. Zawierała się w przedziale od 6,9 punktu procentowego w 2016 roku do 0,3 p.p. w 2025 roku. Przez większość porównywanych lat nie wykazano dużych różnic pomiędzy średnią defoliacją gatunków iglastych i liściastych (tab. 4.6 ryc. 4.2).

Kolejność gatunków od najzdrowszych do najmniej zdrowych (ustalona na podstawie analizy trzech parametrów określających zdrowotność: średniej defoliacji, udziału drzew zdrowych i udziału drzew w klasach defoliacji 2-4) średnio w dziesięcioleciu 2016–2025 jest następująca: **buk << olsza, jodła < ‘inne liściaste’, ‘inne iglaste’, sosna < brzoza < świerk << dąb** (ryc. 4.3).

W latach 2016-2025 najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowały się ‘inne iglaste’ a następnie sosna, największą zmiennością kondycji charakteryzował się natomiast dąb.

U buka, gatunku charakteryzującego się najwyższą zdrowotnością średni w dziesięcioleciu udział drzew zdrowych wynosił 28,6%, średni udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był równy 8,2%, a uśredniona wartość średniej defoliacji – 17,3%. U olszy i jodły, gatunków o wysokiej zdrowotności, średni w dziesięcioleciu udział drzew zdrowych wynosił 19,5% i 20,9%, średni udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był równy 10,3% i 13,3%, a uśredniona wartość średniej defoliacji – 19,4% dla olszy oraz 19,5% dla jodły. Dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się gatunki ‘inne iglaste’, ‘inne liściaste’ oraz umiarkowanie dobrą sosna, u których średnie wartości porównywanych parametrów wynosiły odpowiednio: 12,3%, 22,3% i 7,3% (drzewa zdrowe), 16,2%, 18,6% i 16,1% (drzewa z klas defoliacji 2-4) oraz 21,7%, 21,5% i 22,3% (średnia defoliacja). U brzozy i świerka, gatunków o osłabionej kondycji zdrowotnej średnie wartości porównywanych parametrów wynosiły odpowiednio: 8,5% i 8,2% (drzewa zdrowe), 20,9% i 25,3% (drzewa z klas defoliacji 2-4) oraz 23,4% i 24,9% (średnia defoliacja). Najsłabszą,

znacznie różniącą się od pozostałych gatunków, kondycją zdrowotną charakteryzował się dąb, u którego porównywane średnie z dziesięciolecia wynosiły: 4,3% drzew zdrowych (najniższy udział), 33,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 (najwyższy udział), oraz 25,9% średniej defoliacji (najwyższa średnia w porównaniu z innymi gatunkami) (ryc. 4.1).

Udział drzew zdrowych, udział drzew w klasach 2-4 oraz średnia defoliacja charakteryzowały się różną zmiennością w dziesięcioleciu w zależności od monitorowanej grupy gatunków. Najmniejszą zmienność udziału (był on niski przez cały okres) drzew zdrowych zanotowano u dębu (5,3 punktu procentowego różnicy między wartością maksymalną i minimalną), małą zmienność – u sosny i ‘innych iglastych’ (od 6,5 do 7,2 p.p. różnicy), umiarkowaną – u świerka, brzozy, olszy i ‘innych liściastych’ (od 8,7 do 12,6 p.p. różnicy), dużą – u jodły (15,2 p.p. różnicy), a największą zmienność – u buka (18,4 p.p. różnicy). Małą zmienność udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 zanotowano u sosny, buka, ‘innych iglastych’, ‘innych liściastych’ i olszy (od 6,2 do 6,9 p.p. różnicy między wartościami maksymalnymi i minimalnymi), umiarkowaną zmienność – u jodły (10,6 p.p. różnicy), dużą zmienność – u świerka i brzozy (12,1 i 16,8 p.p. różnicy), największą zmienność – u dębu (20,8 p.p. różnicy). Małą zmienność średniej defoliacji zanotowano u ‘innych iglastych’, sosny i olszy (od 1,4 do 2,7 p.p. różnicy), umiarkowaną zmienność – ‘innych liściastych’, jodły i buka (od 3,1 do 3,6 p.p. różnicy), dużą zmienność – u brzozy i świerka (od 4,1 do 4,2 p.p. różnicy), największą zmienność – u dębu (6,4 p.p. różnicy) (ryc. 4.3).

Zmienność kondycji zdrowotnej drzew w kolejnych latach dziesięciolecia według grup gatunków

W dziesięcioleciu 2016-2025 gatunkiem o najlepszej kondycji zdrowotnej był **buk**. Jest to również gatunek, u którego występowała duża zmienność kondycji w czasie (głównie duża zmienność udziału drzew zdrowych). Udział zdrowych buków zawierał się w przedziale od 18,7% (w 2019 r.) do 37,1% (w 2024 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 5,0% (w 2024 r.) do 11,3% (w 2022 r.), a średnia defoliacja – od 15,7% (w 2024) do 19,3% (w 2020 r.). W roku 2024 kondycja buka była bardzo dobra (37,1% drzew zdrowych, 5,2% drzew w klasie 2-4 oraz 15,7% średniej defoliacji). Dobrą kondycją charakteryzował się buk w latach 2017-2018 i 2021-2023 oraz 2025 (od 27,2% do 35,2% drzew zdrowych, od 6,2% do 11,3% drzew w klasach 2-4 oraz od 16,7% do 17,3% średniej defoliacji). Gorszą kondycję tego gatunku zanotowano w latach 2016, 2019-2020 (od 18,7% do 24,3% drzew zdrowych, od 8,8% do 10,8% drzew

w klasach 2-4 oraz od 17,8% do 19,3% średniej defoliacji). Buk, w porównaniu z innymi grupami gatunków, charakteryzował się najlepszą kondycją do roku 2018. W latach 2019-2020, na skutek stopniowego pogarszania się kondycji drzew tego gatunku, oraz poprawy w tym okresie stanu koron jodeł i olszy nastąpiło zrównanie poziomu zdrowotności buka z poziomem zdrowotności olszy i jodły. W latach 2021-2025 buk ponownie uzyskał najlepszą lokatę w tym rankingu, jednak różnice jego poziomu zdrowotnego w porównaniu ze zdrowotnością olszy i jodły nie były tak duże jak w latach 2016-2018. (tab. 4.3, ryc. 4.3 i 4.4). Jest to również jedyny gatunek, którego średnia defoliacja wykazuje stabilny trend wg testu Manna-Kendalla.

Olsze w dziesięcioleciu charakteryzowały się dobrą kondycją wśród monitorowanych gatunków. Jest to grupa gatunków, u której udział drzew zdrowych wykazywał umiarkowaną zmienność w czasie, natomiast udział drzew w klasach 2-4 oraz średnia defoliacja – małą zmienność oraz malejący trend (tab. 4.9). Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 13,0% (w 2016 r.) do 25% (w 2025 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 6,7% (w 2024 r.) do 13,6% (w 2016 r.), a średnia defoliacja – od 18,2% (w 2024 r.) do 20,9% (w 2016 r.). W latach 2024-2025 r. olsza była w najlepszej kondycji zdrowotnej, natomiast w latach 2016-2017 – w najslabszej kondycji (odpowiednio: 21,9%, 25%, 13,0% i 13,8% drzew zdrowych, 6,7%, 8,6%, 13,6% i 13,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 18,2%, 18,3%, 20,9% i 20,8% średniej defoliacji) (tab. 4.4, ryc. 4.3 i 4.4).

Kondycja **jodły** w dziesięcioleciu była porównywalna z kondycją olszy. Gatunek ten charakteryzował się dużą zmiennością udziału drzew zdrowych oraz umiarkowaną zmiennością udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średniej defoliacji. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 12,7% (w 2019 r.) do 27,9% (w 2024 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 9,1% (w 2024 r.) do 19,7% (w 2025 r.), a średnia defoliacja – od 17,6% (2024 r.) do 21,1% (w 2016 r.). W latach 2021-2022 i 2024 kondycja jodły była bardzo dobra (od 21,4% do 27,9% drzew zdrowych, od 9,1% do 10,1% drzew w klasach 2-4 oraz od 17,6% do 18,4% średniej defoliacji). W latach 2019-2020 i 2023 kondycja jodły była dobra (od 12,7% do 21,8% drzew zdrowych, od 9,8% do 12,6% drzew w klasach 2-4 oraz od 19,0% do 19,8% średniej defoliacji). Słabszą kondycję drzew tego gatunku zanotowano w latach 2016-2018 oraz w roku 2025 (od 16,3% do 24,2% drzew zdrowych, od 15,3% do 19,7% drzew w klasach 2-4 oraz od 20,0% do 21,1% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.3 i 4.4). Defoliacja według testu Manna-Kendalla wykazuje trend malejący (tab. 4.9).

Gatunki **‘inne iglaste’** wraz z sosną i gatunkami **‘inne liściaste’** zaliczone zostały do grupy gatunków o średnim poziomie defoliacji. W dziesięcioleciu 2016-2025 **‘inne iglaste’** charakteryzowały się małą zmiennością kondycji zdrowotnej (mała zmienność trzech porównywanych parametrów). Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 9,0% (w 2016 r.) do 16,2% (w 2020 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 13,1% (w 2025 r.) do 19,7% (w 2019 r.). Średnia defoliacja wykazuje trend malejący (tab. 4.9) i zawiera się w przedziale od 21,1% (w 2022 r.) do 22,5% (w 2017 r.) (tab. 4.2, ryc. 4.3 i 4.4).

Grupa gatunków **‘inne liściaste’** charakteryzowała się umiarkowaną zmiennością udziału drzew zdrowych i średniej defoliacji oraz małą zmiennością udziału drzew w klasach defoliacji 2-4. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 15,9% (w 2019 r.) do 28,5% (w 2025 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 14,8% (w 2024 r.) do 21,7% (w 2016 r.), a średnia defoliacja – od 20,1% (w 2024 r.) do 23,2% (w 2019 r.). Dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w latach 2022 i 2024-2025 (27,8%, 25,4% i 28,5% drzew zdrowych, 15,6%, 14,8% i 16,6% drzew w klasach 2-4 oraz 20,3%, 20,1% i 20,2% średniej defoliacji). Średnią kondycję zanotowano w latach: 2017-2018, 2021 i 2023, gorszą – w latach 2016 i 2020. Najsłabszą kondycję odnotowano w 2019 roku (najniższy udział drzew zdrowych – 15,9%, duży udział drzew w klasach 2-4 – 21,4% oraz najwyższa w zestawieniu średnia defoliacja – 23,2%) (tab. 4.5, ryc. 4.3 i 4.4). Średnia defoliacja wykazywała trend spadkowy (tab. 4.9).

Sosna charakteryzowała się średnim poziomem defoliacji, jej kondycja była najmniej zmienna w kolejnych latach dziesięciolecia i wykazywała prawdopodobny trend malejący (tab. 4.9). Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 5,1% (w 2020 r.) do 11,6% (w 2022 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 13,2% (w 2024 r.) do 19,4% (w 2019 r.), a średnia defoliacja – od 21,1% (w 2022 r.) do 23,3% (w 2019 r.). (tab. 4.1, ryc. 4.3 i 4.4).

Defoliacja **świerka** w dziesięcioleciu była wysoka w porównaniu z innymi gatunkami i jako jedyna wykazywała prawdopodobny trend rosnący (tab. 4.9). W kolejnych latach obserwacji świerk charakteryzował się umiarkowaną zmiennością udziału drzew zdrowych oraz dużą zmiennością udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średniej defoliacji. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 3,3% (w 2023 r.) do 12% (w 2017 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 21,5% (w 2024 r.) do 33,6% (w 2023 r.), a średnia defoliacja – od 24,2% (w 2016 r.) do 27,2% (w 2023 r.). Niższą defoliację drzew tego gatunku odnotowano w 2016

r. (9,2% drzew zdrowych, 25,7% drzew w klasach 2-4 oraz 24,2% średniej defoliacji), umiarkowaną – w latach 2017-2018, 2020 i 2024-2025, wyższą – w latach 2019, 2021 i 2022, najwyższą – w 2023 roku (3,3% drzew zdrowych, 33,6% drzew w klasach 2-4 oraz 27,2% średniej defoliacji) (tab. 4.1, ryc. 4.3 i 4.4).

Brzoza również charakteryzowała się wysokim poziomem defoliacji (osłabioną kondycją zdrowotną) w porównaniu z innymi gatunkami, lecz wykazuje trend malejący (tab. 4.9). Zmienność kondycji tego gatunku w ciągu kolejnych lat obserwacji była umiarkowana (mała zmienność udziału drzew zdrowych, duża zmienność udziału drzew w klasach 2-4 oraz umiarkowana zmienność średniej defoliacji). Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,9% (w 2020 r.) do 14,6% (w 2025 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 13,9% (w 2024 r.) do 30,7% (w 2016 r.), a średnia defoliacja – od 21,2% (w 2025 r.) do 25,3% (w 2016 r.). Lepszą, w porównaniu z innymi latami, kondycję brzoź odnotowano w latach 2021-2025 (od 7,8 do 14,6% drzew zdrowych, od 13,9 do 20,7% drzew w klasach 2-4 oraz od 22,0% do 22,8% średniej defoliacji), średnią – w latach 2018-2019 (8,0% i 8,1% drzew zdrowych, 23,1% i od 22,3% drzew w klasach 2-4 oraz 24,0% i 24,1% średniej defoliacji), gorszą – w latach 2016, 2017 i 2020 (od 4,9% do 7,3% drzew zdrowych, od 24,3% do 30,7% drzew w klasach 2-4 oraz od 24,9 do 25,3% średniej defoliacji) (tab. 4.4, ryc. 4.3 i 4.4).

Dąb to gatunek o najslabszej kondycji zdrowotnej w dziesięcioleciu. Jest to również gatunek, u którego występowała największa (w porównaniu z innymi gatunkami) zmienność w czasie zarówno udziału drzew w klasach defoliacji 2-4, jak i średniej defoliacji, która wykazuje trend malejący (tab. 4.9). Udział drzew zdrowych był stale niski, zawierał się w przedziale od 2,2% (w 2020 r.) do 7,5% (w 2025 r.). Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 25,4% (w 2025 r.) do 46,3% (w 2019 r.), a średnia defoliacja – od 23,7% (w 2025 r.) do 30,1% (w 2019 r.). Lepszą, w porównaniu z innymi latami, kondycję dębów odnotowano w latach 2022 i 2024-2025 (od 4,5% do 7,5% drzew zdrowych, od 25,4% do 28,1% drzew w klasach 2-4 oraz od 23,7% do 24,2% średniej defoliacji). W latach 2016–2018 oraz 2021 i 2023 kondycja dębów była gorsza (od 3,4 do 4,4% drzew zdrowych, od 29,7% do 36,3% drzew w klasach 2-4 oraz od 25,2% do 26,1% średniej defoliacji). Znacznie gorszą kondycję dębów odnotowano w 2020 roku, najslabszą – w 2019 roku (odpowiednio: 2,2% i 2,9% drzew zdrowych, 40,6% i 46,3% drzew w klasach 2-4 oraz 28,2% i 30,1% średniej defoliacji). Dąb, w porównaniu z innymi grupami gatunków, charakteryzował się najslabszą kondycją do roku 2021. W latach 2022-2023, z uwagi

na poprawę kondycji dębu oraz pogorszenie się w tym czasie stanu koron świerka, świerk był gatunkiem o najsłabszej kondycji zdrowotnej. W 2024 r. nastąpiło zrównanie kondycji obydwu gatunków. (tab. 4.3, ryc. 4.3 i 4.4.).

4.2. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej drzew w dziesięcioleciu 2016-2025 w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych i krain przyrodniczo-leśnych

Kondycję zdrowotną drzew w lasach w układzie krain przyrodniczo-leśnych (tab. 4.1-7) oraz regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (tab. 4.8) w dziesięcioleciu 2016-2025 omówiono porównując średnią defoliację gatunków łącznie w poszczególnych jednostkach terytorialnych na osi czasu.

Kondycja zdrowotna drzew (gatunki razem) w dziesięcioleciu w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (las w zarządzie LP)

Stan koron drzew (wartości średniej defoliacji) w lasach regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych zarejestrowany pod koniec 10-lecia (w 2025 roku) porównano ze stanem początkowym (w 2016 roku). Niewielka poprawa kondycji drzew (obniżenie średniej defoliacji od 0,8 do 1,7 p.p.) wystąpiła w lasach sześciu rdLP (w Katowicach, Olsztynie, Toruniu, Białymstoku i Zielonej Górze), znaczna poprawa – w sześciu rdLP: w Radomiu, Warszawie, Pile, Poznaniu, Wrocławiu i Krośnie (spadek śr.def. odpowiednio o 2,4, 3,1, 3,3, 4,9, 4,9 i 7,2 p.p.). Niewielkie pogorszenie kondycji zdrowotnej drzew odnotowano w lasach rdLP w Szczecinku i (wzrost średniej defoliacji o 0,8 p.p.), znaczne pogorszenie – w RDLP w Szczecinie, Krakowie (wzrost śr.def. o 2,5 i 4,9 p.p.). W lasach pozostałych rdLP (w Gdańsku, Łodzi i Lublinie) zmian nie odnotowano (tab. 4.11, ryc. 4.5).

W lasach w rdLP w **Gdańsku, Toruniu, Olsztynie i Białymstoku** kondycja zdrowotna drzew była stabilna, różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji wynosiła od 1,5 do 2,5 punktu procentowego. W RDLP w Gdańsku kondycja drzew była bardzo dobra, wartość średniej defoliacji pozostawała stale poniżej średniej krajowej. Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach w rdLP w Toruniu oraz w Olsztynie. W RDLP w Białymstoku kondycja utrzymywała się na średnim poziomie – wartość ocenianego parametru w latach 2019-2020 i 2023 była niższa od średniej krajowej, a w latach 2016-2018, 2021-2022 i 2024-2025 – wyższa.

Dość stabilna była również kondycja drzew w lasach w rdLP w **Łodzi, Lublinie** i Szczecinku różnica między maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji wynosiła od 3,3 do 3,8 punktu procentowego. W RDLP w Łodzi w ciągu dziesięciolecia przez osiem lat średnia defoliacja przyjmowała wartości bliskie średniej krajowej. W RDLP w Szczecinku średnia defoliacja przyjmowała przez 8 lat z dziesięciu wartości mniejsze od średniej krajowej. W RDLP w Lublinie kondycja drzew była znacznie osłabiona, średnia defoliacja utrzymywała się stale powyżej średniej krajowej, a w latach 2021-2022 przyjmowała wartości najwyższe w porównaniu z pozostałymi rdLP.

W lasach w rdLP w **Radomiu i Szczecinie** kondycja drzew była dobra, jej zmienność była większa, w porównaniu z wyżej opisanymi. Różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji zawierała się w przedziale odpowiednio 4,2 i 4,6 punktu procentowego (tab. 4.11, ryc. 4.5). W rdLP w Radomiu oraz Szczecinie średnia defoliacja była niższa od średniej krajowej przez pięć lat dziesięciolecia w obydwu rdLP, natomiast wyższa od tej średniej odpowiednio przez dwa i trzy lata. W latach 2017-2019 w RDLP w Szczecinku oraz w 2016 roku w RDLP w Szczecinie wartości średniej defoliacji były najniższe w porównaniu z kondycją drzew w pozostałych rdLP.

W lasach w rdLP w **Warszawie, Katowicach, Pile, Krakowie i Krośnie** zmienność kondycji drzew była duża, a w rdLP w **Poznaniu, Zielonej Górze i we Wrocławiu** – bardzo duża (tab. 4.11, ryc. 4.5). Różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji w czterech pierwszych rdLP zawierała się w przedziale od 5,4 do 7,2 punktu procentowego, a w trzech kolejnych rdLP – wynosiła odpowiednio: 8,2, 10,1 i 10,3 punktu procentowego. W rdLP w Pile i Krośnie przez siedem lat dziesięciolecia średnia defoliacja przyjmowała wartości poniżej średniej krajowej. W lasach RDLP Kraków przez siedem lat średnia defoliacja utrzymywała się poniżej średniej krajowej i tylko w 2025 nastąpiło znaczne pogorszenie średniej defoliacji – 25,5% co jest najwyższą wartością w tym roku ze wszystkich rdLP. Z kolei w lasach RDLP w Zielonej Górze przez cztery lata, w rdLP w Warszawie przez siedem lat, w rdLP we Wrocławiu, Katowicach i Poznaniu przez osiem lat – wartości średniej defoliacji drzew utrzymywały się powyżej średniej krajowej. W latach 2020-2023 oraz 2025 w RDLP w Krośnie oraz w 2022 roku w Poznaniu wartości średniej defoliacji były najniższe w porównaniu z kondycją drzew w pozostałych rdLP. W latach 2016 i 2017 w RDLP w Poznaniu

oraz w roku 2020 w RDLP w Warszawie wartości te były najwyższe w porównaniu z pozostałymi rdLP.

Podsumowując: Najlepszą kondycją drzew w lasach w porównaniu z innymi rdLP charakteryzowały się: RDLP w Szczecinku – w latach 2017-2019, RDLP w Krośnie w latach 2020-2021 i 2023-2024, RDLP w Szczecinie w 2016 roku oraz RDLP w Poznaniu w 2022 roku. Najgorszą kondycją drzew w lasach w porównaniu z innymi rdLP charakteryzowały się: RDLP w Katowicach – w latach 2023-2024, RDLP w Warszawie – w roku 2020, RDLP w Poznaniu – w latach 2016-2017, RDLP we Wrocławiu – w latach 2018-2019, RDLP Lublinie – w latach 2021-2022 oraz RDLP Kraków w 2025.

Zmienność kondycji drzew w lasach regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w kolejnych latach dziesięciolecia, wyrażona zmianą wartości średniej defoliacji o 1 punkt procentowy i więcej (ryc. 4.5) oraz trendy według testu Manna-Kendalla przedstawiają się następująco:

- w RDLP w Białymstoku: brak zmian według zadanego kryterium, trend malejący ($CV = 0,04$; $S = -34$; $CF = 1$),
- w RDLP w Katowicach: poprawa kondycji w latach 2020, 2021, pogorszenie – w latach 2017, 2019 i 2023, trend stabilny ($CV = 0,07$; $S = -10$; $CF = 0,78$),
- w RDLP w Krakowie: poprawa kondycji w latach 2021, 2022 i 2024, pogorszenie – w latach 2020, 2023 i 2025, brak trendu ($CV = 0,09$; $S = 6$; $CF = 0,67$),
- w RDLP w Krośnie: poprawa kondycji w latach 2020, 2021 i 2025, pogorszenie – w roku 2022, trend malejący ($CV = 0,14$; $S = -39$; $CF > 0,99$),
- w RDLP w Lublinie: poprawa kondycji 2023 roku, pogorszenie – w 2019 roku, trend stabilny ($CV = 0,05$; $S = -4$; $CF = 0,6$),
- w RDLP w Łodzi: poprawa kondycji w 2021 roku, pogorszenie – w latach 2020 i 2025, trend stabilny ($CV = 0,05$; $S = -14$; $CF = 0,87$),
- w RDLP w Olsztynie: poprawa kondycji w 2018 i 2025 roku, trend stabilny ($CV = 0,03$; $S = -2$; $CF = 0,53$),
- w RDLP w Pile: poprawa kondycji w latach 2017, 2022 i 2024, pogorszenie – w latach 2019, 2021, 2023 i 2025, trend stabilny ($CV = 0,09$; $S = -9$; $CF = 0,76$),
- w RDLP w Poznaniu: poprawa kondycji w latach 2018, 2020, 2022, 2024-2025, pogorszenie – w latach 2017, 2019 i 2023, trend malejący ($CV = 0,12$; $S = -28$; $CF = 0,99$),
- w RDLP w Szczecinie: poprawa kondycji w 2021 i 2025 roku, pogorszenie – w latach 2017, 2018 i 2019, trend prawdopodobnie rosnący ($CV = 0,07$; $S = 16$; $CF = 0,91$),

- w RDLP w Szczecinku: poprawa kondycji w latach 2017, 2023, pogorszenie – w latach 2016 i 2021 oraz 2025, brak trendu (CV = 0,07; S = 14; CF = 0,87),
- w RDLP w Toruniu: poprawa kondycji w latach 2018, 2021, pogorszenie – w latach 2019, 2023, trend prawdopodobnie malejący (CV = 0,03; S = -16; CF = 0,91),
- w RDLP we Wrocławiu: poprawa kondycji w latach 2020, 2022 i 2024-2025, pogorszenie – w latach 2019 i 2023, trend malejący (CV = 0,12; S = -25; CF = 0,99),
- w RDLP w Zielonej Górze: poprawa kondycji w latach 2018, 2020, 2022, 2024, pogorszenie – w latach 2017, 2019, 2023, trend stabilny (CV = 0,14; S = -15; CF = 0,89),
- w RDLP w Gdańsku: pogorszenie – w 2024 roku, brak trendu (CV = 0,02; S = 3; CF = 0,57),
- w RDLP w Radomiu: poprawa kondycji w latach 2021, 2023, pogorszenie – w 2020 roku, trend malejący (CV = 0,06; S = -29; CF = 1),
- w RDLP w Warszawie: poprawa kondycji w latach 2017, 2021, 2022, pogorszenie – w roku 2020, trend malejący (CV = 0,07; S = -28; CF = 0,99).

Kondycja zdrowotna drzew (gatunki razem) w dziesięcioleciu w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Stan zdrowotny drzew w lasach krain przyrodniczo-leśnych zarejestrowany pod koniec 10-lecia (w 2025 roku) porównano ze stanem początkowym (w 2016 roku). Niewielka poprawa kondycji drzew (obniżenie średniej defoliacji o 0,8 do 3,7 p.p.) wystąpiła w lasach wszystkich krain poza Bałtycką, gdzie nastąpił wzrost średniej defoliacji o 1,0 p.p. (tab. 4.7, ryc. 4.6).

Dobłą, względnie stabilną kondycją, pozostającą stale poniżej średniej krajowej, charakteryzowały się drzewa w lasach krain: **Bałtyckiej** (w latach 2016-2020 i 2023 kondycja drzew najlepsza na tle innych krain) i **Karpackiej** (w latach 2021-2022 i 2024 kondycja drzew najlepsza na tle innych krain). Również wyrównaną kondycją, ale gorszą, pozostającą zwykle powyżej średniej krajowej (z wyjątkiem lat 2021 i 2023, gdy średnia defoliacja była nieco niższa od średniej krajowej) charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy **Małopolskiej**.

Najbardziej stabilną, utrzymującą średni poziom, kondycją drzew w lasach charakteryzowała się Kraina **Mazursko-Podlaska**. Różnica między wartością minimalną i maksymalną średniej defoliacji była najniższa wśród krain, równa 1,8 punktu procentowego. W ciągu całego dziesięciolecia średnia defoliacja drzew w lasach tej krainy przyjmowała wartości zbliżone do średniej krajowej z wyjątkiem lat 2019-2020, w których była niższa.

W lasach Krainy **Wielkopolsko-Pomorskiej** dobrą oraz umiarkowanie dobrą kondycję drzew notowano w latach 2016-2018 oraz w latach 2022-2025, natomiast gorszą – w latach 2019-

2021. W ciągu całego dziesięciolecia średnia defoliacja drzew w lasach tej krainy przyjmowała wartości zbliżone do średniej krajowej.

Oslabioną, względnie wyrównaną kondycją zdrowotną, pozostającą stale powyżej średniej krajowej, charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy **Mazowiecko-Podlaskiej**. W latach 2020-2022 oraz 2025 kondycja drzew w lasach tej krainy była najgorsza na tle innych krain.

Oslabioną, ale też bardziej zróżnicowaną kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy **Sudeckiej**. W latach 2023-2024 kondycja drzew w lasach tej krainy była najgorsza na tle innych krain. Jedynie w latach 2020, 2022 i 2025 średnia defoliacja drzew była niższa od średniej krajowej.

Najslabszą oraz najbardziej zróżnicowaną kondycją zdrowotną, utrzymującą się stale powyżej średniej krajowej (poza rokiem 2025), charakteryzowały się drzewa w lasach **Krainy Śląskiej**. Różnica między wartością minimalną i maksymalną średniej defoliacji była najwyższa wśród krain, równa 10 punktom procentowym. W latach 2016-2019 kondycja drzew w lasach tej krainy była najgorsza na tle innych krain (tab. 4.7, ryc. 4.6).

Podsumowując: najlepszą kondycją drzew w lasach w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się: Kraina Bałtycka – w latach 2016-2020 i 2023 oraz Kraina Karpacka – w latach 2021-2022 i 2024. W ciągu całego dziesięciolecia średnia defoliacja drzew w lasach tych dwóch krain przyjmowała wartości niższe od średniej krajowej. Najgorszą kondycją drzew w lasach w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się: Kraina Mazowiecko-Podlaska – w latach 2020-2022 i 2025, Kraina Śląska – w latach 2016-2019 oraz Kraina Sudecka – w latach 2023-2024. W ciągu całego dziesięciolecia (z wyjątkiem lat 2020 i 2022 w Krainie Sudeckiej i roku 2025 w krainie Śląskiej) średnia defoliacja drzew w lasach tych trzech krain przyjmowała wartości wyższe od średniej krajowej.

Zmienność kondycji drzew w lasach krain przyrodniczo-leśnych w kolejnych latach dziesięciolecia, wyrażona zmianą wartości średniej defoliacji o 1 punkt procentowy i więcej (ryc. 4.6) oraz trendy według testu Manna-Kendalla przedstawiają się następująco:

w Krainie Bałtyckiej: pogorszenie kondycji – w roku 2019, trend rosnący ($CV = 0,03$; $S = 22$; $CF = 0,97$),

w Krainie Mazursko-Podlaskiej: poprawa kondycji w 2018 roku, trend prawdopodobnie malejący ($CV = 0,03$; $S = -17$; $CF = 0,92$),

w Krainie Wielkopolsko–Pomorskiej: poprawa kondycji w 2022 roku, pogorszenie – w latach 2019 i 2023, trend prawdopodobnie malejący ($CV = 0,06$; $S = -19$; $CF = 0,95$),

w Krainie Mazowiecko–Podlaskiej: poprawa kondycji w 2021 roku, pogorszenie – w 2020 roku, trend stabilny ($CV = 0,04$; $S = -12$; $CF = 0,83$),

w Krainie Śląskiej: poprawa kondycji w latach 2020, 2021, 2022 i 2024-2025, pogorszenie – w latach 2019 i 2023, trend malejący ($CV = 0,11$; $S = -22$; $CF = 0,97$),

w Krainie Małopolskiej: poprawa kondycji w 2021 roku, trend malejący ($CV = 0,05$; $S = -30$; $CF = 1$),

w Krainie Sudeckiej: poprawa kondycji w latach 2020, 2022 i 2025, pogorszenie – w latach 2019 i 2023, trend prawdopodobnie malejący ($CV = 0,08$; $S = -18$; $CF = 0,93$),

w Krainie Karpackiej: poprawa kondycji w latach 2018, 2021 i 2024 pogorszenie – w latach 2023 i 2025, trend prawdopodobnie malejący ($CV = 0,05$; $S = -19$; $CF = 0,95$),

Zmienność kondycji zdrowotnej drzew (gatunki razem) w kolejnych latach dziesięciolecia

Porównanie kondycji drzew w lasach w kolejnych latach dziesięciolecia (w rdLP i w krainach przyrodniczo-leśnych), wyrażona zmianą wartości średniej defoliacji o 1 punkt procentowy i więcej (ryc. 4.5 i 4.6) przedstawiała się następująco:

w 2017 roku – pojawiły się zmiany, których nie widać w układzie krain przyrodniczo-leśnych (zmiany śr. def. nie przekraczają 1 p.p.), natomiast w układzie rdLP: w 3 rdLP (w Pile, Szczecinku i Warszawie) nastąpiła poprawa kondycji drzew, a w 4 innych rdLP (w Katowicach, Poznaniu, Szczecinie i Zielonej Górze) – pogorszenie,

w 2018 roku – poprawa kondycji drzew w dwóch krainach (Mazursko-Podlaskiej i Karpackiej) i w czterech rdLP (w Olsztynie, Poznaniu, Toruniu, Zielonej Górze), pogorszenie – w RDLP w Szczecinie,

w 2019 roku – pogorszenie kondycji drzew na niemal połowie terytorium kraju: w czterech krainach (największe w Krainie Śląskiej) i w ośmiu rdLP (największe w rdLP w Zielonej Górze i we Wrocławiu),

w 2020 roku – znaczna poprawa kondycji drzew w krainach: Śląskiej i Sudeckiej, pogorszenie – w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej; w układzie rdLP: w pięciu rdLP nastąpiła poprawa

(największa w RDLP w Zielonej Górze i we Wrocławiu), a w czterech innych rdLP – pogorszenie,

w 2021 roku – poprawa kondycji drzew na niemal połowie terytorium kraju (w czterech krainach oraz w ośmiu rdLP), pogorszenie – w dwóch rdLP (w Pile i Szczecinku)

w 2022 roku – poprawa kondycji drzew na niemal połowie terytorium kraju: w trzech krainach i w sześciu rdLP (największa w rdLP w Pile i w Poznaniu), pogorszenie – w RDLP w Krośnie,

w 2023 roku – pogorszenie kondycji drzew na niemal połowie terytorium kraju: w czterech krainach (największe w Krainie Sudeckiej) i w siedmiu rdLP (największe w rdLP w Poznaniu, Krakowie i Katowicach),

w 2024 roku – poprawa kondycji drzew w dwóch krainach (Śląskiej i Karpackiej) i w pięciu rdLP, pogorszenie – w rdLP w Gdańsku.

w 2025 roku – poprawa kondycji drzew w dwóch krainach (Śląskiej i Sudeckiej) i w pięciu rdLP, pogorszenie w krainie Karpackiej oraz – w rdLP w Szczecinku, Krakowie oraz Łodzi.

Zróźnicowanie stanu zdrowotnego lasów pomiędzy regionami Polski (rdLP lub krainami przyrodniczo-leśnymi) w największym stopniu uzależnione było od warunków pogodowych, zwłaszcza dostępności wody, w roku poprzedzającym, zimą oraz wiosną roku bieżącego. Wskazuje na to występowanie najwyższej defoliacji w wielu regionach Polski w latach 2016 i 2019, po okresach występowania suszy w latach 2015 i 2018, oraz poprawa stanu zdrowotnego drzew w latach następujących po względnej poprawie dostępności wody dla drzew.

Tabela 4.1. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] sosny i świerka w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025

*czcionka w kolorze **niebieskim** – wyniki uzyskane z co najwyżej 30 drzew (dotyczy wszystkich tabel)

Kraina przyr.- leśna	Kl.def., śr.def.	Sosna											Świerk										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		2024	2025	Średnio	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Bałtycka	0	10.1	10.4	10.3	8.8	7.5	6.1	9.4	8.1	7.4	4.9	8.3	7.7	7.3	12.1	10.9	6.5	5.1	13.4	6.7	2.8	7.6	8.01
	1	81.2	82	82.5	81.7	82.7	82.3	82.6	84.4	85.1	86.5	83.1	71.3	72.4	71.8	69.4	75.1	72.6	54.2	73.2	81	69.7	71.07
	2–4	8.7	7.7	7.2	9.5	9.8	11.6	8	7.5	7.5	8.6	8.61	21	20.3	16.1	19.8	18.4	22.4	32.4	20.1	16.1	22.7	20.93
	Średnia	19.7	19.4	19.2	20.2	20.8	21.7	19.8	19.5	20	20.7	20.1	22.2	22.5	23	25.5	25.2	25.2	24.9	27.2	23.8	23.9	24.34
Mazursko- Podlaska	0	3.9	3	2.6	2.3	1.5	1.4	3	3.4	2.3	2.3	2.57	14.3	10.9	15.6	6.2	3.2	2.1	1.8	1.7	1	3.3	6.01
	1	80.9	82.9	85.4	89.2	89.2	87.2	85.1	82.4	84.9	85.4	85.26	62.4	67.1	66.7	75.4	82.1	85.3	88.5	86.3	87.6	80.9	78.23
	2–4	15.2	14.1	12	8.5	9.3	11.4	11.9	14.1	12.8	12.3	12.16	23.3	22	17.8	18.4	14.7	12.5	9.8	12	11.4	15.8	15.77
	Średnia	23.1	23.5	22.9	22.1	22.2	23.2	22.7	23.2	23.5	23.2	22.96	22.5	23.5	23.4	25.1	22.8	23.4	22.7	23	23.7	25.6	23.57
Wielkopolsko- Pomorska	0	3.9	6	8.2	4.5	4.2	5.8	16.6	9.2	10.8	10.5	7.97	13.7	18.1	15.1	13.2	14.9	4.6	21.3	7.4	18.5	20.3	14.71
	1	82	76.4	75.5	74.1	78.2	76.3	72.7	77	78.6	79.7	77.05	71.6	68.1	74.8	70.5	73.1	76.9	63	72.2	70.2	58.5	69.89
	2–4	14.1	17.6	16.3	21.4	17.6	17.9	10.7	13.7	10.6	9.9	14.98	14.7	13.8	10.1	16.3	11.9	18.5	15.7	20.4	11.3	21.1	15.38
	Średnia	21.9	22.4	22	23.4	22.7	22.8	19.6	21.1	20.2	19.9	21.6	21.6	20.3	19.6	20.7	20.2	22.1	20	23.1	19.6	21.1	20.83
Mazowiecko- Podlaska	0	3.6	3.5	3.5	2.3	1.4	2.6	4.6	4.3	4.8	6.4	3.7	17.9	7.1	3.2	0	0	0	2.6	3.2	0	8.8	4.28
	1	74.5	74.3	73.9	74.9	73.4	75	73.7	74.3	76.5	71.3	74.18	60.7	64.3	77.4	74.3	82.1	73.7	69.2	74.2	84.8	67.6	72.83
	2–4	21.9	22.1	22.7	22.8	25.2	22.4	21.7	21.4	18.7	22.3	22.12	21.4	28.6	19.4	25.7	17.9	26.3	28.2	22.6	15.2	23.5	22.88
	Średnia	23.8	24.2	24.4	24.8	26	24.7	24.5	24.4	23.9	24.2	24.49	20.5	28.9	26.8	26.3	23.3	27	25.9	24.7	25.2	24.4	25.3
Śląska	0	1.5	3.9	11	4.4	7.4	6.4	20.2	10.5	9.9	11.3	8.65	4.3	27.8	36.6	39.5	36.8	21.2	28.4	7.3	10.6	10.3	22.28
	1	83.7	73.4	71	59.7	75.9	82.1	72	76.2	79	79.4	75.24	74.5	58.2	48.8	55.8	44.8	67.1	48.1	61.5	75.3	80.5	61.46
	2–4	14.8	22.7	17.9	36	16.7	11.6	7.8	13.3	11.1	9.3	16.12	21.3	13.9	14.6	4.7	18.4	11.8	23.5	31.3	14.1	9.2	16.28
	Średnia	22.5	24.3	22.6	27	22.1	21.5	18.6	21.2	20.4	19.9	22.01	23.6	18.6	17.9	16.7	22.5	19.5	20.2	29.4	20.4	20.6	20.94
Małopolska	0	10.6	12.1	13.3	9.4	8.7	11.4	11	10.5	10.5	6.1	10.36	3.9	4	3.9	0	0	0	0	0	1.2	4.4	1.74
	1	67.6	66.7	65.9	71.6	71.3	72	72.5	72.6	72.4	72.9	70.55	38.2	39	33.3	41.1	36	40	41.9	42.9	52.3	48.9	41.36
	2–4	21.8	21.1	20.9	19	20	16.6	16.5	16.8	17.1	21	19.08	57.8	57	62.7	58.9	64	60	58.1	57.1	46.5	46.7	56.88
	Średnia	23	22.8	22.7	23	23.1	21.6	21.9	22.1	22.3	23.6	22.61	31.6	34.4	37.5	37.1	40.1	39.7	36.2	32.4	30	28.3	34.73
Sudecka	0	0	0	12.5	6.3	6.3	6.3	18.8	0	18.8	20	8.9	9.8	18.3	7.6	28.7	21.9	1.7	5.1	0.9	3	8.1	10.51
	1	76.9	52.9	56.3	31.3	68.8	75	81.3	68.8	56.3	73.3	64.09	72.5	60.7	70.2	37.3	63.3	79.7	75.3	61.8	71	74.4	66.62
	2–4	23.1	47.1	31.3	62.5	25	18.8	0	31.3	25	6.7	27.08	17.7	21	22.2	34	14.7	18.6	19.6	37.3	26	17.5	22.86
	Średnia	25.4	26.5	23.4	30.9	23.8	24.7	18.4	25	23.8	21.3	24.32	22.2	22	23.5	23.1	19.8	23.2	23.5	26.3	24.1	22	22.97
Karpacka	0	5.1	4.7	3.9	0.4	7.2	11.6	15.4	6.5	7.2	7.1	6.91	5.6	8.1	6.7	1.2	2.1	3.2	7.1	3.9	7.7	11.2	5.68
	1	76.5	78.6	82	83	78.3	79.6	73.6	75.2	81.1	69.2	77.71	60.5	58	66.4	72.8	62.9	59.4	47.5	38.3	61.2	49.2	57.62
	2–4	18.4	16.7	14.1	16.6	14.5	8.8	11	18.2	11.7	23.7	15.37	33.9	33.9	26.9	26	34.9	37.4	45.4	57.7	31.1	39.7	36.69
	Średnia	23.5	23.1	22.7	24.4	22.1	20	19.5	22.5	21.3	23.3	22.24	27.8	27.9	25.9	26.3	27.6	28.9	28.7	31.7	26.9	27.1	27.88
Krai	0	6	6.9	8.3	5.4	5.1	6.2	11.6	8	8.4	7.5	7.34	9.2	12	11.4	11.9	9.5	3.6	7.8	3.3	4.9	8.5	8.21
	1	77.6	75.2	74.8	75.2	77.4	77.4	75.1	77	78.4	78	76.61	65	62.4	66	63.1	68	72.3	64.9	63.1	73.5	66.5	66.48
	2–4	16.4	17.9	16.9	19.4	17.5	16.4	13.3	15	13.2	14.6	16.06	25.7	25.6	22.6	25	22.4	24	27.3	33.6	21.5	25	25.27
	Średnia	22.3	22.7	22.3	23.3	23	22.6	21.1	21.9	21.6	21.9	22.27	24.2	24.4	24.3	25	24.3	25.5	25	27.2	24.4	24.7	24.9

Tabela 4.2. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] jodły i innych iglastych w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025.

Kraina przyr.- leśna	Kl.def., śr.def.	Jodła											Inne iglaste										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Rałucka	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.1	13.7	16.4	10.5	23.4	19.5	23.1	24.2	13.2	12.4	16.85
	1	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	78.7	77.4	76.2	82.3	70.2	70.3	64.5	68	79.8	79.3	74.67
	2–4	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.2	8.9	7.4	7.3	6.5	10.2	12.4	7.8	7	8.3	8.5
	Średnia	-	-	17.5	17.5	17.5	16.3	18.8	20	20	20	18.45	19.5	19.1	18.9	19.3	17.3	18.7	19	17.6	18.8	19.3	18.75
Mazursko- Podlaska	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5	45	10	0	0	11.1	11.1	0	5.6	8.78
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90	55	85	90	77.3	83.3	83.3	94.4	83.3	84.16
	2–4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5	0	5	10	22.7	5.6	5.6	5.6	11.1	7.06
	Średnia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.2	18.5	13.8	17.3	22	24.8	20.3	19.4	22.2	20.6	19.71
Wielkopolsko- Pomorska	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.2	11.2	11.4	10.1	12.2	4.3	7.5	2.1	9.3	6.5	8.78
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.7	64	58	53.9	55.6	58.7	64.5	68.8	64.9	73.1	63.32
	2–4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.1	24.7	30.7	36	32.2	37	28	29.2	25.8	20.4	27.91
	Średnia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.9	25.1	26.1	29.7	28.8	28.9	24.7	26.1	24.4	24.7	26.14
Mazowiecko- Podlaska	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.1	29.6	29.6	7.4	32.1	10.7	26.7	33.3	20	15	22.75
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.1	66.7	66.7	81.5	50	82.1	63.3	66.7	80	77.5	70.76
	2–4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8	3.7	3.7	11.1	17.9	7.1	10	0	0	7.5	6.48
	Średnia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.7	16.9	16.5	18.7	20	20	16.8	15.5	16.3	18.6	17.6
Śląska	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.6	11.3	13.6	16	11	10	14.1	5.2	2.7	6.6	10.41
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.4	71.3	64.2	53.1	63.4	75	67.9	74	73.3	82.9	69.55
	2–4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	17.5	22.2	30.9	25.6	15	17.9	20.8	24	10.5	20.04
	Średnia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.9	22.6	22.6	25.3	27.6	22.6	22.2	25.4	25.2	20.9	23.63
Małopolska	0	8.5	10.4	8.8	15.3	11.7	16.3	23.8	25.6	22.8	26	16.92	4.2	5.7	14.3	11.8	10.5	6.5	12.4	16.5	13.5	17.5	11.29
	1	62.8	57.5	57.5	56.6	60.2	63.4	58.6	57.5	64.4	56.2	59.47	79.2	69.8	73.6	74.2	81.1	83.9	74.2	73.2	77.1	73.2	75.95
	2–4	28.7	32.1	33.7	28.1	28.1	20.3	17.6	16.9	12.8	17.8	23.61	16.7	24.5	12.1	14	8.4	9.7	13.4	10.3	9.4	9.3	12.78
	Średnia	25.8	26.2	27.6	24.7	24.5	22.6	20.6	19.9	19.7	19.9	23.15	22.3	23.4	20.1	20.9	20.7	20.4	20.6	22.1	21	18.9	21.04
Sudecka	0	23.1	30	30	10	16.7	16.7	0	0	0	0	12.65	2.2	4.3	4.4	28.6	5.1	0	7.3	0	0	2.3	5.42
	1	61.5	60	70	40	33.3	66.7	85.7	28.6	28.6	42.9	51.73	76.1	60.9	55.6	19	84.6	82.9	80.5	81	71.1	79.5	69.12
	2–4	15.4	10	0	50	50	16.7	14.3	71.4	71.4	57.1	35.63	21.7	34.8	40	52.4	10.3	17.1	12.2	19	28.9	18.2	25.46
	Średnia	23.8	18.5	19	27	25.8	23.3	20.7	36.4	35.7	30	26.02	25.1	26	26.1	24.5	20.8	22.3	20.6	22.1	25	24.9	23.74
Karpacka	0	18	23.6	27.8	12.2	20.2	22.7	26.5	21.1	29.4	18.1	21.96	1.2	2.2	8.8	11.5	22.4	21.6	17.7	16.8	8.8	10.7	12.17
	1	67	62.4	60.4	79.2	74.3	69.6	65.4	69.5	62.8	62	67.26	75.3	75.8	79.6	78.8	63.8	66.4	61.9	64.8	76	72.1	71.45
	2–4	15	14.1	11.8	8.6	5.5	7.8	8.2	9.4	7.8	19.9	10.81	23.5	22	11.5	9.7	13.8	12.1	20.4	18.4	15.2	17.2	16.38
	Średnia	20	19.4	18.6	18.6	18.2	17.4	17.6	18.6	16.9	20.7	18.6	24.9	24.9	20.8	19.5	20	18.5	21.7	21.6	21.9	21.7	21.55
Krai	0	16.3	21.2	24.2	12.7	18.6	21.4	25.7	21.8	27.9	19.4	20.92	9	9.8	14.1	12.7	16.2	11.8	15.4	14	9.7	10.5	12.32
	1	66.1	61.4	60.1	74.7	71.6	68.5	64.4	67.1	63	60.9	65.78	76.4	71.7	69.3	67.6	68.2	72.2	67.7	70.3	75.4	76.4	71.52
	2–4	17.5	17.4	15.7	12.6	9.8	10.1	9.9	11.1	9.1	19.7	13.29	14.6	18.5	16.5	19.7	15.7	16	16.9	15.7	14.9	13.1	16.16
	Średnia	21.1	20.7	20.3	19.8	19.4	18.4	18.2	19	17.6	20.6	19.51	21.8	22.5	21.3	22.2	22.1	21.5	21.2	21.7	21.7	21.1	21.71

Tabela 4.3. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] buka i dęba w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025.

Kraina przyr.- leśna	Kl.def., śr.def.	Buk											Dab										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Bałtycka	0	19.6	27.8	30.1	23.9	25.2	24.9	24.8	27.9	20.6	18.7	24.35	5.6	5.2	30.1	6.3	3.3	8	5.5	4.4	3.2	6.5	7.81
	1	75.2	69.3	66.9	65.4	65.5	67	50.9	64.1	71.9	72.7	66.89	69.2	71	66.9	65.6	74	74.7	67.4	70.5	77.4	66.7	70.34
	2–4	5.2	2.9	3	10.7	9.3	8.1	24.2	8	7.5	8.6	8.75	25.2	23.9	3	28.1	22.7	17.3	27	25.1	19.4	26.8	21.85
	Średnia	17.3	15.8	15.7	18.5	18.1	18	21.2	18.4	18.1	19.6	18.07	23.5	23.1	15.7	25.2	24.6	22.3	23.9	23.6	23.4	23.5	22.88
Mazursko- Podlaska	0	50	30	80	40	50	40	35.7	92.9	0	33.3	45.19	0.5	0.5	80	1.5	0.5	2.2	1.7	1.6	1.6	5.6	9.57
	1	50	70	20	60	50	60	64.3	7.1	100	66.7	54.81	62.8	73.6	20	88.8	82.2	85.5	88	93	91.5	88	77.34
	2–4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.7	25.9	0	9.8	17.3	12.3	10.4	5.3	6.9	6.4	13.1
	Średnia	12.5	15.5	10.5	12.5	14.5	14	13.9	9.3	17.5	15	13.52	26.4	25.1	10.5	22.5	23.5	23.3	22.2	21.1	21.5	21.1	21.72
Wielkopolsko- Pomorska	0	9.9	21.3	25.4	33.3	18.6	17.2	32.9	19.6	12.9	20.6	21.17	2.1	4.6	25.4	3.2	0.8	2.3	8.7	1.8	1.3	2.6	5.28
	1	79	75.6	68.3	56.7	75.2	79.5	53.3	76.5	82.8	70.9	71.78	68.6	56.9	68.3	45.5	54.5	53.6	65.1	63.4	65	71.8	61.27
	2–4	11.1	3.1	6.3	9.9	6.2	3.3	13.8	3.9	4.3	8.5	7.04	29.3	38.4	6.3	51.3	44.7	44	26.3	34.9	33.7	25.5	33.44
	Średnia	19.6	16.1	16.6	17.3	18.1	17.6	18.2	16.7	18.3	19.5	17.8	26.1	27	16.6	31.3	30.6	29.6	24.6	27.3	26.7	24.8	26.46
Mazowiecko- Podlaska	0	0	50	66.7	33.3	33.3	100	100	100	100	0	58.33	4.3	3.2	66.7	0.9	2.7	2	0.5	1.5	3.6	4.8	9.02
	1	100	50	33.3	66.7	66.7	0	0	0	0	100	41.67	63.7	64.3	33.3	53.2	44	60.3	67.8	75.2	76.7	71	60.95
	2–4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32.4	0	45.9	53.3	37.7	31.8	23.3	19.7	24.2	30.03
	Średnia	17.5	12.5	10	15	15	8.3	10	10	10	15	12.33	25.3	25.3	10	27.9	30.4	26.4	25.5	23.7	23	23.3	24.08
Śląska	0	15.2	19.2	16.5	26	30.8	35.1	13.9	28.8	13.4	30.1	22.9	1.2	4.2	16.5	0.4	1.2	2.5	4.7	1.3	2.4	5.7	4.01
	1	78.3	69.2	62	33.8	48.7	50.6	76.4	49.3	67.1	50.6	58.6	60.7	53.8	62	9.2	37.3	56.1	55.8	49.2	51.4	67.1	50.26
	2–4	6.5	11.5	21.5	40.3	20.5	14.3	9.7	21.9	19.5	19.3	18.5	38.1	42	21.5	90.4	61.5	41.4	39.5	49.5	46.2	27.2	45.73
	Średnia	19.9	19.9	20.4	23.9	20.1	18.2	19.9	21.6	21.9	18.9	20.47	26.7	26.7	20.4	43.9	33.2	28.7	26.8	29.9	28.1	24.2	28.86
Małopolska	0	37.9	47.1	32.5	14.5	25	51.3	51.1	40.3	56.5	48.3	40.45	5.4	3.9	32.5	3.9	3.6	6.7	9.4	8.2	9.3	14.4	9.73
	1	53.2	44.3	59.6	70.5	62.5	42.3	44.2	54.2	40.2	45	51.6	59.2	55.6	59.6	57.4	57.9	64.3	65.2	64.8	68.6	58.6	61.12
	2–4	8.9	8.6	7.9	15	12.5	6.4	4.7	5.5	3.3	6.7	7.95	35.4	40.6	7.9	38.8	38.5	29	25.4	27	22.1	27	29.17
	Średnia	17.1	16.2	17.1	19.2	18.6	14.6	14.5	14.4	13.8	14.4	15.99	26	27	17.1	27.3	26.5	24.8	23.6	23.8	23.1	23.2	24.24
Sudecka	0	28.3	43.5	27.7	36.6	50	24.4	48.8	29.8	17	43.8	34.99	0	0	27.7	0.9	0	0	8.1	3.6	4.5	5.6	5.04
	1	54.3	41.3	57.4	46.3	41.2	65.9	48.8	57.4	72.3	56.3	54.12	56.6	51	57.4	26.2	49.5	71.6	83.8	75.7	64.5	75.9	61.22
	2–4	17.4	15.2	14.9	17.1	8.8	9.8	2.3	12.8	10.6	0	10.89	43.4	49	14.9	72.9	50.5	28.4	8.1	20.7	30.9	18.5	33.73
	Średnia	20.5	19.1	21.9	18.2	14.9	17.8	13.1	17.4	18.6	14.1	17.56	27.8	28.7	21.9	39.1	29	24.8	19.5	23.1	24.5	22	26.04
Karpacka	0	25.2	34.8	26.4	11.3	10.1	25.1	39.5	22.3	53.2	46	29.39	0.7	2.3	26.4	0.8	0.8	0.8	7.9	0.8	7.3	7.2	5.5
	1	63.5	55.6	66.1	83.3	78.5	67.5	56.3	74.1	44.9	46.4	63.62	60.1	55.8	66.1	75.6	83.2	84	69	60.6	75	44	67.34
	2–4	11.2	9.6	7.5	5.4	11.4	7.3	4.2	3.6	2	7.6	6.98	39.1	41.9	7.5	23.6	16	15.2	23	38.6	17.7	48.8	27.14
	Średnia	17.9	17.2	17.1	17.9	20.7	16.9	15.2	16.2	13	14.8	16.69	26.5	26.6	17.1	25.4	23.2	23.4	21.5	27	21.2	28.1	24
Krai	0	24.3	32.7	28.2	18.7	19.2	28.5	35.2	27.2	37.1	35	28.61	3.4	3.8	4.4	2.9	2.2	4.2	6.3	3.8	4.5	7.5	4.3
	1	66.9	60.2	64.9	70.9	70	64.1	53.5	66.6	57.9	56.9	63.19	63.4	60	59.3	50.8	57.3	64.6	66.7	66.5	69.5	67.1	62.52
	2–4	8.8	7.1	6.9	10.4	10.8	7.4	11.3	6.2	5	8.1	8.2	33.2	36.2	36.3	46.3	40.6	31.2	27	29.7	26	25.4	33.19
	Średnia	17.8	16.7	16.9	18.5	19.3	17	17.3	16.8	15.7	16.8	17.28	25.7	26.1	26	30.1	28.2	25.9	24.2	25.2	24.3	23.7	25.94

Tabela 4.4. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] brzozy i olszy w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025.

Kraina przyr.-leśna	Kl.def., śr.def.	Brzoza											Olsza										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Bałtycka	0	8.7	12.8	12.6	16.1	9	11.4	10.9	6.3	4.5	6.4	9.87	11.9	11.8	21.5	22.5	25.1	23.7	25.7	21.6	10	13.8	18.76
	1	77.7	78	76.9	75.5	80.4	75.9	68	81.6	86.1	77.7	77.78	76.4	77.7	68.8	66	62.9	63.5	53.5	64.7	77.7	74.9	68.61
	2–4	13.6	9.2	10.5	8.4	10.6	12.7	21.1	12.1	9.4	15.9	12.35	11.7	10.5	9.7	11.5	12	12.8	20.7	13.7	12.4	11.3	12.63
	Średnia	20.5	19.3	19.7	19.4	21.3	21.7	22.4	21.1	21.1	22.3	20.88	20	19.5	18.5	18.5	18.6	19	21.2	20	21.6	20.7	19.76
Mazursko-Podlaska	0	3.7	4.6	4.4	9.8	6.3	5.7	10.5	9.4	6.2	8.4	6.9	16.5	11.2	20.4	17.4	13.8	10.8	24.2	26.3	26.9	33	20.05
	1	54.2	63.4	73.7	78.3	81.5	81.4	75.2	79.3	85	82.8	75.48	73.2	80.3	72.1	78.9	82.8	85.3	69.3	69	69.9	63.4	74.42
	2–4	42.1	31.9	21.9	11.9	12.3	12.9	14.2	11.4	8.8	8.8	17.62	10.3	8.5	7.6	3.7	3.4	3.9	6.6	4.7	3.2	3.6	5.55
	Średnia	29	26.7	24.4	21.9	21.8	22.4	22.3	21.6	20.9	21	23.2	19.5	20.4	19.5	17.3	18.3	18.5	18.3	17.2	17.2	16.5	18.27
Wielkopolsko-Pomorska	0	4.7	8.2	11	12.4	6.7	11.2	21.5	8.8	7.4	11.1	10.3	7.3	21.3	32.9	25.9	25.6	25.8	43.5	19.2	20.9	28.2	25.06
	1	62.7	65.4	64.5	68	69	69.7	64.3	74.5	78.9	75.1	69.21	87.5	70.7	61.1	64.8	69.1	62.9	51	72.4	74.1	67.1	68.07
	2–4	32.6	26.3	24.5	19.6	24.2	19.1	14.2	16.7	13.7	13.8	20.47	5.3	7.9	6	9.3	5.3	11.3	5.4	8.4	5.1	4.6	6.86
	Średnia	26	24	23.8	23.2	25.5	22.1	20.5	22.7	22	21.3	23.11	19.4	18.7	16.2	17.7	16.4	17.6	15.2	17.9	17	16.2	17.23
Mazowiecko-Podlaska	0	9.8	7.1	6.3	5.6	2.7	5.7	4.8	6.2	7.9	14.9	7.1	14.6	12.7	16.7	13.2	17.2	17.9	16.8	23.5	30.8	24.6	18.8
	1	64.3	70.2	74.6	74.4	63	71.9	71.6	77.5	77.7	67.3	71.25	70.9	76.6	73	78.7	72.6	72	72.9	70.5	64.1	66.6	71.79
	2–4	25.9	22.7	19.2	20	34.2	22.4	23.7	16.3	14.4	17.7	21.65	14.4	10.7	10.3	8.1	10.2	10	10.3	6	5.1	8.8	9.39
	Średnia	24.3	24.4	23.5	23.4	27	24.4	24.3	22.6	22.5	22.3	23.87	21.8	20.2	20.2	19.3	20.5	20.5	19.5	17.7	15.9	18.2	19.38
Śląska	0	3.4	8.2	7.8	1.9	3.5	9	11.8	3.2	1.5	11.9	6.22	7.2	20.4	19.1	22.7	29.5	7.4	19.4	13.1	10.3	24.3	17.34
	1	53	46.9	47.9	36.2	53.9	69.4	67.1	65.7	69.7	72.8	58.26	76	58.5	65.8	42.9	58.2	81.9	71.8	77.7	82.8	69.9	68.55
	2–4	43.6	44.9	44.4	61.8	42.6	21.6	21	31.1	28.7	15.3	35.5	16.8	21.1	15.1	34.4	12.3	10.7	8.8	9.1	6.9	5.8	14.1
	Średnia	28.3	29.8	30.8	35.5	29.6	24.7	23.4	27.3	26.5	21.5	27.74	20.9	20.6	20	23.4	18.1	19.6	18.3	20.1	19.3	17.1	19.74
Małopolska	0	3.4	3.6	5.2	3.3	2.8	10.1	12.1	12.2	15.2	27.4	9.53	15.2	14.3	20.3	17	16.5	21.1	14	18.1	22.6	27.9	18.7
	1	52.4	54.8	62.9	67	71	73	73.3	72.3	70.5	59.7	65.69	65	62.9	61	68.8	74	68.1	73	68.6	67.3	54.1	66.28
	2–4	44.2	41.6	32	29.7	26.2	16.9	14.6	15.5	14.3	12.9	24.79	19.7	22.8	18.7	14.2	9.5	10.8	13	13.3	10.1	18	15.01
	Średnia	28.4	28.4	26.2	26.1	25.4	22.1	21.4	21.6	21	19.2	23.98	22.2	23.7	22.1	20.8	19.8	19.9	20.8	21.2	19.9	20.8	21.12
Sudecka	0	3.5	0	16	1.9	4.3	2	26.1	4.5	1.5	29.9	8.97	0	6.7	38.9	11.1	15.8	10.5	15	10	30	25	16.3
	1	84.2	76	68	46.2	66	90	69.6	74.6	82.1	70.1	72.68	57.9	40	11.1	61.1	78.9	78.9	85	85	65	75	63.79
	2–4	12.3	24	16	51.9	29.8	8	4.3	20.9	16.4	0	18.36	42.1	53.3	50	27.8	5.3	10.5	0	5	5	0	19.9
	Średnia	21.5	22.9	21.9	30.1	24	21.5	17.8	24.9	22.2	14.8	22.16	26.6	28.3	22.8	23.1	18.4	19.2	15.5	17.8	16.8	16.5	20.5
Karpacka	0	5.2	6.6	11.8	0.8	0.8	4.2	1.7	0.8	2.4	8.2	4.25	11	3.9	3.1	3.9	12.6	6	7.1	3.5	14.2	5.4	7.07
	1	71.3	57.9	78	87.5	82.5	85	80.2	73.3	82.9	60.7	75.93	52.5	53.1	62.8	75	65.4	70.9	66.4	78.8	77.9	76.6	67.94
	2–4	23.5	35.5	10.2	11.7	16.7	10.8	18.2	25.8	14.6	31.1	19.81	36.4	43	34.1	21.1	22	23.1	26.5	17.7	8	18	24.99
	Średnia	23.8	27.8	19.1	23.5	23.2	22.3	24	26.3	23.2	25	23.82	28.2	30.9	28.4	26.4	24.8	24.9	26.7	23.5	19.4	22.8	25.6
Krai	0	6.3	7.3	8	8.1	4.9	8.6	11.3	7.8	7.8	14.6	8.47	13	13.8	21.1	18.3	19.4	17.9	23.7	21.1	21.9	25	19.52
	1	63	65	68.9	69.6	70.7	74	70.6	75.8	78.3	70.8	70.67	73.4	72.9	67.5	71	71.9	72.1	65	70	71.4	66.5	70.17
	2–4	30.7	27.6	23.1	22.3	24.3	17.4	18.2	16.4	13.9	14.6	20.85	13.6	13.3	11.4	10.7	8.7	9.9	11.2	8.9	6.7	8.6	10.3
	Średnia	25.3	25	24	24.1	24.9	22.8	22.4	22.5	22	21.2	23.42	20.9	20.8	19.7	19.2	19	19.4	19.2	18.8	18.2	18.3	19.35

Tabela 4.5. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] innych liściastych w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025.

Kraina przyr.- leśna	Kl.def., śr.def.	Inne liściaste										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Bałtycka	0	18.9	28.3	35.9	23.8	35.6	35.2	30	29	19.7	23.2	27.96
	1	65.9	59	58.1	62.3	52.3	50.5	46.9	51.6	63.7	60.1	57.04
	2–4	15.2	12.7	6	13.8	12.1	14.3	23.1	19.4	16.6	16.7	14.99
	Średnia	21.4	19.7	17.2	20.4	18.6	18.9	23	20.9	21.2	19.9	20.12
Mazursko- Podlaska	0	24.3	22.2	25.1	21.5	15.9	22.9	33.8	36.7	34.8	40.9	27.81
	1	59.8	60.5	64.8	69.4	73.4	68.4	57.1	55.6	56.8	49.1	61.49
	2–4	15.9	17.3	10.1	9	10.7	8.7	9.1	7.7	8.4	10	10.69
	Średnia	19.4	20.4	18.8	19.1	19.9	19.7	18.8	17.7	18.7	18.5	19.1
Wielkopolsko- Pomorska	0	18.5	28.4	22.3	14.2	13	18.8	26.4	10	8.7	18.6	17.89
	1	58.5	51.2	54.9	59.8	61.6	52.6	54.8	60.4	64	59.3	57.71
	2–4	22.9	20.4	22.9	25.9	25.4	28.6	18.7	29.6	27.2	22.2	24.38
	Średnia	23.1	21	21.6	23.4	23.4	23.9	20	25	23.7	22.2	22.73
Mazowiecko- Podlaska	0	16.6	12.3	14.6	13.2	15.5	15.3	21.8	22.8	29	34.8	19.59
	1	63.8	63.9	62.1	64.6	53.2	61.9	59.8	56.6	56.3	52.3	59.45
	2–4	19.6	23.8	23.4	22.1	31.3	22.8	18.4	20.6	14.7	12.9	20.96
	Średnia	21.8	23.5	23.4	23.1	25.8	24.6	22.9	22.8	19.7	18.6	22.62
Śląska	0	6.1	15.6	9.9	6	19.3	14.3	16.9	7.8	4.7	13.7	11.43
	1	56	49.1	48.3	36.4	48.3	57.8	57.1	63.5	75	69.7	56.12
	2–4	37.9	35.3	41.8	57.7	32.4	28	25.9	28.7	20.3	16.7	32.47
	Średnia	27.7	26.2	30.1	36.1	28.4	26.7	24.7	24.6	23.5	22.3	27.03
Małopolska	0	24.8	23.5	22.9	17.5	12.6	25.6	30.3	32.3	38.8	31.3	25.96
	1	52	50	56.4	62.8	68.5	58.3	54.6	53.1	48.4	52.6	55.67
	2–4	23.3	26.5	20.6	19.7	18.9	16	15	14.6	12.8	16	18.34
	Średnia	23.2	24	22.4	22.7	22.5	20.8	19.7	18.9	18.2	19.3	21.17
Sudecka	0	3.8	13.2	22.9	20.9	17.1	7.9	27.5	13.2	10	35.1	17.16
	1	62.1	54.7	50.3	45.9	52	76.2	61.3	64.8	74.4	49.4	59.11
	2–4	34.1	32.1	26.9	33.1	30.9	15.9	11.3	22	15.6	15.5	23.74
	Średnia	26.5	25.6	24	27.4	24.7	23.2	18.7	22.2	21.9	19	23.32
Karpacka	0	22.4	29.2	26	14.9	15.6	25.1	29.7	13.5	31.4	29.6	23.74
	1	62.3	58.2	63.4	76.5	73.1	63.9	60.6	74.2	58.9	51.2	64.23
	2–4	15.3	12.6	10.5	8.6	11.3	11	9.7	12.3	9.7	19.2	12.02
	Średnia	20.4	19.4	18.8	19.3	19.8	18.6	18.1	21.1	18.2	21	19.47
Krai	0	18.7	23.3	22.7	15.9	17.1	22.3	27.8	21.1	25.4	28.5	22.28
	1	59.7	55.5	58.2	62.6	63.2	60.3	56.6	60.9	59.8	54.9	59.17
	2–4	21.7	21.2	19.1	21.4	19.7	17.4	15.6	18	14.8	16.6	18.55
	Średnia	22.5	22	21.6	23.2	22.4	21.5	20.3	21.3	20.1	20.2	21.51

Tabela 4.6. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] iglastych i liściastych razem w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025.

Kraina przyr.- leśna	Kl. def., śr. def.	Iglaste razem											Liściaste razem										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Bałtycka	0	10	10.2	10.7	9	8.1	6.6	10.2	8.7	7.3	5.4	8.62	11.8	15.9	19.1	17.6	16.9	18.4	17.4	15.6	10.2	12.2	15.51
	1	80.4	80.9	81.4	80.7	81.6	81	79.9	82.9	84.6	85.1	81.85	74	72.8	70.1	68.4	69.9	68.6	59.5	69.1	77.2	71.8	70.14
	2–4	9.6	8.8	7.9	10.2	10.4	12.4	9.9	8.4	8.1	9.5	9.52	14.2	11.3	10.8	14	13.2	13	23.1	15.3	12.6	16	14.35
	Średnia	19.9	19.7	19.5	20.6	21	21.8	20.2	20	20.3	20.8	20.38	20.5	19.4	19	20.3	20.6	20.3	22.3	20.9	21.1	21.4	20.58
Mazursko- Podlaska	0	5.6	4.2	5	3	1.8	1.5	2.8	3.2	2.1	2.5	3.17	12.4	9.8	14.5	13.9	10.4	10.3	19.1	20.5	18.9	23.7	15.35
	1	78.1	80.5	82.1	87	88	86.8	85.6	83.1	85.4	84.7	84.13	63.7	71	71.8	78.2	80.6	81.2	71.3	72.3	75	69.8	73.49
	2–4	16.4	15.3	12.8	10	10.2	11.7	11.5	13.7	12.5	12.8	12.69	23.9	19.2	13.7	7.9	9	8.4	9.6	7.1	6.1	6.5	11.14
	Średnia	22.9	23.5	22.9	22.6	22.3	23.3	22.7	23.1	23.5	23.6	23.04	23.1	22.9	21.3	19.7	20.3	20.5	20	19	19.1	18.7	20.46
Wielkopolsko- Pomorska	0	4.2	6.2	8.3	4.8	4.5	5.8	16.6	9.1	10.9	10.6	8.1	6.9	13.8	17.1	14.4	10.7	13.4	24	10	9.2	14.3	13.38
	1	81.7	76.1	75.3	73.8	77.8	76.1	72.4	76.9	78.3	79.2	76.76	68.8	62.7	60.6	59.3	64.2	61.6	59.4	68.7	71.9	69.6	64.68
	2–4	14.1	17.6	16.4	21.5	17.6	18.1	11	14	10.8	10.2	15.13	24.3	23.6	22.4	26.4	25.1	25	16.5	21.3	18.9	16.1	21.96
	Średnia	21.9	22.4	22	23.4	22.8	22.9	19.7	21.2	20.2	20	21.65	24.1	22.8	22	23.9	24.3	23.3	20.3	23	22.2	21.2	22.71
Mazowiecko- Podlaska	0	3.9	3.7	3.7	2.3	1.6	2.7	4.7	4.6	5	6.5	3.87	10.6	8.4	9.2	7.6	7.9	9.5	9.2	12.2	16.1	18	10.87
	1	74.4	74.2	73.8	74.9	73.3	75.1	73.6	74.2	76.6	71.3	74.14	65.8	69.9	70.6	70.4	60.6	68.4	69.8	72.5	71.1	66	68.51
	2–4	21.8	22.1	22.5	22.7	25.1	22.3	21.7	21.2	18.4	22.2	22	23.6	21.7	20.2	21.9	31.4	22.1	20.9	15.3	12.9	16	20.6
	Średnia	23.8	24.1	24.4	24.7	26	24.7	24.5	24.3	23.9	24.1	24.45	23.6	23.4	23.1	23.2	25.8	23.8	23	21.4	20.4	20.9	22.86
Śląska	0	2.1	5.4	12.4	6.7	9.1	7.3	20.3	10.1	9.6	11	9.4	4.4	10.5	9	6	10.7	9.1	11.3	5.9	4.3	12.5	8.37
	1	82.7	72.6	69.6	59.1	73.7	81	70.6	75.2	78.5	79.7	74.27	60.5	52.4	47.6	27.7	46.8	62.2	61.8	59.6	65.3	68.3	55.22
	2–4	15.2	22	18	34.1	17.2	11.7	9.1	14.7	11.9	9.4	16.33	35.1	37.1	43.4	66.3	42.5	28.7	26.9	34.4	30.4	19.2	36.4
	Średnia	22.6	23.9	22.4	26.4	22.4	21.4	18.9	21.8	20.6	20	22.04	26.3	26.3	28.4	36.5	28.9	25.7	24.1	26.6	25.3	22	27.01
Małopolska	0	10.3	11.8	12.9	9.5	8.7	11.3	11.4	11.2	11	7.2	10.53	12.6	12.2	11.9	8.8	8.5	16.8	18.1	17.8	22.1	25.8	15.46
	1	66.9	65.8	65	70.4	70.4	71.3	71.4	71.4	71.8	71.7	69.61	55.8	54.2	59.5	63.8	66.4	64.4	64.8	64.3	62.8	56.1	61.21
	2–4	22.8	22.3	22.1	20.1	20.9	17.4	17.2	17.4	17.3	21.1	19.86	31.7	33.6	28.7	27.4	25.1	18.8	17	17.9	15.1	18.1	23.34
	Średnia	23.3	23.2	23.2	23.3	23.4	21.9	22.1	22.2	22.3	23.4	22.83	24.9	25.6	24.5	24.6	23.9	21.8	21.1	21.1	20.4	20.3	22.82
Sudecka	0	9.1	16.4	8	27.4	19.7	1.9	5.7	0.7	3.3	7.7	9.99	5.4	11.4	18.6	14.1	13.4	6.8	23.6	10.9	8.9	27.1	14.02
	1	72.7	60.4	68.1	35.3	65.1	79.6	76.2	63.5	69.7	74.4	66.5	62.7	54.3	52.7	41.3	53.5	75.7	68.7	69.6	72.3	61.6	61.24
	2–4	18.2	23.1	23.9	37.2	15.2	18.5	18.1	35.8	27	17.9	23.49	32	34.3	28.8	44.6	33.1	17.5	7.7	19.6	18.8	11.3	24.77
	Średnia	22.6	22.5	23.7	23.6	20.1	23.2	23	26	24.3	22.5	23.15	25.5	25.4	24	29.8	24.6	22.7	18	22.1	22	18.4	23.25
Karpacka	0	10.8	13.9	15.5	6.6	13.1	15.5	18.9	13.6	18.2	13.6	13.97	19.9	26	21.6	10.7	11.1	20.8	28.7	14.7	35.4	31.8	22.07
	1	68.1	66.2	68.6	78.7	72.2	69.4	63.1	63.5	67.6	61.4	67.88	62.6	56.6	66.3	79.8	76.1	68.7	61.2	73.4	57.3	51	65.3
	2–4	21.1	19.9	15.9	14.7	14.7	15	18	22.9	14.2	25	18.14	17.6	17.4	12.2	9.5	12.8	10.6	10.1	11.9	7.4	17.3	12.68
	Średnia	23.1	22.7	21.5	21.9	21.4	20.7	20.8	22.6	20.4	22.8	21.79	20.7	20.5	19.3	20	21	18.9	18.1	20.1	16.7	19.4	19.47
Krai	0	6.7	7.9	9.3	6.3	6.2	6.8	12	8.5	9.1	8.1	8.09	11.2	13.7	14.8	11.6	11	14.3	18.4	14.2	16.5	20	14.57
	1	76.3	73.7	73.5	74.2	76.3	76.5	73.8	75.4	77.3	76.4	75.34	64.8	63.1	64.1	64.6	66.4	67.8	64	68.6	69	64.4	65.68
	2–4	17.1	18.4	17.2	19.6	17.5	16.6	14.2	16.1	13.6	15.4	16.57	24	23.3	21.1	23.8	22.6	17.9	17.6	17.2	14.5	15.7	19.77
	Średnia	22.4	22.7	22.4	23.3	22.9	22.6	21.3	22.1	21.6	22	22.33	23.2	22.9	22.4	23.7	23.4	21.9	21.2	21.5	20.7	20.5	22.14

Tabela 4.7. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] gatunków razem w układzie krain przyrodniczo-leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2016–2025.

Kraina przyr.- leśna	Kl. def., śr. def.	Gatunki razem										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Bałtycka	0	10.7	12.8	14.6	13	12.2	12.2	13.7	12	8.7	8.7	11.86
	1	77.8	77.3	76.2	75	76.1	75.1	70	76.3	81.1	78.6	76.35
	2–4	11.4	10	9.2	12	11.7	12.7	16.3	11.7	10.2	12.7	11.79
	Średnia	20.1	19.6	19.3	20.5	20.8	21.1	21.2	20.4	20.7	21.1	20.48
Mazursko- Podlaska	0	8.2	6.4	8.8	7.4	5.2	5.1	9.7	10.5	9	11.4	8.17
	1	72.5	76.8	78	83.4	85.1	84.5	79.6	78.5	81.1	78.4	79.79
	2–4	19.3	16.8	13.2	9.2	9.7	10.4	10.7	10.9	9.9	10.2	12.03
	Średnia	23	23.2	22.2	21.4	21.5	22.1	21.5	21.4	21.7	21.6	21.96
Wielkopolsko- Pomorska	0	4.7	7.9	10.3	6.9	5.9	7.5	18.3	9.3	10.5	11.5	9.28
	1	79	73.2	72	70.5	74.7	72.8	69.5	75	76.8	77	74.05
	2–4	16.2	18.9	17.7	22.6	19.3	19.7	12.3	15.7	12.7	11.6	16.67
	Średnia	22.4	22.5	22	23.5	23.1	23	19.8	21.6	20.7	20.3	21.89
Mazowiecko- Podlaska	0	6.5	5.5	5.8	4.4	4	5.3	6.5	7.5	9.2	10.9	6.56
	1	71.1	72.6	72.6	73.2	68.5	72.5	72.2	73.6	74.5	69.3	72.01
	2–4	22.5	21.9	21.6	22.4	27.5	22.2	21.4	19	16.3	19.8	21.46
	Średnia	23.7	23.9	23.9	24.1	25.9	24.4	23.9	23.2	22.5	22.9	23.84
Śląska	0	3.1	7.6	10.9	6.4	9.8	8.1	16.1	8.1	7.1	11.7	8.89
	1	73.2	63.8	59.9	45	61.5	72.3	66.5	68	72.3	74.3	65.68
	2–4	23.7	28.6	29.2	48.6	28.7	19.5	17.3	23.9	20.6	14	25.41
	Średnia	24.2	25	25	30.9	25.3	23.4	21.3	24	22.8	20.9	24.28
Małopolska	0	11	11.9	12.5	9.3	8.6	13.4	14	13.7	15.4	14.5	12.43
	1	63.3	61.8	63	68	68.9	68.7	68.9	68.7	68.3	65.5	66.51
	2–4	25.7	26.3	24.4	22.8	22.5	17.9	17.1	17.6	16.4	19.9	21.06
	Średnia	23.8	24	23.7	23.8	23.6	21.9	21.7	21.8	21.6	22.2	22.81
Sudecka	0	7.3	14.1	13	21.1	16.8	4.3	14.3	5.7	6.1	18.1	12.08
	1	67.9	57.7	60.7	38.2	59.7	77.8	72.6	66.5	71	67.6	63.97
	2–4	24.8	28.2	26.2	40.7	23.5	18	13.1	27.8	22.9	14.4	23.96
	Średnia	24	23.8	23.8	26.5	22.2	23	20.6	24.1	23.2	20.3	23.15
Karpacka	0	15.2	19.8	18.5	8.6	12.1	18.1	23.6	14.1	26.5	22.4	17.89
	1	65.4	61.5	67.5	79.3	74.1	69.1	62.1	68.3	62.6	56.4	66.63
	2–4	19.4	18.7	14.1	12.1	13.8	12.9	14.2	17.6	10.9	21.3	15.5
	Średnia	21.9	21.6	20.4	20.9	21.2	19.8	19.5	21.4	18.6	21.1	20.64
Krai	0	8.3	10	11.3	8.3	8	9.7	14.4	10.7	11.9	12.7	10.53
	1	72.2	69.8	70	70.6	72.6	73.2	70.1	72.8	74.1	71.8	71.72
	2–4	19.5	20.2	18.6	21.1	19.4	17.1	15.5	16.5	13.9	15.5	17.73
	Średnia	22.7	22.8	22.4	23.4	23.1	22.4	21.2	21.9	21.3	21.4	22.26

Tabela 4.8. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] gatunków razem w układzie RDLP – wiek > 20 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lata 2016–2025.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Gatunki razem											RDLP	Gatunki razem										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Średnio
Białysto	0	8.2	5.5	4.3	5.3	4.4	4.6	8.7	10	9.5	12.3	7.28	Szczecin	17.7	17.7	16.9	13.5	13.2	19.6	16.3	8.4	7.8	8.8	13.99
	1	72.2	76.4	81.6	83.7	85.2	85.1	80.8	79.1	80.7	77.3	80.21		72.9	69.4	65.9	63.8	62.7	60.5	63.1	71.4	76.3	77.8	68.38
	2–4	19.6	18.1	14.1	11.1	10.4	10.3	10.5	10.9	9.8	10.3	12.51		9.4	13	17.2	22.8	24	19.9	20.6	20.2	15.9	13.3	17.63
	Średni	23.1	24	23.3	22.5	21.9	22.4	21.7	21.5	21.8	21.5	22.37		18.7	19.8	21.1	22.8	23.3	21.3	22.2	22.9	22.2	21.2	21.55
Katowic	0	3.9	5.9	4.8	0.8	6.6	11.6	8.1	2.9	5.7	3.1	5.34	Szczecin	5.8	11.5	10.7	10.3	8.3	4.6	4.8	8.6	10.1	1.1	7.58
	1	70.7	65.7	68.5	65.2	74.7	76	76.9	74.1	72.5	78.1	72.24		79.5	80.9	82.3	82.4	84	83.3	74.7	82.7	83.4	86	81.92
	2–4	25.4	28.4	26.7	33.9	18.8	12.4	14.9	23	21.8	18.8	22.41		14.7	7.6	7	7.3	7.7	12.1	20.5	8.7	6.5	12.9	10.5
	Średni	24.3	25.3	24.7	26.6	23.2	20.7	21.4	24.9	24.3	23.6	23.9		21.4	18.7	18.7	19.4	20	21.6	22.5	19.7	18.8	22.2	20.3
Kraków	0	22.1	24.8	22.9	3.6	3.4	9.5	28.8	5.5	25.3	10.5	15.64	Toruń	4.8	6.6	11.4	7.8	4.7	7.2	9.5	6.5	5.2	6.9	7.06
	1	57.1	52.2	59.5	86.3	83.3	77.8	58.7	77.4	62.4	52.4	66.71		82.7	79.4	78	75.2	82.3	82.2	81.7	81.2	83.5	81.2	80.74
	2–4	20.8	23	17.6	10.1	13.3	12.7	12.5	17.1	12.3	37.1	17.65		12.5	14	10.7	17	13	10.7	8.8	12.3	11.3	11.9	12.22
	Średni	20.6	21.4	20.6	21.3	22.7	20.7	18.5	22.1	18.9	25.5	21.23		21.7	22	20.9	22	21.8	20.8	20	21.2	21.2	20.9	21.25
Krosno	0	11.7	13.5	13.4	12.1	17.7	29.8	25.1	24.7	25.8	37.5	21.13	Wrocław	4.6	11.8	12.4	14.9	13.8	8.2	24	10.8	10.2	17.2	12.79
	1	66.3	66.5	67.1	73.2	67.8	61.5	64.7	65.7	67	56.3	65.61		70.7	58.1	56.5	38	58.3	70.8	61.7	65.7	71.1	72	62.29
	2–4	22	20.1	19.5	14.7	14.5	8.8	10.1	9.5	7.2	6.3	13.27		24.6	30.1	31.1	47.1	27.9	21	14.3	23.4	18.7	10.8	24.9
	Średni	23.4	23.1	22.6	21.7	19.8	17	18.1	18	17.6	16.2	19.75		24.3	24.6	25.1	29.7	24.7	23.9	19.9	23.3	21.9	19.4	23.68
Lublin	0	8.8	7.7	7	3.4	2.1	2.9	3.8	8.7	8.3	7.5	6.02	Zielona Góra	6.3	12	19.7	5	10	1.2	16.1	10.8	13.6	13.4	10.81
	1	64.9	65.6	64.3	67.5	66.7	69	70.5	70	70.6	68.6	67.77		81.1	63.3	57.6	51.2	63.3	78.7	70.6	73.5	73.1	76.7	68.91
	2–4	26.3	26.7	28.7	29.2	31.2	28.1	25.6	21.3	21.1	23.9	26.21		12.7	24.8	22.6	43.8	26.7	20.1	13.3	15.7	13.2	9.9	20.28
	Średni	23.6	24	24.8	26.3	26.6	25.7	25	23.3	23.4	24	24.67		20.9	23.3	21.4	29.4	24	24.6	19.9	21.1	20	19.3	22.39
Łódź	0	12.5	15.1	16.4	10.6	9	15	15.9	15.6	17.1	9.8	13.7	Gdańsk	9.4	8.1	7.5	8.5	7.7	6.9	12.4	13.8	7.4	13.6	9.53
	1	68.3	64.8	63.1	67.4	65.4	67.5	69.2	68.6	67.3	71	67.26		82.3	85.4	85.5	83.3	85.4	85.3	81.6	80.5	84.8	77.2	83.13
	2–4	19.3	20.1	20.5	22	25.6	17.5	14.9	15.8	15.7	19.2	19.06		8.3	6.5	7	8.2	7	7.8	6	5.8	7.8	9.2	7.36
	Średni	22.3	21.9	22.4	23.1	24.4	21.4	20.8	20.9	20.8	22.2	22.02		19.7	19.5	19.7	19.8	20	20.4	19.5	18.9	20.2	19.6	19.73
Olsztyn	0	4.8	4.7	14.5	11	8.4	7.3	9.8	8.2	3.2	8	7.99	Radom	12.4	15.5	16.6	15.8	11.7	17	17.2	19.6	19.5	18.5	16.38
	1	79.1	83.3	75.8	80	81	82.1	79.5	78.9	86	80.9	80.66		65.9	63.1	63.3	61.6	62.7	63.6	64.9	65.1	68.2	66	64.44
	2–4	16	12	9.7	9.1	10.6	10.6	10.7	13	10.8	11.1	11.36		21.7	21.5	20.1	22.6	25.6	19.4	17.9	15.3	12.3	15.5	19.19
	Średni	22.5	21.9	20.3	20.6	21.5	21.8	21.3	21.8	22.4	21.2	21.53		22.5	22	22	22.4	24.1	21.5	21.5	20.3	19.8	20.1	21.62
Piła	0	4.6	8	7.5	5.6	5	4.3	23.4	8.6	15.8	21.3	10.41	Warsza	5.3	5.9	5.6	3.8	1.7	2.1	6.7	6.4	7.6	11.5	5.66
	1	78.2	80.8	81.5	79.8	79.8	75.1	67.8	76	76.2	68	76.32		69.9	71.8	74.6	77.6	66.4	74.2	73.8	77.7	80.3	73.4	73.97
	2–4	17.3	11.2	11.1	14.6	15.2	20.6	8.8	15.4	8	10.7	13.29		24.8	22.2	19.8	18.6	31.9	23.7	19.5	15.9	12.1	15	20.35
	Średni	22.2	20.5	20.7	22	22.9	23.9	17.9	21.1	18.5	18.9	20.86		24.5	23.5	23.2	22.8	26.7	24.5	22.7	22.2	21.3	21.4	23.28
Poznań	0	1.1	4.7	8.3	4.6	5.6	11.9	35.9	13.9	16.1	18	12.01	Razem	8	10.1	11.6	8.4	8.3	9.6	15	10.5	11.1	12.1	10.47
	1	76.9	63.4	67	68	70.4	58.9	52.2	65.7	67.3	69.6	65.94		73.9	71	70.6	70.3	73.3	74	70.7	74	75.8	74.3	72.79
	2–4	22	31.9	24.7	27.5	23.9	29.2	11.9	20.4	16.6	12.4	22.05		18	18.9	17.7	21.3	18.4	16.3	14.3	15.5	13	13.6	16.7
	Średni	24.6	25.8	23.8	25.3	24.2	24.2	17.6	22.5	21.2	19.7	22.89		22.3	22.4	22	23.4	22.8	22.1	20.8	21.6	21	20.9	21.93

Tabela 4.9 Analiza trendów testem Manna-Kendalla dla średniej defoliacji drzew grup gatunków w latach 2016-2025.

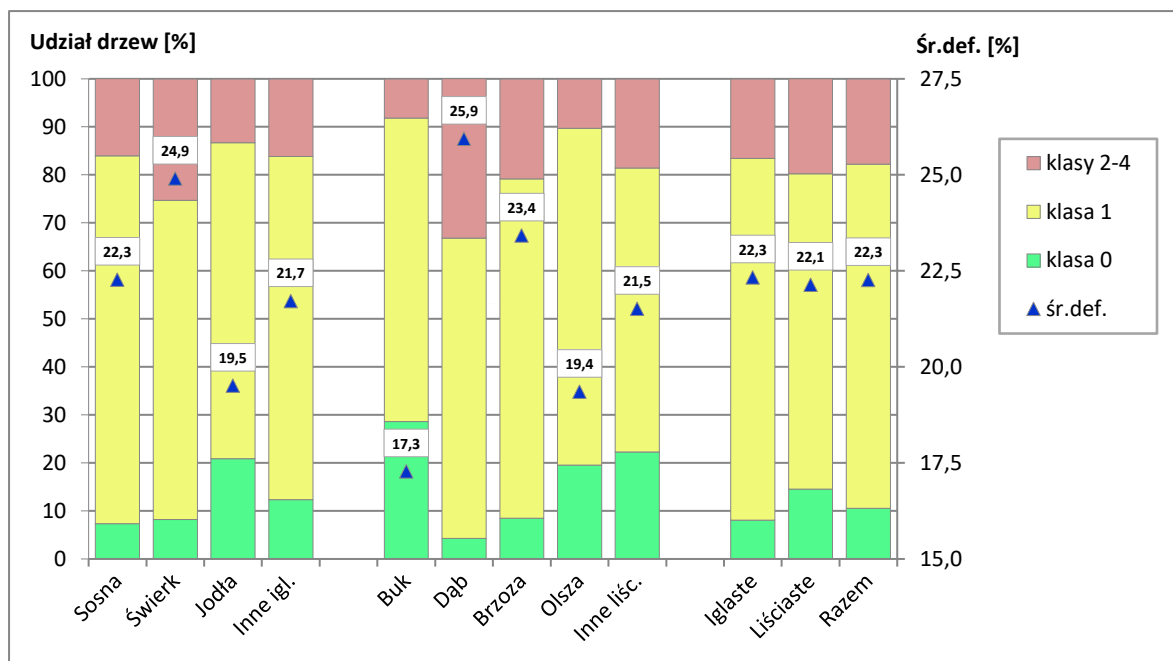
Gatunek	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Coefficient of Variation:	Mann-Kendall Statistic (S):	Confidence Factor:	Trend:
Sosna	22.3	22.7	22.3	23.3	23	22.6	21.1	21.9	21.6	21.9	0.030	-17	0.922	Prob. Decreasing
Świerk	24.2	24.4	24.3	25	24.3	25.5	25	27.2	24.4	24.7	0.036	18	0.934	Prob. Increasing
Jodła	21.1	20.7	20.3	19.8	19.4	18.4	18.2	19	17.6	20.6	0.061	-27	0.992	Decreasing
Inne iglaste	21.8	22.5	21.3	22.2	22.1	21.5	21.2	21.7	21.7	21.1	0.021	-20	0.955	Decreasing
Buk	17.8	16.7	16.9	18.5	19.3	17	17.3	16.8	15.7	16.8	0.059	-12	0.832	Stable
Dąb	25.7	26.1	26	30.1	28.2	25.9	24.2	25.2	24.3	23.7	0.075	-23	0.977	Decreasing
Brzoza	25.3	25	24	24.1	24.9	22.8	22.4	22.5	22	21.2	0.061	-37	>99.9%	Decreasing
Olsza	20.9	20.8	19.7	19.2	19	19.4	19.2	18.8	18.2	18.3	0.047	-36	>99.9%	Decreasing
Inne liściaste	22.5	22	21.6	23.2	22.4	21.5	20.3	21.3	20.1	20.2	0.049	-31	0.998	Decreasing
Razem	22.7	22.8	22.4	23.4	23.1	22.4	21.2	21.9	21.3	21.4	0.035	-22	0.9705	Decreasing

Tabela 4.10 Analiza trendów testem Manna-Kendalla dla średniej defoliacji drzew w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025.

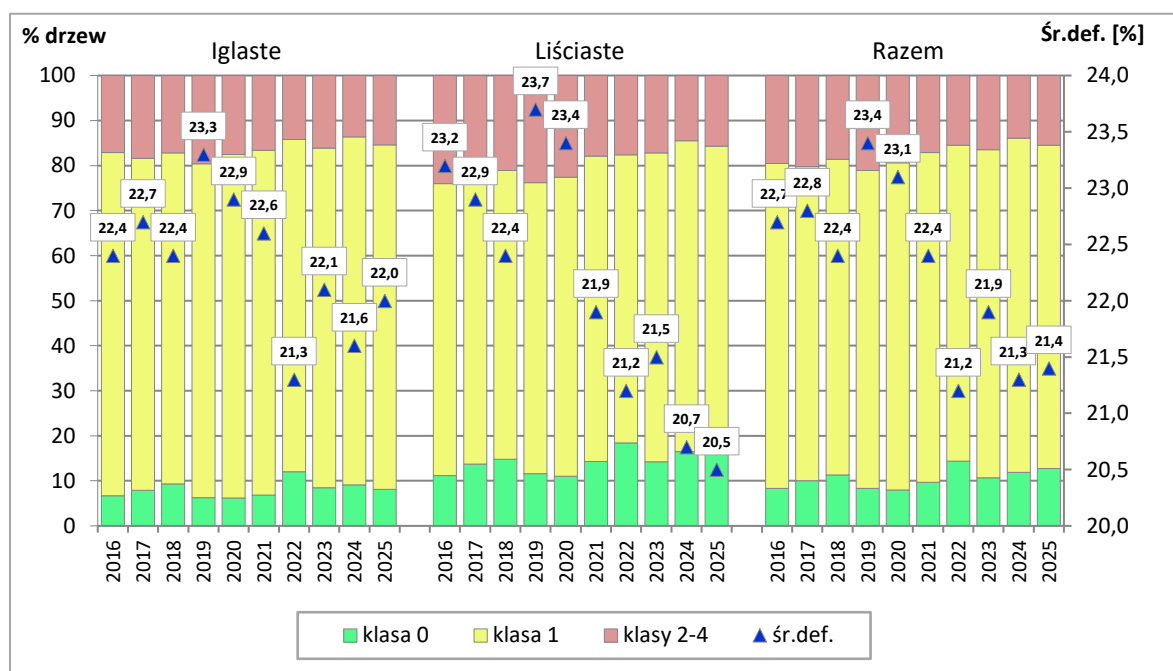
Kraina	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Coefficient of Variation:	Mann-Kendall Statistic (S):	Confidence Factor:	Trend:
Bałtycka	20.1	19.6	19.3	20.5	20.8	21.1	21.2	20.4	20.7	21.1	0.032	22	0.9705	Increasing
Mazursko-Podlask	23	23.2	22.2	21.4	21.5	22.1	21.5	21.4	21.7	21.6	0.030	-17	0.922	Prob. Decreasing
Wielkopolsko-Pomorska	22.4	22.5	22	23.5	23.1	23	19.8	21.6	20.7	20.3	0.058	-19	0.946	Prob. Decreasing
Mazowiecko-Podlask	23.7	23.9	23.9	24.1	25.9	24.4	23.9	23.2	22.5	22.9	0.039	-12	0.832	Stable
Śląska	24.2	25	25	30.9	25.3	23.4	21.3	24	22.8	20.9	0.114	-22	0.9705	Decreasing
Małopolska	23.8	24	23.7	23.8	23.6	21.9	21.7	21.8	21.6	22.2	0.046	-30	0.9965	Decreasing
Sudecka	24	23.8	23.8	26.5	22.2	23	20.6	24.1	23.2	20.3	0.078	-18	0.934	Prob. Decreasing
Karpacka	21.9	21.6	20.4	20.9	21.2	19.8	19.5	21.4	18.6	21.1	0.051	-19	0.946	Prob. Decreasing
Kraj	22.7	22.8	22.4	23.4	23.1	22.4	21.2	21.9	21.3	21.4	0.035	-22	0.9705	Decreasing

Tab 4.11 Analiza trendów testem Manna-Kendalla dla średniej defoliacji drzew w RDLP. w latach 2016-2025, lasy w zarządzie LP.

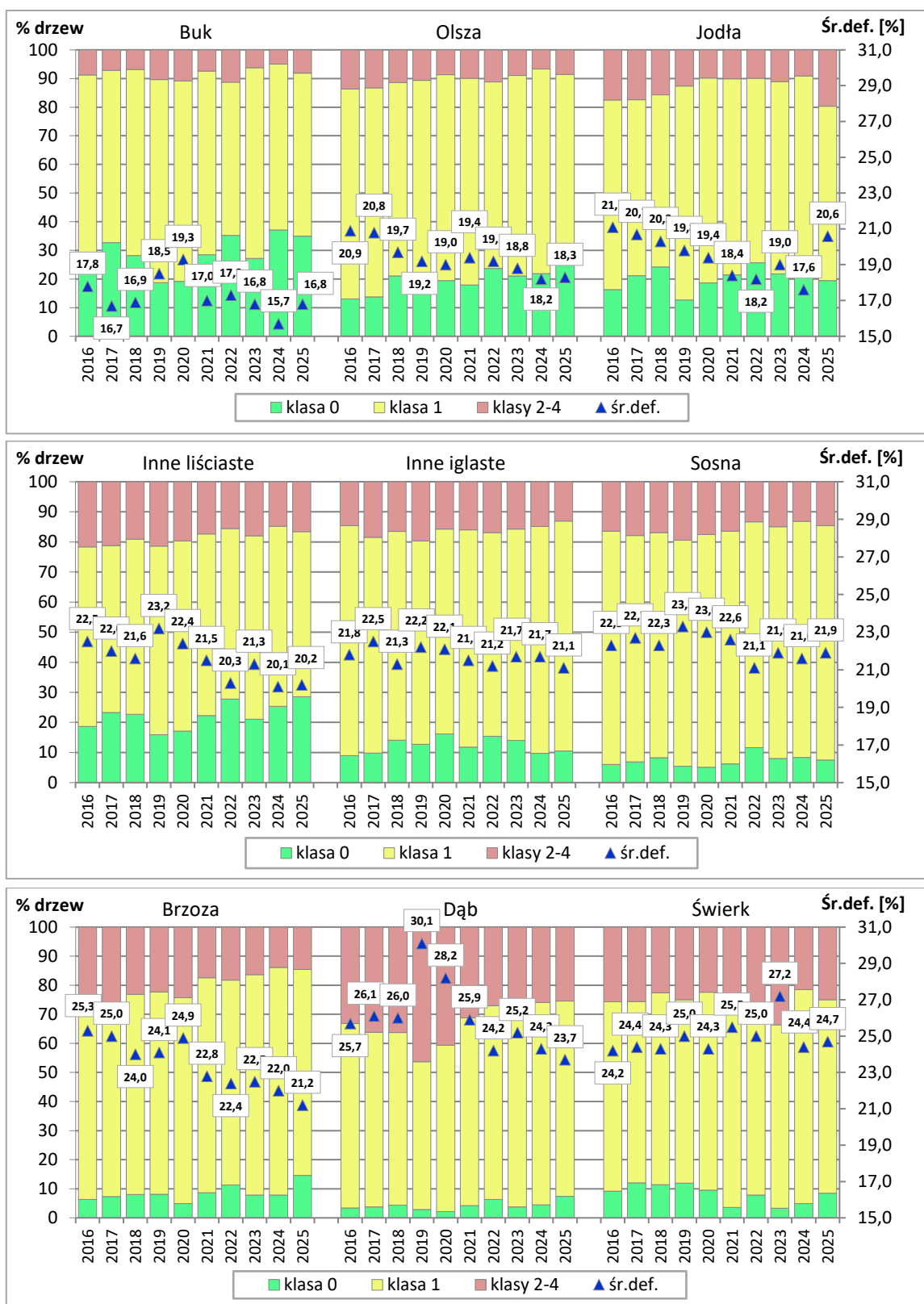
RDLP	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Coefficient of Variation:	Mann-Kendall Statistic (S):	Confidence Factor:	Trend:
Białystok	23.1	24	23.3	22.5	21.9	22.4	21.7	21.5	21.8	21.5	0.038	-34	0.9995	Decreasing
Katowice	24.3	25.3	24.7	26.6	23.2	20.7	21.4	24.9	24.3	23.6	0.074	-10	0.784	Stable
Kraków	20.6	21.4	20.6	21.3	22.7	20.7	18.5	22.1	18.9	25.5	0.093	6	0.668	No Trend
Krosno	23.4	23.1	22.6	21.7	19.8	17	18.1	18	17.6	16.2	0.138	-39	>99.9%	Decreasing
Lublin	23.6	24	24.8	26.3	26.6	25.7	25	23.3	23.4	24	0.049	-4	0.6025	Stable
Łódź	22.3	21.9	22.4	23.1	24.4	21.4	20.8	20.9	20.8	22.2	0.052	-14	0.873	Stable
Olsztyn	22.5	21.9	20.3	20.6	21.5	21.8	21.3	21.8	22.4	21.2	0.033	-2	0.5345	Stable
Pila	22.2	20.5	20.7	22	22.9	23.9	17.9	21.1	18.5	18.9	0.094	-9	0.758	Stable
Poznań	24.6	25.8	23.8	25.3	24.2	24.2	17.6	22.5	21.2	19.7	0.115	-28	0.9935	Decreasing
Szczecin	18.7	19.8	21.1	22.8	23.3	21.3	22.2	22.9	22.2	21.2	0.067	16	0.907	Prob. Increasing
Szczecinek	21.4	18.7	18.7	19.4	20	21.6	22.5	19.7	18.8	22.2	0.073	14	0.873	No Trend
Toruń	21.7	22	20.9	22	21.8	20.8	20	21.2	21.2	20.9	0.030	-16	0.907	Prob. Decreasing
Wrocław	24.3	24.6	25.1	29.7	24.7	23.9	19.9	23.3	21.9	19.4	0.123	-25	0.986	Decreasing
Zielona	20.9	23.3	21.4	29.4	24	24.6	19.9	21.1	20	19.3	0.136	-15	0.892	Stable
Gdańsk	19.7	19.5	19.7	19.8	20	20.4	19.5	18.9	20.2	19.6	0.021	3	0.569	No Trend
Radom	22.5	22	22	22.4	24.1	21.5	21.5	20.3	19.8	20.1	0.060	-29	0.995	Decreasing
Warszawa	24.5	23.5	23.2	22.8	26.7	24.5	22.7	22.2	21.3	21.4	0.070	-28	0.9935	Decreasing
Razem	22.3	22.4	22	23.4	22.8	22.1	20.8	21.6	21	20.9	0.039	-23	0.977	Decreasing



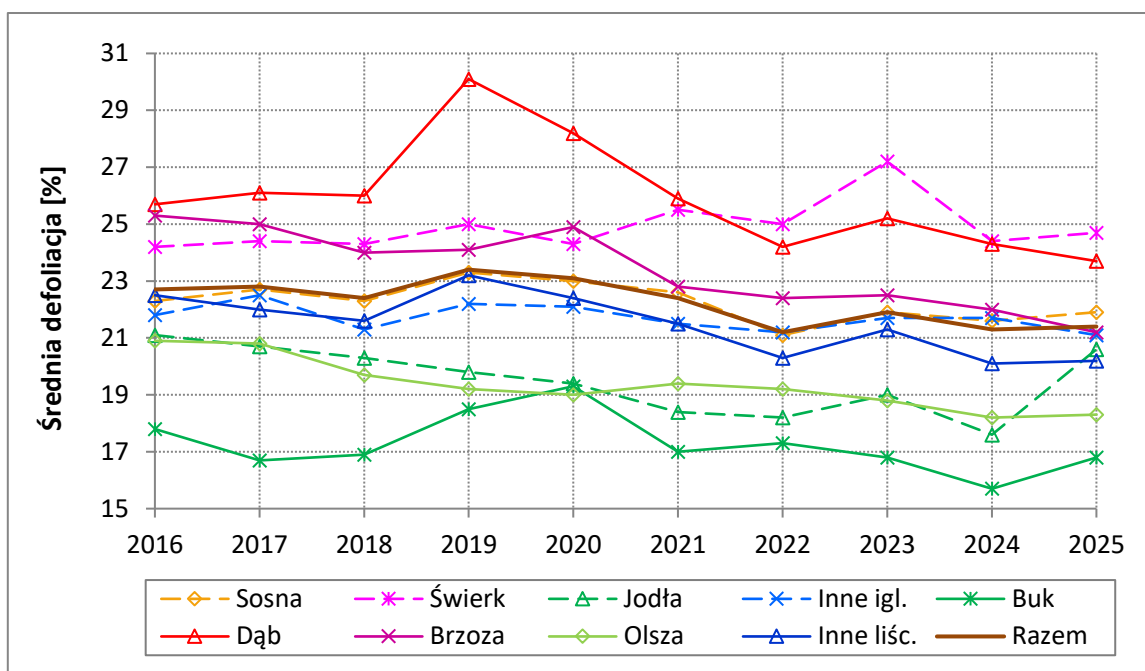
Rycina 4.1. Średni udział [%] drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz wartość średniej defoliacji [%] w dziesięcioleciu 2016–2025. Wiek drzew > 20 lat. Wszystkie formy własności.



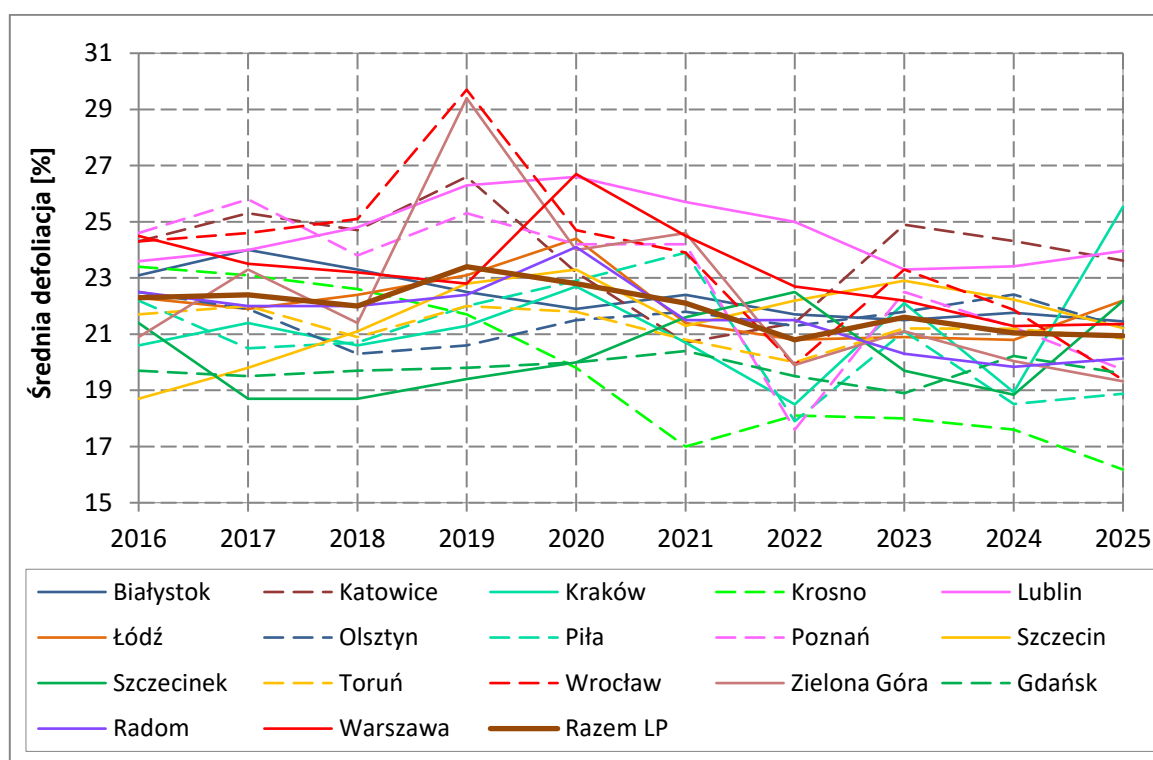
Rycina 4.2. Udział drzew [%] gatunków iglastych, liściastych i razem w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w latach 2016–2025. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



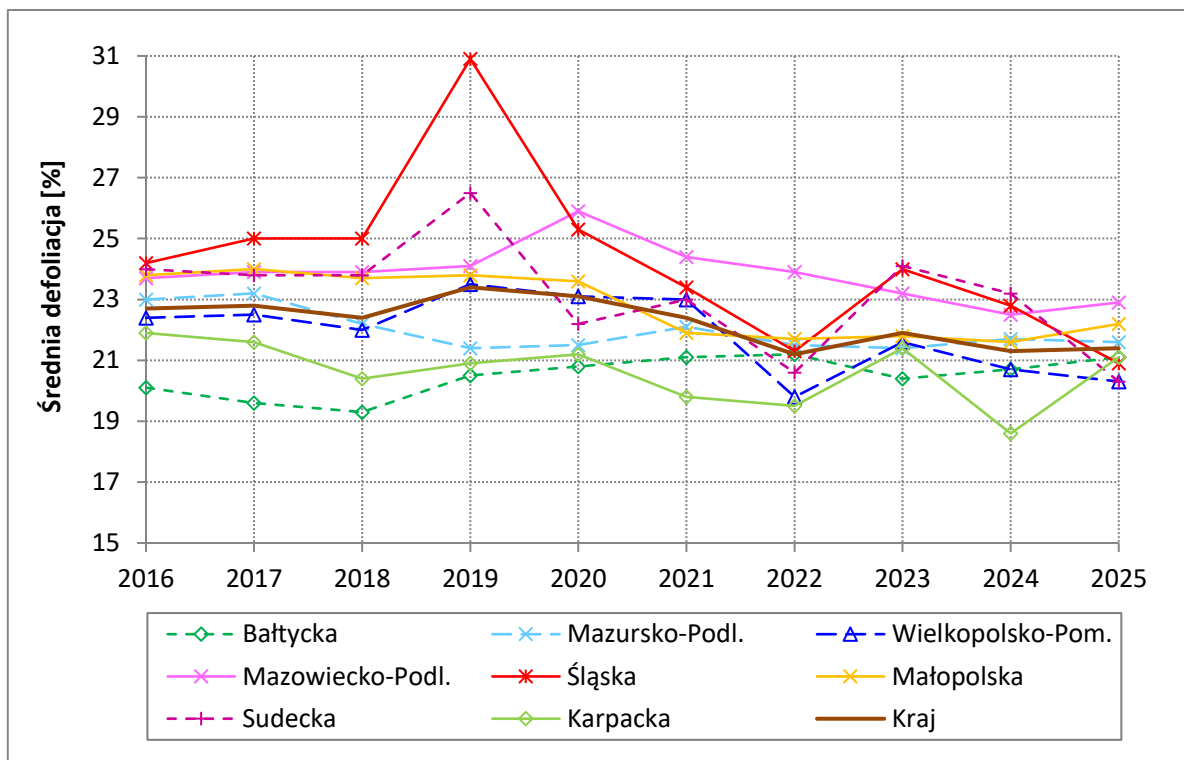
Rycina 4.3. Udział [%] grup gatunkowych w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w latach 2016–2025. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności. Kolejność od najzdrowszych do najmniej zdrowych (średnia dla dziesięciolecia)



Rycina 4.4. Średnia defoliacja drzew monitorowanych grup gatunków w latach 2016-2025



Rycina 4.5. Średnia defoliacja drzew monitorowanych gatunków łącznie w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych w latach 2016-2025. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych



Rycina 4.6. Średnia defoliacja drzew monitorowanych gatunków łącznie w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.

5. ZMIANA STRUKTURY GATUNKOWEJ DRZEWOSTANÓW NA SPO I RZĘDU W OKRESIE 2007-2025 – GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI, PAWEŁ LECH

5.1. Wprowadzenie

Struktura gatunkowa drzew jest istotnym elementem określającym charakter drzewostanu poprzez determinowanie innych jego elementów, takich jak różnorodność roślinności runa leśnego, aktywność biologiczna gleb, w tym zwłaszcza występowanie grzybów mikoryzowych i innych organizmów glebowych. Wszystkie one wpływają na odporność lasu na oddziaływanie czynników stresowych, takich jak depozycja zanieczyszczeń powietrza, gradacje szkodników owadzych i epifitozy chorób infekcyjnych drzew, zaburzenia spowodowane czynnikami abiotycznymi i antropopresją. Ma to ogromne znaczenie w kontekście obserwowanych obecnie i przewidywanych zmian klimatu, które stymulują dynamikę niekorzystnego oddziaływania na las wymienionych powyżej czynników stresowych, prowadząc do pogorszenia kondycji zdrowotnej drzewostanów i zamierania drzew, ubożenia różnorodności biologicznej środowiska leśnego oraz pojawiania się gatunków inwazyjnych roślin i zwierząt. Poprzez kształtowanie właściwej struktury gatunkowej, można przeciwdziałać tym negatywnym oddziaływaniom, wzmacniać odporność ekosystemów leśnych i chronić ich zasoby biologiczne. Dzięki temu lasy w dalszym ciągu mogą spełniać różnorodne funkcje: ekologiczne, społeczne i gospodarcze.

Aktualna struktura gatunkowa drzewostanów w Polsce jest zależna z jednej strony od naturalnych cech środowiska, w którym lasy występują (siedliska, warunków klimatycznych determinujących naturalne zasięgi gatunków drzew), a z drugiej jest odzwierciedleniem przeszłej gospodarki leśnej, jej zasad i priorytetów. W tym kontekście należy zwrócić uwagę na program zwiększania lesistości, który doprowadził do zwiększenia areału lasów w Polsce o ok. 50% w okresie 1946-2025 (z ok. 21% do około 29-33% powierzchni kraju w zależności od źródła). Pierwszoplanowym i najważniejszym celem zalesień w latach 50-90 było uproduktywnienie niezagospodarowanych gruntów rolnych i zwiększenie zasobów drzewnych do wykorzystania w odbudowującej się po zniszczeniach wojennych i później rozwijającej się gospodarce kraju. Prowadziło to do schematycznego wprowadzania na gruntach porolnych przede wszystkim gatunków iglastych – sosny i świerka, niekiedy niewłaściwego pochodzenia oraz na nieodpowiednich siedliskach. Zjawiska te występowały również znacznie wcześniej, już w XIX w. na terenach górskich zastępowano drzewostany mieszane monokulturami świerkowymi, a na niżu sosnowymi. Skutkiem tych działań były wielkopowierzchniowe gradacje szkodników pierwotnych i wtórnych oraz chorób infekcyjnych korzeni. W ich efekcie

rozpoczęto przebudowę drzewostanów oraz zmianę sposobów zagospodarowania lasów poprzez odtwarzanie właściwych dla danego siedliska składu gatunkowego odnowień oraz ograniczanie rozmiaru zrębów zupełnych, na szerszą skalę stosowanie rębni złożonych, odnowień naturalnych, zachowanie regionalizacji materiału odnowieniowego.

Niniejsze opracowanie ma na celu udokumentowanie efektów prowadzonej już od lat 80-tych ubiegłego wieku przebudowy drzewostanów, przyjętego na początku lat 90-tych nowego prawodawstwa leśnego oraz zasad prowadzenia gospodarki leśnej (kolejne edycje Instrukcji Urządzania Lasu, Zasad Hodowli Lasu i Zasad Ochrony Lasu). Pokazuje ono w ujęciu ilościowym zarówno zakres i dynamikę zmian obserwowaną w sieci SPO I rzędu monitoringu lasów na poziomie kraju, jak i jednostek podziału administracyjnego (województwa, rdLP) i przyrodniczo-leśnego (krainy przyrodniczo-leśne) oraz w odniesieniu do form własności.

Monitoring stanu zdrowotnego lasów w Polsce od 2007 roku realizowany jest na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu zlokalizowanych w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat w sieci 8×8 km. Sieć ta corocznie podlega weryfikacji, w wyniku której liczba powierzchni objętych obserwacjami może ulegać zmianom, głównie z powodu zmian w ewidencji gruntów oraz zmian w charakterze tych powierzchni (aktywne, oczekujące). W roku 2007 ocenie podlegało łącznie 38120 drzew na 1906 SPO I rzędu. Do roku 2025 liczba ocenianych drzew wzrosła do 41100 (2055 SPO I rzędu). Wzrosła również liczba ocenianych gatunków z 34 w roku 2007 do 39 w roku 2025. Według stanu na rok 2025 najliczniej reprezentowanym gatunkiem iglastym na SPO I rzędu była sosna zwyczajna – 21727 drzew, a wśród gatunków liściastych – brzozy brodawkowata i omszona – łącznie 4129 drzew. Licznie reprezentowane były również rodzime dęby (3662), olsze czarna i szara (3074), buk (1841), świerk (1629) oraz jodła (1149). Wśród innych gatunków iglastych (659 drzew) najliczniej na powierzchniach obserwacyjnych reprezentowany był modrzew (594 szt.), a wśród domieszkowych gatunków liściastych (łącznie 3230 drzew) grab (679), topola osika (626), jawor (530), jesion (277) oraz lipa (247). Udział poszczególnych gatunków i grup gatunków drzew w ogólnej liczbie ocenianych drzew przedstawiono w tabeli 5.1.

5.2. Zmiany struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w Polsce w okresie 2007-2025

W analizowanym okresie 2007-2025 stwierdzono spadek ilościowego udziału drzew gatunków iglastych na SPO I rzędu z poziomu 66,2% do 61,2% na rzecz wzrostu udziału drzew gatunków liściastych, tj. o 4,97 p.p. (punktu procentowego) (ryc. 5.1). Zmiana ta wynikała głównie ze zmniejszenia udziału najliczniej występującej sosny zwyczajnej o 4,37 p.p. (-7,6% w odniesieniu do udziału w roku 2007, w którym to roku wynosił on 57,2%) oraz świerka o 1,33

p.p. (-25,2%). Największy wzrost udziału wśród gatunków liściastych stwierdzono w przypadku rodzimych dębów, tj. o 2,07 p.p. (+30,2% w odniesieniu do udziału w roku 2007), domieszkowych gatunków liściastych o 1,74 p.p. (+28,5%) oraz olch o 1,17 p.p. (+18,5%). Wzrost udziału odnotowano również w przypadku buka, domieszkowych gatunków iglastych oraz jodły. Nieznacznie zmniejszył się natomiast udział brzoź o 0,43 p.p. (-4,1%) (tab. 5.1).

Zmiana struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w układzie form własności

W analizowanym okresie 2007-2025 udział gatunków iglastych na SPO I rzędu zmniejszył się we wszystkich formach własności. Największy spadek odnotowano w przypadku parków narodowych (-11,83 p.p.) i lasów prywatnych (-6,18 p.p.). W przypadku powierzchni zlokalizowanych na gruntach zarządzanych przez PGL LP spadek ten wyniósł -4,07 p.p. Na jego wielkość wpływ miały spadki udziału sosny zwyczajnej (-3,67 p.p.), świerka (-1,39 p.p.) i brzoź (-1,35 p.p.) oraz wzrosty udziału rodzimych dębów (+2,87 p.p.) i olch (+1,39 p.p.) (ryc. 5.2). W parkach narodowych stwierdzono wyraźne spadki udziału świerka (-8,44 p.p.) i jodły (-3,50 p.p.) i wzrosty udziału buka (+9,45 p.p.), olch (+2,94 p.p.) i grupy domieszkowych gatunków liściastych (+2,24 p.p.). Przyczyny relatywnie mniejszych spadków udziału gatunków iglastych w lasach zarządzanych przez PGL LP względem lasów w parkach narodowych upatrywać należy w podejmowanej już wcześniej przebudowie drzewostanów (Sudety – lata 80- i 90-te XX w oraz Beskidy – pierwsza dekada XXI w). Wpływ mogła tu również mieć niewielka liczba powierzchni zlokalizowanych na terenie parków narodowych (tylko 36 w roku 2025), przez co do wyników odnoszących się do parków narodowych należy podchodzić z ostrożnością.

W przypadku lasów prywatnych odnotowano wyraźny spadek udziału sosny zwyczajnej (-5,60 p.p.) i wzrosty udziału domieszkowych gatunków liściastych (+3,54 p.p.) i brzoź (+2,25 p.p.).

W grupie nielicznych ilościowo powierzchni zlokalizowanych na gruntach pozostałych form własności stwierdzono spadki udziału brzoź (-5,39 p.p.) oraz buka (-5,17 p.p.) i wzrost udziału domieszkowych gatunków liściastych (+8,35 p.p.).

Zmiana struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w klasach wieku

W okresie 2007-2025 udział gatunków drzew iglastych na powierzchniach SPO I rzędu w klasach wieku II, III, V i VI zmniejszył się odpowiednio o 13,91 p.p., 8,11 p.p., 7,89 p.p. oraz 4,24 p.p. Jedynie w klasie IV (61-80lat) udział tych drzew nieznacznie wzrósł (o 1,61 p.p.) (ryc. 5.4). Spadek udziału drzew gatunków iglastych w klasach wieku II i III jest wynikiem

przebudowy drzewostanów rozpoczętej w latach 80-tych ubiegłego wieku. Ta przebudowa jest obecnie kontynuowana w drzewostanach bliskorębnych i rębnych, czyli w klasach wieku V i VI oraz starszych, co również przekłada się na spadek udziału gatunków iglastych. Drzewostany IV klasy wieku, których znaczna część powstała w okresie powojennym w wyniku zalesień gruntów porolnych głównie sosną i świerkiem, dopiero w przyszłych dekadach zostaną objęte tą przebudową.

W przypadku II klasy wieku w analizowanym okresie odnotowano spadek udziału drzew sosny zwyczajnej (-13,22 p.p.) i świerka (-1,49 p.p.) oraz wzrost udziału rodzimych dębów (+5,80 p.p.), olch (+4,38 p.p.) i brzozy (+2,41 p.p.). Wzrost procentowego udziału dębów i olch w tej klasie wieku wg stanu na rok 2025 w odniesieniu do roku 2007 wyniósł odpowiednio 115,8% i 64,8%. Oznacza to, że liczba dębów na SPO I rzędu podwoiła się, zaś olch przybyło o blisko 2/3 początkowego stanu. Adekwatnie wyliczony udział dla najliczniej reprezentowanej sosny zwyczajnej zmniejszył się o 25,7%.

W III klasie wieku spadek udziału stwierdzono jedynie w odniesieniu do sosny zwyczajnej (-11,13 p.p.), natomiast wyraźny wzrost dla grupy domieszkowych gatunków liściastych (+4,14 p.p.) i buka (+2,00 p.p.).

Z kolei w IV klasie wieku odnotowano spadek udziału olch (-3,35 p.p.), świerka (-2,86 p.p.) i jodły (-1,56 p.p.) i wzrost udziału sosny zwyczajnej (+5,36 p.p.).

W V klasie wieku ponownie zaobserwowano spadek udziału sosny zwyczajnej (-6,59 p.p.), świerka (-2,31 p.p.) i buka (-1,55 p.p.), a największy wzrost dotyczył olch (+4,51 p.p.) oraz grupy pozostałych gatunków liściastych (+3,27 p.p.).

W drzewostanach VI klasy wieku i starszych spadł udział ilościowy świerka (-4,53 p.p.), buka (-1,45 p.p.) oraz rodzimych dębów (-0,91 p.p.); wyraźny wzrost stwierdzono tylko w przypadku olch (+4,27 p.p.) i pozostałych gatunków liściastych (+1,81 p.p.).

Zauważyć również można, że wraz z przechodzeniem drzew do kolejnych klas wieku (drzewa zarejestrowane na powierzchniach monitoringowych w 2007 roku po 18 latach, w 2025 roku, w większości były już zaliczone do wyższej kasy wieku) maleje udział drzew gatunków iglastych. Oznacza to, że struktura gatunkowa drzewostanów zmienia się na wszystkich etapach ich rozwoju.

5.3. Zmiana struktury gatunkowej drzew na terenie jednostek podziału regionalnego

Zmiana struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udział gatunków iglastych na powierzchniach obserwacyjnych I rzędu zmniejszył się w analizowanym okresie w granicach wszystkich ośmiu krain przyrodniczo-leśnych, w największym stopniu na terenie Krainy Sudeckiej (-10,75 p.p.) i Krainy Małopolskiej (-7,41 p.p.) (ryc. 5.3). Największy spadek udziału sosny zwyczajnej odnotowano w Krainie Małopolskiej (-8,33, p.p.) i Śląskiej (-8,27 p.p.). Z kolei w Krainie Sudeckiej wyraźnie zmniejszył się udział świerka (-12,60 p.p.). We wszystkich krainach odnotowano wzrost udziału rodzimych dębów i pozostałych gatunków liściastych, największy w Krainie Sudeckiej (odpowiednio +5,65 p.p. i 7,17 p.p.). Z kolei w przypadku brzozy stwierdzono spadek jej udziału w krainach: Bałtyckiej, Wielkopolsko-Pomorskiej, Mazowiecko-Podlaskiej, Sudeckiej i Karpackiej (ryc. 5.3). Znaczny spadek udziału świerka na terenach górskich (Kraina Sudecka i Karpacka) spowodowany był zamieraniem drzew tego gatunku w wyniku niekorzystnych zmian środowiskowych w wyniku oddziaływania zanieczyszczeń powietrza i zmian klimatycznych, a także niedostosowaniem ekotypów świerka do lokalnych warunków siedliskowych.

Zmiana struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w układzie województw

W okresie 2007-2025 udział drzew gatunków iglastych na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu zmniejszył się w granicach 15 województw. Największy spadek stwierdzono w województwie świętokrzyskim (-13,50 p.p.), gdzie udział ten spadł z 73,2% do 59,7% i dolnośląskim (-11,32 p.p.) – odpowiednio z 57,4% do 46,1%). Jedynie na terenie województwa łódzkiego odnotowano niewielki wzrost udziału drzew gatunków iglastych – +0,23 p.p. (ryc. 5.5).

Udział sosny zwyczajnej występującej na SPO I rzędu zmniejszył się w granicach wszystkich województw z wyjątkiem łódzkiego, najwięcej w województwie świętokrzyskim (-13,02 p.p.) i opolskim (-12,82 p.p.). W obu przypadkach oznacza to spadek udziału tego gatunku w odniesieniu do stanu z roku 2007 o ponad 20%. Wyraźne spadki udziału odnotowano również dla świerka w województwie dolnośląskim (-8,53 p.p.) i małopolskim (-5,07 p.p.) oraz brzozy w województwie wielkopolskim (-4,13 p.p.). Z kolei istotne wzrosty udziału stwierdzono w przypadku dębów w województwie warmińsko-mazurskim (+4,81 p.p.) i opolskim (+3,46 p.p.), brzozy w województwie świętokrzyskim (+4,81 p.p.), olch w województwach dolnośląskim (+3,47 p.p.) i wielkopolskim (+3,35 p.p.) oraz drzew z grupy

pozostałych gatunków liściastych w województwach dolnośląskim (+5,15 p.p.), świętokrzyskim (+4,69 p.p.) i opolskim (+4,49 p.p.).

Zmiana struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w RDLP

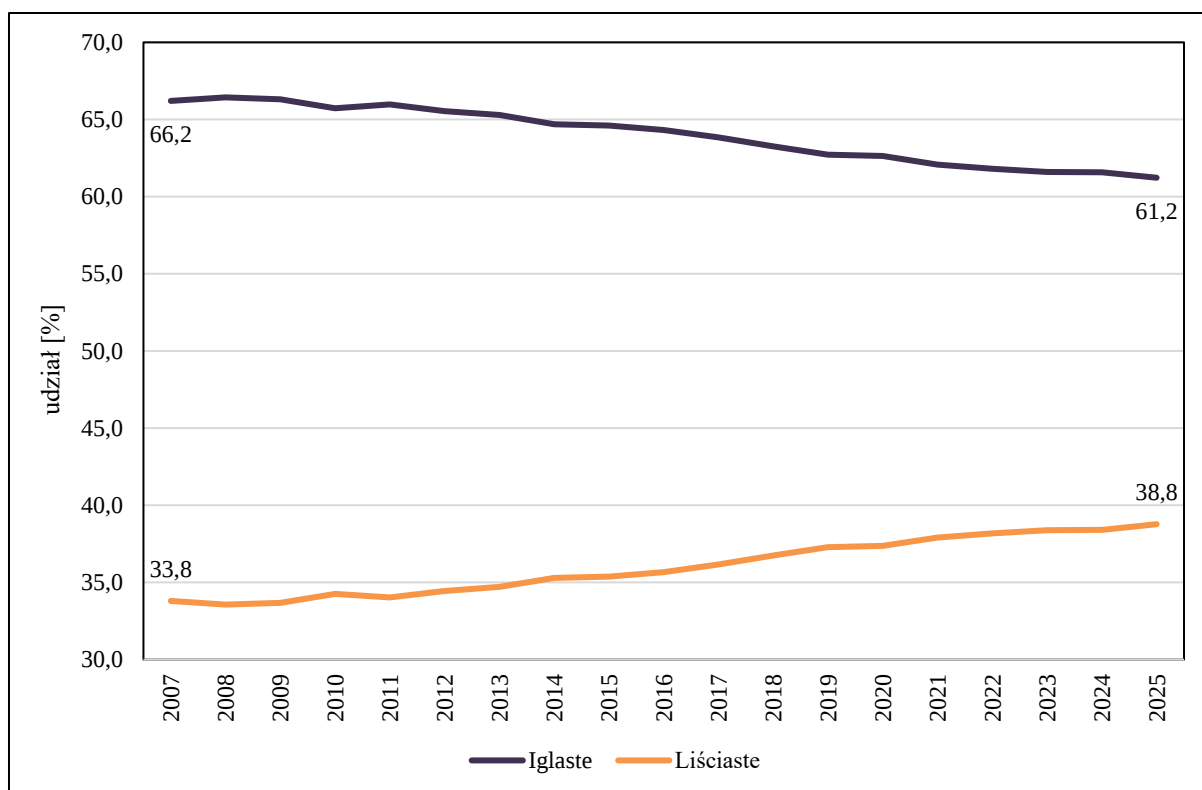
W analizowanym okresie 2007-2025 liczba powierzchni czynnych zlokalizowanych na gruntach leśnych w zarządzie PGL Lasy Państwowe wzrosła z 1383 do 1387. W tym czasie udział drzew gatunków iglastych na tych powierzchniach zmniejszył się o 4,07 p.p., tj. z 58,46% do 54,79%. We wszystkich rdLP, z wyjątkiem RDLP w Pile, gdzie udział wzrósł o 2,53 p.p., stwierdzono spadek udziału drzew iglastych na SPO I rzędu, największy w przypadku RDLP we Wrocławiu (-7,81 p.p.) i Toruniu i (-7,48 p.p.) (ryc. 5.6).

Udział sosny zwyczajnej na SPO I rzędu zmniejszył się na powierzchniach zlokalizowanych na terenie większości regionalnych dyrekcji LP, najwyraźniej w RDLP w Toruniu (-7,38 p.p.), Radomiu (-7,03 p.p.) i Białymstoku (-6,95 p.p.). Także udział świerka spadł na terenie większości rdLP, a najbardziej w RDLP we Wrocławiu, bo o -8,88 p.p. Z kolei w RDLP w Pile odnotowano wzrost udziału tego gatunku (+3,24 p.p.) na SPO I rzędu. Udział jodły wzrósł na terenie RDLP w Krakowie (+5,07 p.p.) i Krośnie (+3,11 p.p.). Wyraźny wzrost udziału dębów, bo o ponad 5 p.p., stwierdzono na powierzchniach zlokalizowanych w RDLP w Łodzi, Olsztynie, Radomiu i Warszawie. Natomiast istotny spadek udziału brzozy odnotowano dla powierzchni w RDLP w Warszawie (-7,57 p.p.), Pile (-5,90 p.p.) i Poznaniu (-4,77 p.p.). Na terenie RDLP w Poznaniu i Wrocławiu stwierdzono również niewielki, bo ok. 3,5 p.p., wzrost udziału olch na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu lasu.

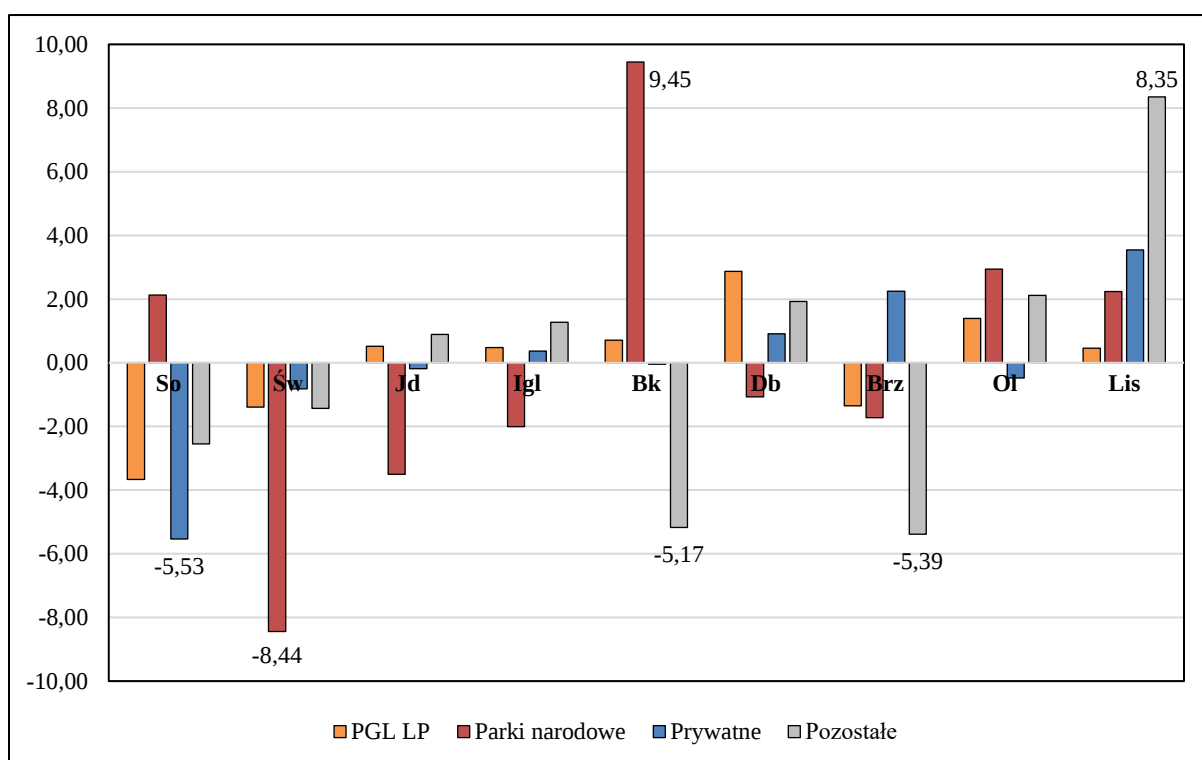
Tabela. 5.1 Udział drzew [%] wg grup gatunkowych i zmiany tego udziału na powierzchniach SPO I rzędu w okresie 2007-2025

Grupy gatunkowe	Rok									Liczebność grupy w 2025 r.	Zmiana w okresie 2007 - 2025	
	2007	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025		[p.p.]	[%]*
So	57,2	57,0	56,0	54,1	53,5	53,3	53,1	53,0	52,8	21727	-4,37	-7,63
Św	5,3	5,0	4,8	4,3	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	1629	-1,33	-25,17
Jd	2,5	2,5	2,5	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	1149	0,31	12,65
Inne iglaste	1,2	1,3	1,3	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	659	0,42	34,93
Bk	4,1	4,1	4,1	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,5	1841	0,43	10,52
Db	6,8	7,2	7,6	8,1	8,3	8,6	8,6	8,7	8,9	3662	2,07	30,18
Brz	10,5	10,2	10,5	10,4	10,5	10,4	10,3	10,2	10,0	4129	-0,43	-4,09
Ol	6,3	6,3	6,4	7,0	7,2	7,4	7,5	7,5	7,5	3074	1,17	18,45
Inne liściaste	6,1	6,5	6,7	7,4	7,6	7,5	7,7	7,7	7,9	3230	1,74	28,47

* Zmiana udziału danego gatunku w odniesieniu do wartości z roku 2007



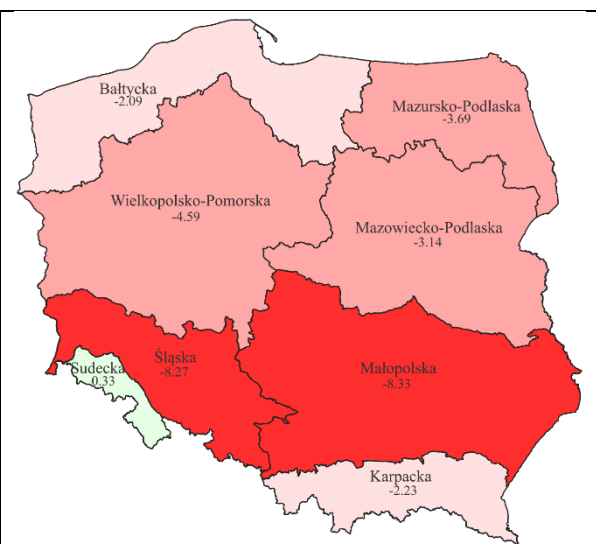
Rycina 5.1. Zmiana udziału gatunków liściastych i iglastych [%] w okresie 2007-2025 na powierzchniach SPO I rzędu



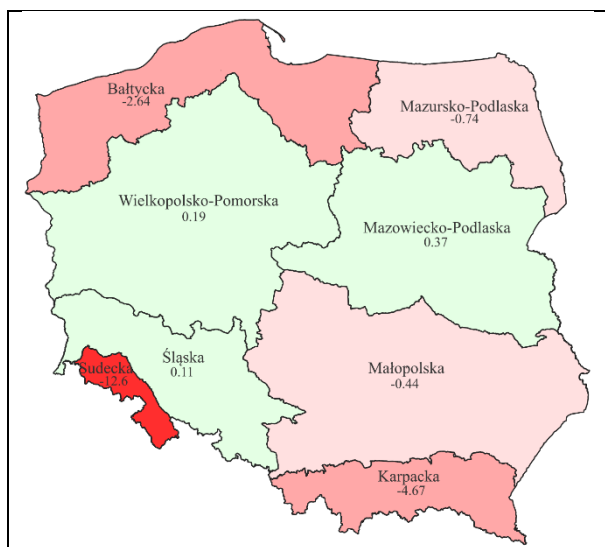
Rycina 5.2. Zmiana udziału głównych grup gatunkowych [p.p.] w układzie form własności w okresie 2007-2025 na powierzchniach SPO I rzędu



Gatunki iglaste ogółem



Sosna zwyczajna



Świerk pospolity



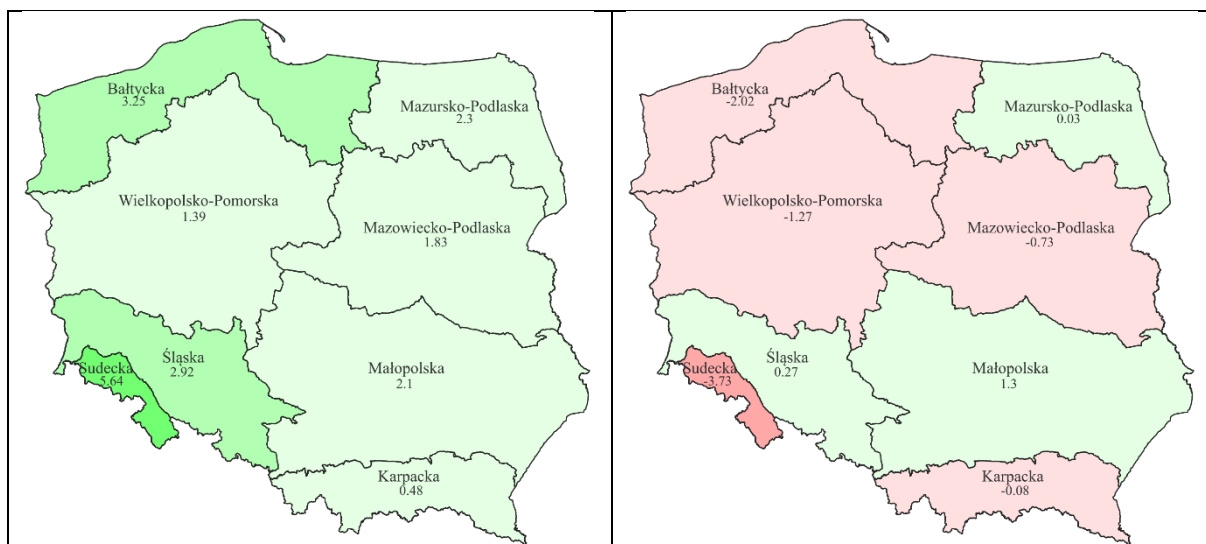
Jodła pospolita



Pozostałe gatunki iglaste

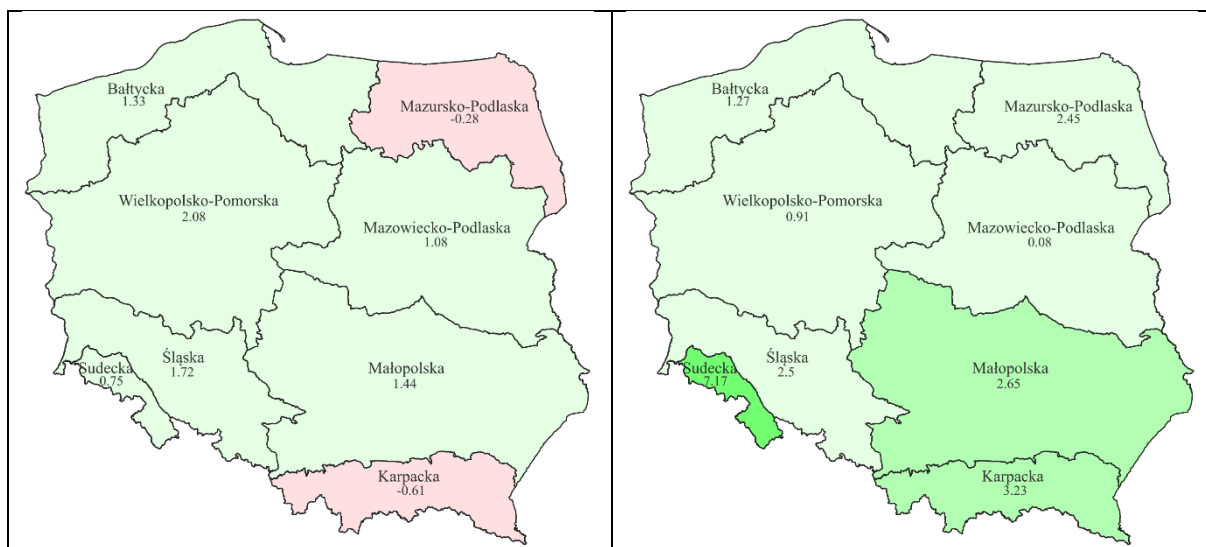


Buk pospolity



Dąb szypułkowy i bezszypułkowy

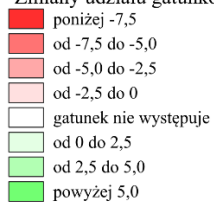
Brzoza brodawkowata i omszona



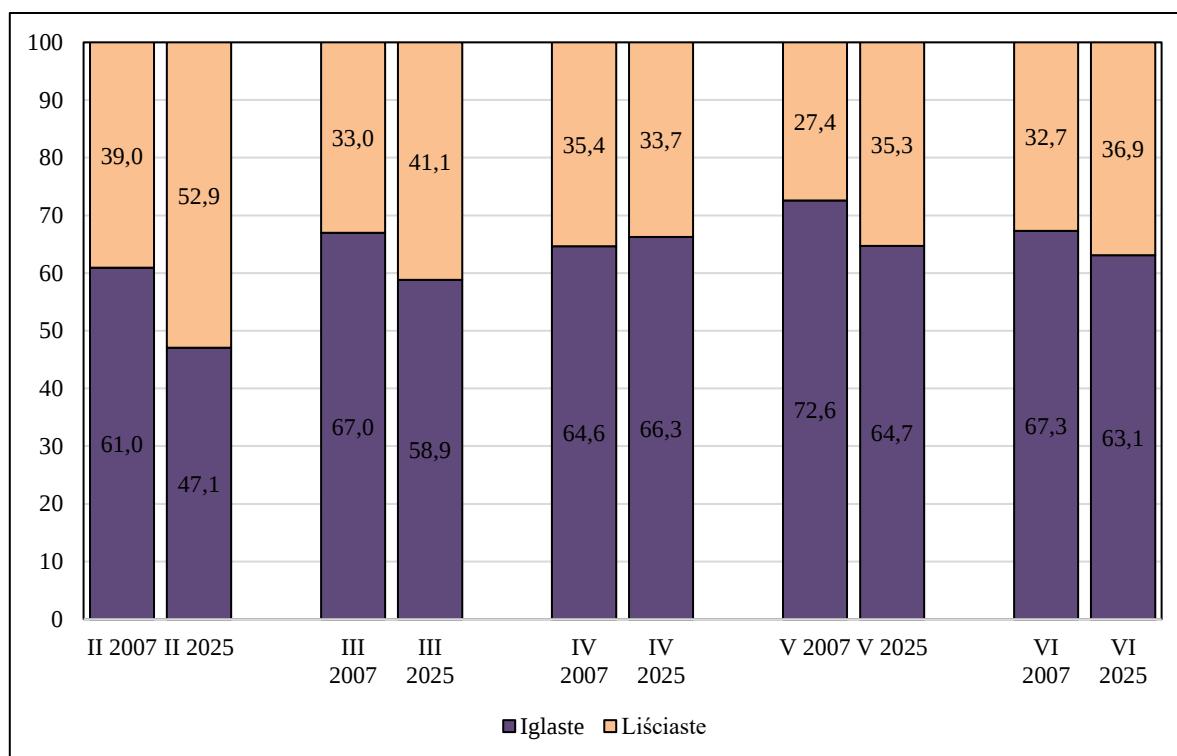
Olcha czarna i szara

Pozostałe gatunki liściaste

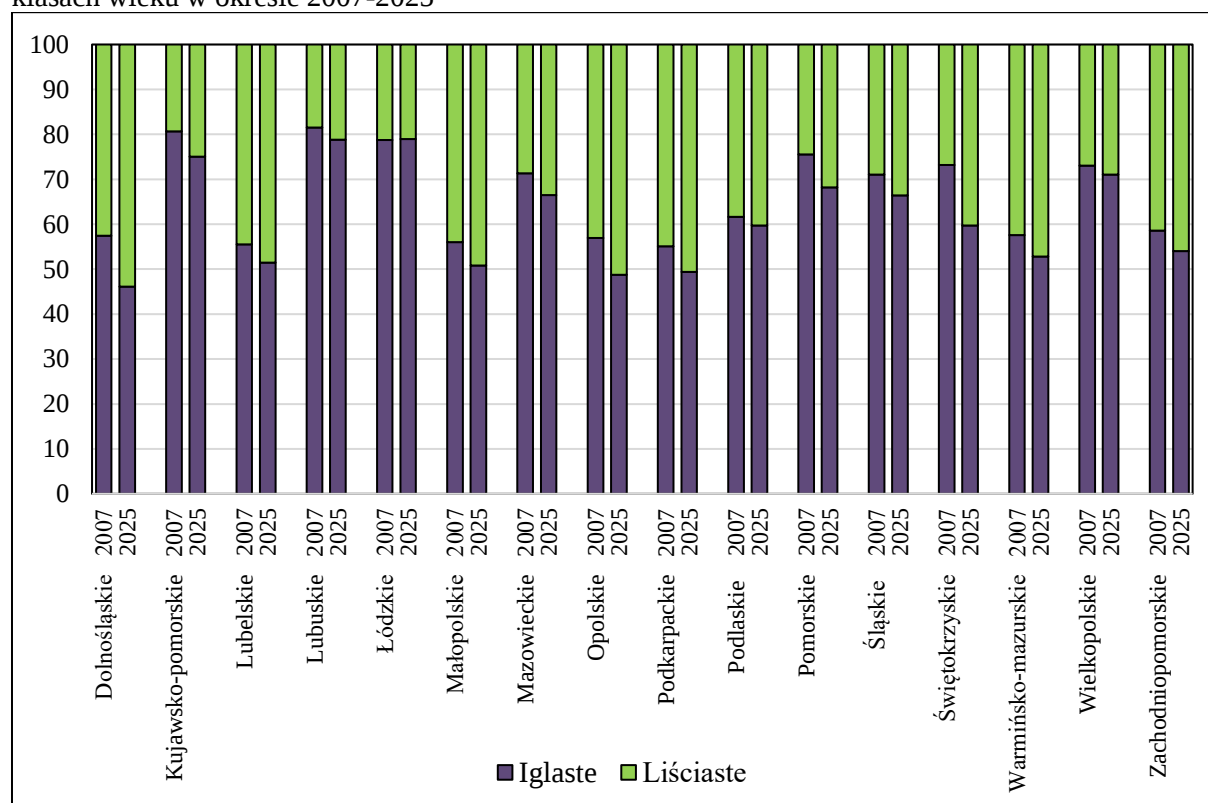
Zmiany udziału gatunków [p.p.]



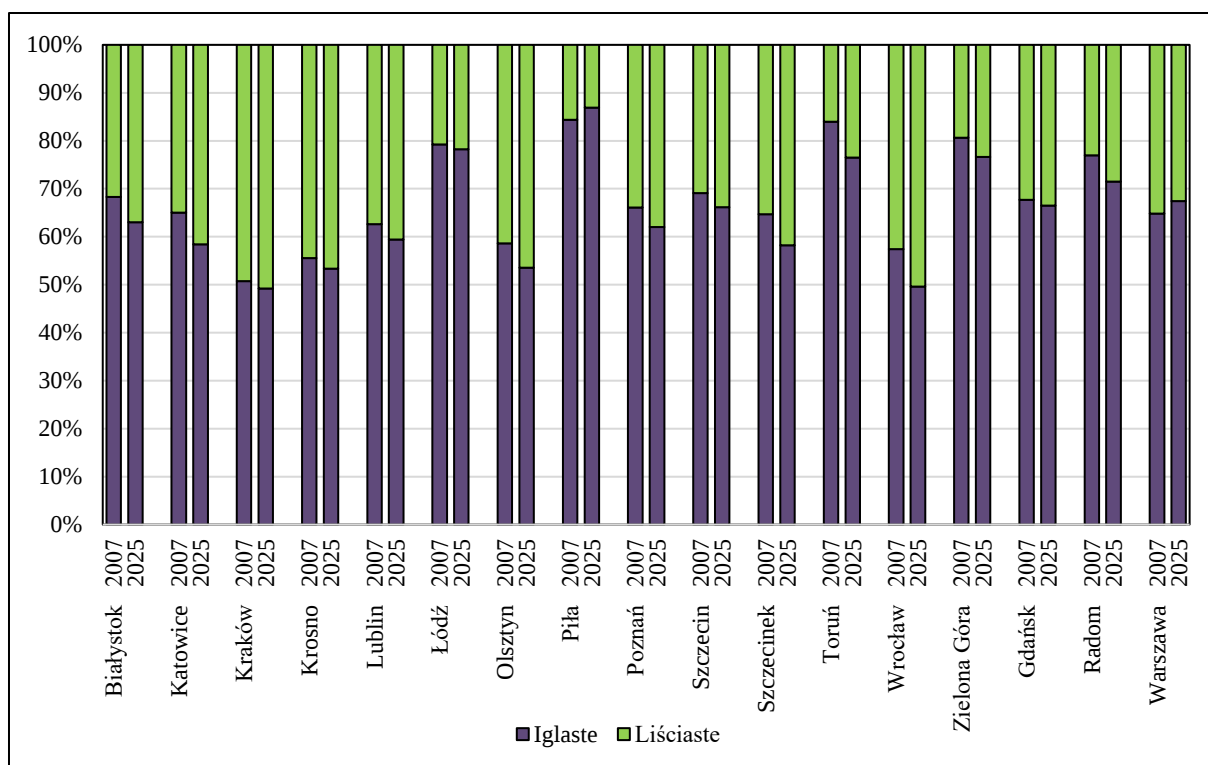
Ryc. 5.3. Zmiany udziału gatunków drzew na SPO I rzędu [p.p.] wg grup gatunkowych w układzie krain przyrodniczo-leśnych w okresie 2007-2025.



Rycina 5.4. Zmiany udziału gatunków iglastych i liściastych [%] na powierzchniach SPO I rzędu w klasach wieku w okresie 2007-2025



Rycina 5.5. Zmiany udziału gatunków iglastych i liściastych [%] na powierzchniach SPO I rzędu w układzie województw okresie 2007-2025



Rycina 5.6. Zmiany udziału gatunków iglastych i liściastych [%] na powierzchniach SPO I rzędu na terenach zarządzanych przez PGL LP w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych 2007-2025

6. OCENA USZKODZEŃ DRZEW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH I RZĘDU MONITORINGU LASU W 2025 ROKU – PAWEŁ LECH

6.1. Charakterystyka zebranych danych

W 2025 roku ocenę symptomów uszkodzeń i przyczyn ich powstawania wykonano na 2055 SPO I rzędu, łącznie na 41 100 drzewach 39 gatunków. Najliczniej reprezentowany był rodzaj sosna, a w nim sosna zwyczajna (21 727 drzew i 52,86% wszystkich drzew), następnie brzoza, w tym brzoza brodawkowata i omszona (4 129 drzew i 10,05%), dąb – przede wszystkim rodzime gatunki dębów (3 662 drzewa i 8,91%), olsza, olsza czarna i szara (3074 drzewa i 7,48%), buk (1841 drzew i 4,48%), świerk pospolity (1 629 drzew i 3,96%) oraz jodła (1149 drzew i 2,80% wszystkich drzew). Łącznie było 25 164 drzewa 8 gatunków iglastych (w tym 65 drzew 4 gatunków obcych), co stanowiło 61,23% wszystkich ocenianych drzew oraz 15 936 (38,77%) drzew 31 gatunków liściastych. Liczba drzew 8 gatunków (So, Św, Jd, Dbsz, Dbb, Bk, Brzb i Olcz) przekraczała jeden tysiąc, a kolejnych 4 (Gb, Tpo, Md, Jw) zawierała się w przedziale 500–1000 drzew. W przypadku 21 gatunków (4 iglastych i 17 liściastych) liczba drzew nie przekraczała 100, przy czym dla 6 gatunków była mniejsza bądź równa 10 drzew.

Łącznie na SPO I rzędu stwierdzono 44 944 uszkodzenia, które występowały na 29 756 drzewach, co stanowiło 72,40% ocenianych drzew. W porównaniu do roku 2024 nastąpił spadek udziału drzew uszkodzonych o 4 punkty procentowe. Uszkodzeń o nasileniu przekraczającym 40% było 3 182 (w roku 2024 uszkodzeń o podobnym nasileniu było 3 454), co stanowiło 7,08% wszystkich odnotowanych uszkodzeń drzew. Na 17 190 drzewach stwierdzono występowanie jednego uszkodzenia, na 9 944 – dwóch uszkodzeń, a na 2 622 drzewach – trzech.

Nieuszkodzonych było łącznie 11 344 drzew, co stanowiło 27,60% drzew ocenianych i było wartością najwyższą w ciągu kilku ostatnich lat. W roku 2024 na SPO I rzędu udział drzew nieuszkodzonych wynosił 23,60%, w roku 2023 – 22,43% i w 2022 r. - 23,16%. Spośród głównych lasotwórczych gatunków iglastych najwięcej drzew bez uszkodzeń cechowało jodłę (35,86%) i sosnę zwyczajną (33,79%), a mniej świerka (28,42%). Spośród gatunków liściastych największym udziałem drzew bez uszkodzeń cechował się buk (33,46%), następnie brzozy brodawkowata i omszona (20,83%), olsze czarna i szara (10,51%) i najmniejszym – rodzime dęby (8,85%).

6.2. Występowanie uszkodzeń drzew wg gatunków, krain przyrodniczo-leśnych i rdLP

Przeciętna liczba uszkodzeń przypadających na jedno drzewo wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2025 roku zawierała się w przedziale od 0,78 (dla domieszkowych gatunków

iglastych) do 1,63 (dla dębu) (tab. 6.1). Średnia wartość tego parametru dla drzew wszystkich gatunków wynosiła 1,09 i była niższa niż w roku 2024 oraz w latach 2018 – 2023. Spośród gatunków iglastych najmniejszym nasileniem występowania uszkodzeń, poza domieszkowymi gatunkami iglastymi (głównie modrzewiem) cechowała się jodła (0,89), nieco wyższym sosna (0,96) oraz najwyższym świerk (1,04). Wśród gatunków liściastych najmniej uszkodzeń stwierdzono u buka (0,92 uszkodzeń/1 drzewo). Na pozostałych gatunkach i grupach gatunków drzew liściastych nasilenie występowania uszkodzeń drzew przekraczało wartość 1,0. W porównaniu do roku 2024 nastąpił spadek częstości występowania uszkodzeń u wszystkich wyróżnionych gatunków drzew, największy u buka (o 0,25 uszkodzenia na drzewie).

Porównanie nasilenia występowania uszkodzeń pomiędzy wyróżnionymi gatunkami i grupami gatunków drzew wskazuje, że w całym okresie 2016-2025 najniższymi wartościami tego nasilenia cechowały się domieszkowe gatunki iglaste, a najwyższymi – dęby (ryc. 6.1). Zauważyć również należy, że cecha ta wykazywała mniejsze nasilenie u gatunków iglastych niż u gatunków liściastych. Jedynym wyjątkiem jest tu buk, który w 2024 r. charakteryzował się mniejszym nasileniem występowania uszkodzeń niż świerk, a w 2025 r. niż świerk i sosna. Stwierdzić również można, że w ostatnich 2 latach następowało zmniejszenie się nasilenia występowania uszkodzeń u wszystkich gatunków, największe właśnie u buka i znaczące także u domieszkowych gatunków liściastych (ryc. 6.1).

Przeprowadzona analiza trendów zmian nasilenia występowania uszkodzeń na drzewach w dziesięcioleciu 2016–2025 (test Mann-Kendall'a) wykazała zróżnicowane kierunki zmian nasilenia występowania uszkodzeń dla wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew. Wzrost cechował sosnę, prawdopodobny wzrost – domieszkowe gatunki iglaste. Świerka, dęby, buka, olsze, jodłę, brzozy i domieszkowe gatunki liściaste cechował brak trendu zmian nasilenia występowania uszkodzeń nasilenia występowania uszkodzeń lub stabilny stan tego nasilenia w całym okresie 2016-2025. W przypadku wszystkich gatunków razem, wykonany test również wskazał na brak trendu nasilenia występowania uszkodzeń drzew (tab. 6.1).

Dla brzoź i wszystkich drzew łącznie w 2025 r. wraz z wiekiem następował wzrost średniej liczby uszkodzeń występujących na jednym drzewie. W przypadku pozostałych gatunków i grup gatunków drzew takiej zależności nie stwierdzono, jednakże w przypadku sosny, jodły, dębów, olsz i domieszkowych gatunków liściastych drzewa najstarsze (o wieku powyżej 80 lat) charakteryzowały się najwyższym nasileniem występowania uszkodzeń.

U świerka najwyższe wartości tego parametru odnotowano dla drzew o wieku 41-60 lat, domieszkowych gatunków iglastych – 61-80 lat, a u buka – 21-40 lat (tab. 6.1).

Zróznicowanie pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem średniej liczby uszkodzeń przypadającej na jedno drzewo w 2025 r. zawierało się w przedziale od 0,85 (Kraina Mazursko-Podlaska) do 1,34 (Kraina Bałtycka) (tab. 6.2). Największe różnice pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem liczby uszkodzeń na jednym drzewie stwierdzono dla sosny oraz dla olszy. Wyróżnione główne gatunki drzew najwyższe wartości wskaźnika średniej liczby uszkodzeń występujących na jednym drzewie osiągały dla różnych krain przyrodniczo-leśnych: sosna – w Krainie Bałtyckiej (1,13 uszkodzenia/drzewo), świerk – w Krainie Małopolskiej (1,29), dęby, buk, brzozy i olsze – w Krainie Bałtyckiej (odpowiednio 1,80, 1,27, 1,42 i 1,83). Dla wielu krain przyrodniczo-leśnych liczebności drzew niektórych gatunków były niewielkie (poniżej 50) i nie zostały uwzględnione w powyższym omówieniu.

W porównaniu do roku 2024 odnotowano niewielki wzrost średniej liczby uszkodzeń przypadających na jedno drzewo jedynie w Krainie Bałtyckiej, zaś w pozostałych spadek, największy w Krainie Sudeckiej (o 0,53 uszkodzenia/drzewo). Wykonana za pomocą testu Mann-Kendall’a analiza trendów dla dziesięciolecia 2016–2025 wykazała wzrost nasilenia występowania uszkodzeń w 2 krainach, prawdopodobny wzrost w kolejnych 2, w jednej spadek (Kraina Mazursko-Podlaska) oraz w trzech brak trendu (Krainy Śląska i Sudecka) lub stabilny stan (Kraina Karpacka) (tab. 6.2).

Średnia liczba uszkodzeń przypadająca na jedno drzewo w rdLP zawierała się w przedziale od 0,67 (RDPL w Zielonej Górze) do 1,70 (RDLP w Szczecinie). Mniejsza niż przeciętna dla całej Polski liczba uszkodzeń na 1 drzewie (1,09 uszkodzenia/drzewo) wystąpiła w 9 rdLP (w Białymstoku, Katowicach, Krośnie, Olsztynie, Pile, Toruniu, Wrocławiu, Zielonej Górze i Gdańsku), w Krakowie była taka sama, a w pozostałych siedmiu rdLP była wyższa. W parkach narodowych w 2025 r. nastąpił spadek nasilenia występowania uszkodzeń drzew w porównaniu do roku poprzedniego. Spadek liczby uszkodzeń na jednym drzewie w 2025 r. względem roku poprzedniego odnotowano również w 11 rdLP (w Białymstoku, Katowicach, Krakowie, Krośnie, Łodzi, Olsztynie, Poznaniu, Szczecinie, Wrocławiu, Zielonej Górze, i Warszawie). Wzrost miał miejsce w 4 rdLP, a w dwóch rdLP (w Toruniu i Radomiu) nie uległ zmianie (tab. 6.2).

Największą średnią liczbą uszkodzeń na jednym drzewie w 2025 roku cechowały się sosny w RDLP w Szczecinie oraz w parkach narodowych (odpowiednio 1,54 i 1,50 uszkodzenia/drzewo). Spośród gatunków iglastych najwyższymi wartościami wskaźnika

cechowały się świerki w RDLP w Warszawie i Szczecinie (odpowiednio 2,00 i 1,73) oraz jodły we Wrocławiu i Szczecinku (odpowiednio 2,14 i 2,0 uszkodzenia/drzewo), jednakże ze względu na niewielką liczbę drzew tych gatunków w wymienionych rdLP, wyniki te należy traktować z rezerwą. W przypadku gatunków liściastych najczęściej uszkodzeń występowało na dębach – w RDLP w Szczecinie, Szczecinku i Toruniu oraz w parkach narodowych, na brzozech w RDLP w Szczecinie oraz na olszach w RDLP w Szczecinie i Toruniu – wskaźnik był zbliżony lub przekraczał wartość 2 uszkodzeń/drzewo (tab. 6.2). Wykonana analiza trendów wykazała, że w 10 rdLP (Katowice, Lublin, Łódź, Olsztyn, Szczecin, Szczecinek, Toruń, Zielona Góra, Radom i Warszawa) następował wzrost średniej liczby uszkodzeń na jednym drzewie w okresie 2016–2025, w RDLP w Pile stwierdzono prawdopodobny wzrost, natomiast w RDLP w Białymstoku i Krośnie wystąpił spadek. W pozostałych rdLP oraz w parkach narodowych nie stwierdzono trendu zmian nasilenia występowania uszkodzeń drzew lub stabilny stan (tab. 6.2).

Na charakter występujących zagrożeń wskazuje zestawienie najczęściej stwierdzanych lokalizacji i symptomów uszkodzeń zarejestrowanych dla danego drzewa oraz związanych z nimi czynników sprawczych w układzie poszczególnych gatunków drzew (tab. 6.3). Odsetek drzew, dla których pomimo wykonanej oceny nie udało się określić czynnika sprawczego, wynosił w 2025 roku 30,8% i był o 0,4 punktu procentowego wyższy niż w roku 2024. Dla świerka, jodły domieszkowych gatunków iglastych oraz buka i domieszkowych gatunków liściastych największym udziałem cechowały się uszkodzenia, dla których nie można było wskazać jednoznacznej przyczyny, tj. „badane niezidentyfikowane”. W przypadku sosny dominującą kategorią czynników sprawczych była „konkurencja i inne czynniki”, natomiast dla dębów, brzoź, olsz najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym rejestrowanych uszkodzeń były „owady”. Odpowiadały one za 51,0% uszkodzeń olsz, 38,1% uszkodzeń dębów oraz 32,0% uszkodzeń brzoź. Najczęściej identyfikowanymi symptomami uszkodzeń w przypadku wszystkich gatunków razem (28,0%), świerka, dębów, brzoź, olsz oraz domieszkowych gatunków liściastych był „ubytek igieł/liści”. W przypadku sosny, jodły, domieszkowych gatunków iglastych i buka dominowały „deformacje” – odpowiednio 28,6%, 30,8%, 24,4% i 24,2%. Częścią drzewa, którego najczęściej dotyczyły uszkodzenia na drzewach iglastych oraz na buku i domieszkowych gatunkach liściastych była strzała, a na pozostałych gatunkach liściastych – liście (tab. 6.3).

6.3. Charakterystyka uszkodzeń pod względem lokalizacji w obrębie drzewa, występujących symptomów i głównych kategorii czynników sprawczych

Lokalizacja uszkodzeń w obrębie drzewa

Uwzględniając podział na części morfologiczne drzew (strzała razem z szyją korzeniową, gałęzie wraz z pędami i pączkami oraz igły bądź liście), najczęściej wskazywanym miejscem położenia symptomów zarejestrowanych w 2025 r., podobnie jak w latach poprzednich, była strzała (48,56% wszystkich wskazanych lokalizacji uszkodzeń), w tym przede wszystkim pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną (25,36%), oraz liście bądź igły – 30,93% (tab. 6.4). Udział gałęzi, pędów i pączków jako miejsc występowania uszkodzeń był mniejszy – odpowiednio 20,51% lokalizacji uszkodzeń.

Wśród wszystkich wyróżnionych gatunków iglastych oraz u buka i domieszkowych gatunków liściastych najczęściej występującą lokalizacją uszkodzeń była strzała, zaś u dębów, brzoź i olsz – liście (tab. 6.4). W przypadku sosny poza strzałą uszkodzenia występowały znacząco mniej licznie na gałęziach, pędach i pączkach (23,96%) oraz na igłach (16,59% uszkodzeń sosny). Podobnie, u jodły i iglastych gatunków domieszkowych uszkodzenia częściej występowały na gałęziach, pędach i pączkach niż na igłach. U świerka większym udziałem cechowały się igły (23,71%), a gałęzie nieco mniejszym (17,65%). Strzała była drugim pod względem udziału miejscem występowania uszkodzeń brzoź i olsz. U buków i domieszkowych gatunków liściastych, drugim po strzale, najwyższym udziałem lokalizacji uszkodzeń były liście (odpowiednio 21,34% oraz 35,21% uszkodzeń tych gatunków), najniższym zaś – gałęzie pędy i pączki (odpowiednio 19,69% i 16,29%). W przypadku dębów uszkodzenia częściej występowały na gałęziach, pędach i pączkach (21,46%) niż na strzale (19,95%) (tab. 6.4).

Symptomy uszkodzeń

Wśród symptomów uszkodzenia największym udziałem w roku 2025 wyróżniał się ubytek igieł/liści (28,0% wszystkich symptomów uszkodzeń), który dominował u świerka i wszystkich, z wyjątkiem buka, gatunków liściastych (tab. 6.5). Znaczący był również udział deformacji (21,4% wszystkich uszkodzeń), które przeważały u sosny, jodły, domieszkowych gatunków iglastych i buka (odpowiednio 28,6%, 30,8%, 24,4% i 24,2% wszystkich symptomów dla danego gatunku). W przypadku pozostałych wyróżnionych gatunków liściastych udział deformacji zawierał się w przedziale 8,9% (dęby) do 19,8% (domieszkowe gatunki liściaste). Wśród wyróżnionych symptomów uszkodzenia mniejszymi udziałami cechowały się rany (9,4%), których udział był wysoki w przypadku świerka, jodły i buka

(odpowiednio 20,2%, 15,0% i 17,8%), następnie martwe, obumierające gałęzie (9,6%) oraz drzewa pochylone (9,3% wszystkich symptomów uszkodzeń). W przypadku świerka dużym udziałem cechowały się ponadto wycieki żywicy (17,4% symptomów uszkodzenia drzew tego gatunku). Udział pozostałych symptomów był niższy i zawierał się w przedziale od 5,2% (przebarwienia liści/igieł) do 0,2% (nienaturalne rozmiary liści/igieł, wycieki na drzewach liściastych). Pojedynczo (łącznie 5 przypadków i 0,0% udziału w uszkodzeniach ogółem) w 2025 roku wystąpiły drzewa przewrócone (tab. 6.5).

Czynniki sprawcze

Spośród wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń drzew najwyższy udział, poza kategorią badane, niezidentyfikowane (30,79% wszystkich przypadków), miały w 2025 roku konkurencja i inne czynniki oraz owady (odpowiednio: 27,22% i 18,75%). Znacznie rzadziej wskazywano na czynniki abiotyczne (9,47%), grzyby (6,70%) oraz bezpośrednie oddziaływanie człowieka (5,65%). Bardzo małymi udziałami cechowały się takie czynniki sprawcze jak kręgowce (1,38% uszkodzeń) i pożary (0,05%). Nie stwierdzono natomiast żadnego uszkodzenia spowodowanego bezpośrednim oddziaływaniem zanieczyszczeń powietrza (tab. 6.6).

Konkurencja i inne czynniki odpowiadały za 36,61% wszystkich uszkodzeń sosny, 21,18% uszkodzeń świerka, 27,80% uszkodzeń jodły, 24,81% uszkodzeń domieszkowych gatunków iglastych oraz 19,93% uszkodzeń buków. W przypadku gatunków liściastych, poza bukiem, najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym uszkodzeń były owady. Odpowiadały one za 50,96% uszkodzeń olsz, 38,13% uszkodzeń dębów, 32,02% uszkodzeń brzoź oraz 27,44% domieszkowych gatunków liściastych. W przypadku jodły i dębów znaczny udział, jako przyczyna uszkodzeń drzew, miały także grzyby (odpowiednio 14,15% i 14,76%). Czynniki abiotyczne stanowiły znaczącą przyczynę uszkodzeń występujących na domieszkowych gatunkach iglastych, bukach, sośnie, brzożach oraz domieszkowych gatunkach liściastych (odpowiednio 11,82%, 11,82%, 10,99%, 10,97% i 9,83% uszkodzeń danego gatunku/grupy gatunków), natomiast bezpośrednie działanie człowieka – buka (10,88%) i domieszkowych gatunków iglastych (9,11%). Pozostałe kategorie czynników sprawczych nie miały znaczącego udziału w powstawaniu uszkodzeń poszczególnych gatunków drzew. Na podkreślenie zasługuje fakt całkowitego braku uszkodzeń spowodowanych przez bezpośrednie oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza oraz bardzo mała liczba uszkodzeń (22 przypadki), których przyczyną były pożary (tab. 6.6).

Udział uszkodzeń, dla których w 2025 roku nie zidentyfikowano czynnika sprawczego w przypadku gatunków iglastych zawierał się w przedziale 34,70–42,44%, zaś w odniesieniu do gatunków liściastych – od 17,17% do 29,27% (tab. 6.6). Największym udziałem niezidentyfikowanych czynników sprawczych cechowały się domieszkowe gatunki iglaste i świerk (42,44% i 41,47%, najmniejszym zaś – olsza. W roku 2025, w porównaniu do roku poprzedniego, udział uszkodzeń, dla których nie określono czynnika sprawczego zwiększył się dla 3 gatunków/grup gatunków drzew (sosny, olsz i buka i domieszkowych gatunków liściastych). Dla pozostałych gatunków/grup gatunków drzew odnotowano poprawę identyfikowalności przyczyn występowania uszkodzeń. Analiza trendów w piętnastoleciu 2011–2025 wykazała poprawę identyfikowalności przyczyn uszkodzeń dla sosny i wszystkich gatunków łącznie i brak statystycznie istotnego trendu dla pozostałych gatunków/grup gatunków drzew – świerka, jodły, domieszkowych gatunków iglastych, buka, dębów, olsz, brzoź i domieszkowych gatunków liściastych (tab. 6.6).

Owady oraz konkurencja i inne czynniki

W 2025 roku na SPO I rzędu stwierdzono 8425 przypadków uszkodzeń spowodowanych przez owady, co stanowiło przyczynę 18,75% wszystkich uszkodzeń (tab. 6.6). Najliczniejszymi wśród owadów sprawcami szkód, podobnie jak w latach poprzednich, były owady liściożerne (foliofagi) – stanowiły one 79,03% wszystkich przypadków uszkodzeń tej kategorii sprawców. Udział powyżej 5% cechował ponadto owady uszkadzające pień, gałęzie i pędy oraz owady ssące (tab. 6.7). Udział wyróżnianych grup owadów powodujących uszkodzenia w roku 2025 był podobny do tego z lat poprzednich.

Spośród wszystkich uszkodzeń spowodowanych przez owady w 2025 r. na drzewach iglastych występowało łącznie 12,21%, w tym na sośnie 9,51%, świerku – 1,78%, jodle – 0,53% oraz na domieszkowych gatunkach iglastych – 0,39% (tab. 6.7). W przypadku sosny i świerka dominującą grupą owadów powodujących uszkodzenia drzew były kambiofagi (uszkadzające pień, gałęzie, pędy), a w przypadku jodły – owady ssące. Na gatunkach liściastych występowało łącznie 87,79% uszkodzeń spowodowanych przez owady. U wszystkich wyróżnionych gatunków liściastych dominującą grupą owadów powodującą uszkodzenia były foliofagi (owady uszkadzające liście). Udział innych grup owadów był wielokrotnie mniejszy (tab. 6.7).

Konkurencja i inne czynniki były najczęściej wskazywaną grupą czynników sprawczych uszkodzeń drzew na SPO I rzędu w 2025 roku – stwierdzono łącznie 12 232 uszkodzeń tej kategorii, co stanowiło 27,22% wszystkich uszkodzeń (tab. 6.6). Udział

uszkodzeń spowodowanych przez tę grupę czynników na drzewach iglastych wynosił 68,49%, a na liściastych – 31,51% (tab. 6.7), co w przybliżeniu odpowiada proporcji liczby drzew obydwu kategorii. Konkurencja charakteryzowała się największym udziałem (83,04%) wśród wyróżnionych podkategorii tej grupy sprawców i dominowała w przypadku wszystkich wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew. Udziałem powyżej 1% cechowały się również takie podkategorie, jak: epifity, pasożyty (9,83%) oraz inne znane, ale niepodane (4,85%). Wysoki był również udział uszkodzeń, dla których wskazano ogólną nazwę kategorii, bez dalszej specyfikacji (4,85%, tab. 6.7).

Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę

W ostatnich latach obserwuje się nasilenie występowania jemioli na terenach leśnych. Dlatego też, podobnie jak miało to miejsce w latach poprzednich, przeanalizowano najważniejsze aspekty tego zjawiska, wykorzystując do tego celu wyniki obserwacji monitoringowych i oceny występowania uszkodzeń drzew na SPO I rzędu z lat 2008–2025.

Udział jemioli wśród wyróżnianych czynników sprawczych uszkodzeń w 2025 r. był relatywnie niewielki. Łącznie stwierdzono 1200 uszkodzeń spowodowanych przez tego sprawcę, co stanowiło jedynie 2,67% wszystkich zarejestrowanych. Również relatywnie niewielka była przeciętna liczba uszkodzeń tej kategorii przypadająca na jedno drzewo. Dlatego w zestawieniu (tab. 6.8) i na rycinie (ryc. 6.2) posługiwano się wartościami zmodyfikowanymi, pomnożonymi przez 100. Oznacza to, że jeżeli wartość tego wskaźnika równa się 1, to statystycznie jedno uszkodzenie spowodowane przez jemiolę przypadało na 100 ocenianych drzew.

Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę w roku 2025, podobnie jak w kilku poprzednich latach, dotyczyło następujących gatunków drzew: sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), jodły (*Abies alba* Mill.), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth), brzozy omszonej (*Betula pubescens* Ehrh.), klonu zwyczajnego (*Acer platanoides* L.), klonu jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.), wierzby białej (*Salix alba* L.), topoli osiki (*Populus tremula* L.) oraz lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). W 2025 roku jemiola występowała najczęściej na 2 gatunkach drzew: jodle (8,70 uszkodzeń/100 drzew) oraz sośnie zwyczajnej (4,54 uszkodzeń/100 drzew). Rzadziej była rejestrowana na brzozach (1,74 uszkodzeń/100 drzew) oraz domieszkowych gatunkach liściastych (1,35 uszkodzeń/100 drzew). W przypadku sosny i jodły w 2025 roku odnotowano niewielki wzrost nasilenia uszkodzeń powodowanych przez jemiolę w porównaniu do roku 2024, natomiast w przypadku brzozy wskaźnik ten był taki sam jak w roku poprzednim, zaś w odniesieniu do domieszkowych gatunków liściastych nastąpił

niewielki spadek. Gatunkami wolnymi od uszkodzeń spowodowanych przez jemiołę był świerk, domieszkowe gatunki iglaste, buk, rodzime dęby, olsza czarna (tab. 6.8).

W dziesięcioleciu 2016–2025 występowanie jemioły wykazywało wyraźną tendencję wzrostową. Była ona statystycznie istotna dla wszystkich gatunków i grup gatunków drzew, na których ten pasożyt występował (tab. 6.8). Jednakże, w ostatnich 3 latach zaobserwowano wyraźnie wolniejsze tempo narastania liczby uszkodzeń spowodowanych przez jemiołę. W roku 2022 wynosił on 5,1% w porównaniu do roku 2021, w roku 2023 już tylko 1,5% względem roku 2022 oraz w roku 2024 1,8% względem roku 2023 i był najniższy w 2025 roku w porównaniu do roku 2024 – wyniósł tylko 0,6%. W latach wcześniejszych wzrost ten był znacząco większy, przeważnie około 20% rok do roku (ryc. 6.2). Zaznaczyć tu również należy, że wykonywanie oceny stanu zdrowotnego drzew w okresie największego rozwoju aparatu asymilacyjnego drzew i podszytu utrudnia prawidłowe wykonanie oceny występowania patogenu i może prowadzić do uzyskiwanych wskaźników zaniżonych względem rzeczywistych.

6.4. Podsumowanie

Przeprowadzona w Polsce w 2025 roku w ramach monitoringu lasów ocena uszkodzeń drzew wykazała, że 72,40% spośród nich było uszkodzonych. W porównaniu do roku poprzedniego nastąpił spadek udziału uszkodzonych drzew i adekwatne zwiększenie udziału drzew nieuszkodzonych. Spadek ten spowodował niewielkie zmniejszenie nasilenia występowania uszkodzeń na jednym drzewie, z 1,20 w roku 2024 do 1,09 uszkodzenia/drzewo w roku 2025. Znać należy, że był to drugi, kolejny rok zmniejszania się nasilenia występowania uszkodzeń na drzewach. W 2025 r. dla większości wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew potwierdzono statystycznie brak występowania ukierunkowanych trendów nasilenia występowania uszkodzeń w dziesięcioleciu 2016–2025. Wzrost stwierdzono jedynie w przypadku sosny, a prawdopodobny wzrost dla domieszkowych gatunków iglastych. Oznacza to zmianę kierunku trendów w przypadku większości wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew, dla których w roku 2024 dominowały wzrosty nasilenia występowania uszkodzeń.

Najczęściej uszkodzanymi częściami drzew wszystkich gatunków iglastych oraz buka i domieszkowych gatunków liściastych była strzała, zaś pozostałych gatunków liściastych – liście. Udział pierwszej wymienionej lokalizacji, wśród wszystkich uszkodzeń zarejestrowanych w trakcie prac terenowych, wynosił 48,56%, a drugiej – obejmującej również

igły w odniesieniu do gatunków iglastych – 30,93%. Udział uszkodzeń gałęzi, pędów i pączków wynosił 20,51% wszystkich uszkodzeń odnotowanych w 2025 r. na SPO I rzędu.

Największy udział wśród wyróżnionych symptomów uszkodzeń stanowił ubytek igieł/liści (28,0%), który to symptom dominował u wszystkich, poza bukiem, wyróżnionych liściastych gatunków drzew oraz u świerka. U sosny, jodły, domieszkowych gatunków iglastych i buka przeważały deformacje. Zwraca również uwagę niewielki udział (poniżej 1%) takich symptomów uszkodzenia, jak: oznaki występowania owadów, oznaki występowania grzybów, nekrozy, nienaturalne rozmiary liści/igieł, wycieki na drzewach liściastych oraz drzewa przewrócone.

Wśród zidentyfikowanych czynników sprawczych największym udziałem charakteryzowały się konkurencja i inne czynniki (27,22%) oraz owady (18,75%). Wśród owadów największy udział stanowiły foliofagi (79,03% uszkodzeń powodowanych przez owady), które dominowały wśród uszkodzeń wywołanych przez tę kategorię sprawców u wszystkich gatunków liściastych. W przypadku gatunków iglastych, sosny, świerka i domieszkowych gatunków iglastych przeważały owady uszkadzające pień, gałęzie i pędy (kambiofagi), zaś u jodły – owady ssące. W kategorii czynników sprawczych konkurencja i inne czynniki zdecydowanie dominowała podkategoria konkurencja, jako przyczyna występowania uszkodzeń (83,04% uszkodzeń kategorii). Wykonane analizy wykazały również trend wzrostu w okresie 2016–2025 występowania uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę, co odnosiło się do jodły, sosny, brzozy i domieszkowych gatunków liściastych. W 2025 r. dynamika rozprzestrzeniania się tego pasożyta była bardzo niewielka – wzrost liczby zarejestrowanych uszkodzeń spowodowanych przez *Viscum album* w porównaniu do roku 2024 wyniósł jedynie 7 przypadków uszkodzeń, co stanowiło 0,6% względem roku 2024. Najbardziej narażone na uszkodzenia ze strony tego sprawcy były drzewa najstarsze i największe. Występowanie jemioli w 2025 roku stwierdzono na sośnie, jodle, brzozie brodawkowatej, brzozie omszonej, klonie zwyczajnym, jaworze, wierzbie białej, topoli białej, topoli osice i lipie drobnolistnej.

Udział nieokreślonych czynników sprawczych (kod 999) w roku 2025 nieznacznie zwiększył się w porównaniu do roku poprzedniego (o 0,4 pp. i wynosił 30,79%). Wzrost ten odnotowano w przypadku sosny, buka i domieszkowych gatunków liściastych. Dla pozostałych gatunków/grup gatunków drzew odnotowano poprawę identyfikowalności przyczyn występowania uszkodzeń. Analiza trendów w okresie 2011–2025 wykazała poprawę

identyfikowalności przyczyn uszkodzeń dla sosny oraz wszystkich drzew łącznie i brak statystycznie istotnego trendu dla pozostałych gatunków/grup gatunków drzew.

Tabela 6.1. Wskaźnik występowania uszkodzeń na drzewach poszczególnych gatunków w klasach wieku w roku 2025 oraz w okresie 2016-2025 i trend zmian wartości tego wskaźnika określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Gatunki	Liczba uszkodzeń na 1 drzewie w przedziale wieku (lata)				Średnia liczba uszkodzeń na 1 drzewie w okresie 2016-2025										Trend 2016-2025
	21-40	41-60	61-80	>80	2025	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	
Sosna	0,74	0,99	0,92	1,11	0,96	1,02	1,04	1,00	1,01	1,01	0,97	0,89	0,77	0,74	W
Świerk	0,84	1,13	1,11	1,04	1,04	1,21	1,28	1,26	1,26	1,29	1,22	1,13	1,03	1,04	NT
Jodła	0,95	0,74	0,82	0,94	0,89	1,00	1,09	1,08	0,97	1,00	1,09	1,01	0,94	1,00	ST
Inne igl.	0,56	0,76	0,95	0,78	0,78	0,89	0,90	0,89	0,89	0,91	0,82	0,80	0,69	0,66	PW
Dęby	1,58	1,61	1,56	1,71	1,63	1,79	1,80	1,72	1,77	1,89	1,99	1,69	1,60	1,37	NT
Buk	0,98	0,91	0,88	0,94	0,92	1,17	1,40	1,41	1,31	1,44	1,32	1,29	1,13	1,20	NT
Brzozy	1,00	1,15	1,30	1,57	1,21	1,37	1,41	1,39	1,40	1,46	1,56	1,41	1,31	1,24	ST
Olsze	1,42	1,38	1,40	1,52	1,44	1,49	1,52	1,53	1,54	1,49	1,45	1,54	1,47	1,33	NT
Inne liśc.	1,18	1,21	1,15	1,22	1,19	1,40	1,49	1,46	1,46	1,56	1,52	1,53	1,43	1,45	ST
Razem	1,01	1,05	1,05	1,21	1,09	1,20	1,24	1,21	1,21	1,23	1,21	1,13	1,01	0,97	NT

W – wzrost; PW – prawdopodobny wzrost; ST – stabilny stan; NT – brak trendu

Tabela 6.2. Liczba uszkodzeń przypadająca w 2025 roku oraz w okresie 2016-2025 na 1 drzewo danego gatunku w krainach przyrodniczo-leśnych, RDLP i parkach narodowych oraz trend zmian wartości tego wskaźnika określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Kraina przyrodniczo- leśna RDLP	Gatunki iglaste				Gatunki liściaste					Średnia dla KP-L i RDLP w latach										Trend 2016-2025
	Sosna	Świerk	Jodla	Inne igl.	Buk	Dęby	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	2025	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	
Bałtycka	1,13	1,14	2,00	0,99	1,27	1,80	1,42	1,83	1,49	1,34	1,33	1,38	1,50	1,43	1,39	1,29	1,30	1,09	0,89	W
Mazursko-Podlaska	0,63	0,76		0,44	1,13	1,42	1,03	1,18	0,94	0,85	0,88	0,90	0,89	0,95	0,95	1,03	1,05	0,96	0,95	S
Wielkopolsko-Pomorska	0,93	1,17		0,97	1,02	1,68	1,27	1,64	1,31	1,05	1,14	1,17	1,11	1,15	1,16	1,15	1,03	0,85	0,75	PW
Mazowiecko-Podlaska	1,07	1,29		0,98	0,00	1,69	1,19	1,33	1,21	1,17	1,20	1,21	1,21	1,21	1,22	1,13	1,10	1,02	0,99	PW
Śląska	0,84	0,81		0,62	1,11	1,38	0,79	1,34	1,21	1,00	1,37	1,40	1,17	1,16	1,23	1,28	1,09	1,08	1,01	NT
Małopolska	1,02	1,29	1,12	0,73	0,66	1,71	1,27	1,37	1,22	1,15	1,23	1,26	1,21	1,17	1,22	1,15	1,09	1,09	1,07	W
Sudecka	1,07	1,19	2,14	0,51	0,58	1,28	0,76	1,29	1,02	1,06	1,59	1,55	1,24	1,45	1,47	1,56	1,23	1,17	1,23	NT
Karpacka	0,78	1,11	0,82	0,62	0,73	1,52	1,30	1,45	1,09	0,93	1,20	1,39	1,39	1,35	1,48	1,49	1,36	1,15	1,33	ST
Białystok	0,69	0,77		0,50		1,26	1,00	1,20	0,83	0,85	0,91	0,95	0,95	1,03	1,07	1,15	1,18	1,16	1,14	S
Katowice	0,93	1,33	0,61	0,71	0,65	1,76	1,18	1,63	1,15	1,07	1,20	1,35	1,13	1,11	1,18	1,08	0,97	0,95	0,96	W
Kraków	1,12	1,00	0,78	0,97	0,91	1,54	1,47	1,57	1,22	1,09	1,13	1,36	1,41	1,44	1,51	1,32	1,26	0,99	1,05	NT
Krosno	0,61	1,00	0,91	0,56	0,68	1,08	1,09	1,20	0,95	0,83	1,35	1,41	1,38	1,27	1,44	1,79	1,55	1,44	1,70	S
Lublin	1,04	1,36	1,03	0,79	0,47	1,76	1,27	1,31	1,16	1,20	1,18	1,17	1,18	1,11	1,10	1,09	1,04	1,01	0,81	W
Łódź	1,13	1,50	0,83	0,74	1,05	2,11	1,41	1,57	1,11	1,22	1,23	1,24	1,21	1,15	1,19	1,11	1,09	1,05	1,16	W
Olsztyn	0,79	0,76		0,42	0,85	1,54	1,04	1,31	1,27	0,99	1,05	1,01	1,01	1,06	1,04	0,98	0,97	0,82	0,87	W
Piła	0,95	0,98		0,44	1,12	1,63	1,20	1,55	1,74	1,01	1,00	1,03	0,99	1,01	1,18	1,11	0,96	0,70	0,60	PW
Poznań	0,92	1,25		0,64	0,53	1,79	1,30	1,58	1,30	1,14	1,17	1,20	1,09	1,17	1,30	1,22	1,15	0,99	0,84	NT
Szczecin	1,54	1,73		1,44	1,48	2,18	2,06	2,29	1,73	1,70	1,76	1,79	1,67	1,63	1,56	1,41	1,51	1,09	0,74	W
Szczecinek	0,94	1,38	2,00	1,09	1,29	1,95	1,37	1,67	1,49	1,19	1,14	1,30	1,48	1,33	1,25	1,18	1,15	0,97	0,65	W
Toruń	0,89			0,40	0,82	1,90	1,39	2,18	1,26	1,07	1,07	1,10	1,05	1,05	1,04	1,08	0,80	0,78	0,72	W
Wrocław	0,83	1,13	2,14	0,56	0,70	1,23	0,69	1,20	1,19	1,01	1,48	1,47	1,21	1,32	1,42	1,50	1,23	1,19	1,14	NT
Zielona Góra	0,59	0,71		0,50	0,67	1,05	0,58	1,01	0,95	0,67	1,25	1,25	1,18	1,25	1,07	1,16	0,99	0,91	0,86	W
Gdańsk	0,76	1,19		0,59	1,10	1,23	1,19	1,81	1,17	0,91	0,87	0,84	1,14	1,14	1,05	1,16	1,06	0,90	1,05	ST
Radom	1,11	1,21	1,26	0,71	0,96	1,70	1,24	1,34	1,45	1,23	1,23	1,25	1,22	1,19	1,25	1,08	1,05	1,06	1,08	W
Warszawa	1,21	2,00		1,38		1,47	1,30	1,29	1,33	1,26	1,30	1,29	1,29	1,31	1,31	1,15	1,08	1,01	1,01	W
Parki Narodowe	1,50	0,86	0,91	0,94	0,80	2,42	4,32	1,24	0,45	1,18	1,38	1,45	1,43	1,48	1,55	1,46	1,45	1,25	1,21	ST

W – wzrost; PW – prawdopodobny wzrost; S – spadek; PS – prawdopodobny spadek; NT – brak trendu; ST – stabilny stan

Kolorem fioletowym oznaczono krainy p-l, rdLP i PN, w których liczba drzew danego gatunku <50

Tabela 6.3. Najczęściej występujące lokalizacje, symptomy i czynniki sprawcze uszkodzeń występujących na drzewach poszczególnych gatunków w 2025 roku na SPO I rzędu

Gatunki	Liczba uszkodzeń	Najczęściej występująca lokalizacja			Najczęściej występujący symptom			Najczęściej występujący czynnik sprawczy			
		Miejsce	Liczba	Udział	Symptom	Liczba	Udział	Czynnik	Liczba	Udział 2025	Udział 2024
Sosna	20780	Strzała	12353	59,4%	Deformacje	5947	28,6%	Konkurencja i inne czynniki	7607	36,6%	37,5%
Świerk	1700	Strzała	997	58,6%	Ubytek igieł	458	26,9%	Badane niezidentyfikowane	705	41,5%	42,7%
Jodła	1018	Strzała	460	44,2%	Deformacje	314	30,8%	Badane niezidentyfikowane	379	37,2%	37,9%
Inne iglaste	516	Strzała	337	65,3%	Deformacje	126	24,4%	Badane niezidentyfikowane	219	42,4%	43,8%
Dęby	5794	Liście	3500	58,6%	Ubytek liści	2574	43,1%	Owady	1597	38,1%	37,3%
Buk	1701	Strzała	1003	59,0%	Deformacje	412	24,4%	Badane niezidentyfikowane	561	33,0%	26,4%
Brzozy	4987	Liście	2151	43,3%	Ubytek liści	1679	33,7%	Owady	1597	32,0%	32,8%
Olsze	4431	Liście	2498	53,4%	Ubytek liści	2506	56,6%	Owady	2258	51,0%	50,4%
Inne liściaste	3837	Strzała	1861	48,5%	Ubytek liści	1194	31,1%	Badane niezidentyfikowane	1123	29,3%	
Łącznie	44944	Strzała	21827	48,6%	Ubytek igieł/liści	12593	28,0%	Badane niezidentyfikowane	13838	30,8%	30,4%

Tabela 6.4. Udział procentowy wskazanych lokalizacji występowania uszkodzeń na drzewach wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2025 roku na SPO I rzędu

Lokalizacja uszkodzeń na drzewie	Gatunki drzew									Wszystkie drzewa
	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igl.	Buk	Dęby	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	
Liście, górna cz. korony	0,52	0,82	0,98	0,58	4,53	1,51	3,65	1,26	2,37	1,40
Liście, dolna cz. korony	6,31	6,76	4,42	1,55	1,82	3,95	1,76	3,63	2,27	4,63
Liście, poł. niejednolite	2,77	5,47	3,34	2,13	9,29	10,55	9,65	11,26	7,01	6,12
Liście, cała korona	7,00	10,65	4,81	5,04	5,70	42,58	28,07	40,22	23,56	18,77
Liście bądź igły	16,59	23,71	13,56	9,30	21,34	58,59	43,13	56,38	35,21	30,93
Gałęzie, pędy, pączki	23,96	17,65	41,26	25,39	19,69	21,46	14,48	9,55	16,29	20,51
Strzała w obrębie korony	15,00	7,00	8,84	6,78	5,11	2,56	3,57	2,80	3,57	8,99
Pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną	30,30	42,65	29,57	35,47	33,10	10,36	21,86	15,57	24,29	25,36
Korzenie i szyja korzeniowa <25 cm	2,76	6,47	5,30	6,01	9,64	2,13	3,79	6,97	4,98	3,89
Cała strzała	11,38	2,53	1,47	17,05	11,11	4,90	13,17	8,73	15,66	10,32
Razem strzała	59,45	58,65	45,19	65,31	58,97	19,95	42,39	34,08	48,50	48,56
Udział gatunku w uszkodzeniach ogółem	46,24	3,78	2,27	1,15	3,78	13,29	11,10	9,86	8,54	100,00

Udziały poszczególnych lokalizacji dla wyróżnionych gatunków drzew liczone względem uszkodzeń występujących na danym gatunku drzewa

Tabela 6.5. Liczba wyróżnionych typów symptomów uszkodzenia i ich udział w łącznej liczbie uszkodzeń drzew poszczególnych gatunków w 2025 roku na SPO I rzędu

Kod	Symptomy uszkodzenia	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igł.	Buk	Dęby	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	Razem uszkodzeń
1	Ubytek liści/igieł	szt.	3666	458	105	76	335	2574	1679	2506	1194	12593
		%	17,6	26,9	10,3	14,7	19,7	43,1	33,7	56,6	31,1	28,0
2-5	Przebarwienia liści/igieł	szt.	601	30	72	10	87	871	538	5	145	2359
		%	2,9	1,8	7,1	1,9	5,1	14,6	10,8	0,1	3,8	5,2
6-7	Nienaturalne rozmiary liści/igieł	szt.	4	0	1	0	5	1	46	11	15	83
		%	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,9	0,2	0,4	0,2
8	Deformacje	szt.	5947	225	314	126	412	533	788	532	761	9638
		%	28,6	13,2	30,8	24,4	24,2	8,9	15,8	12,0	19,8	21,4
9	Inne symptomy	szt.	769	8	63	4	18	26	55	36	49	1028
		%	3,7	0,5	6,2	0,8	1,1	0,4	1,1	0,8	1,3	2,3
10	Oznaki wyst. owadów	szt.	65	22	39	8	24	14	34	7	41	254
		%	0,3	1,3	3,8	1,6	1,4	0,2	0,7	0,2	1,1	0,6
11	Oznaki wyst. grzybów	szt.	99	5	10	3	11	206	14	5	23	376
		%	0,5	0,3	1,0	0,6	0,6	3,4	0,3	0,1	0,6	0,8
12	Inne oznaki	szt.	358	5	42	0	13	94	48	59	47	666
		%	1,7	0,3	4,1	0,0	0,8	1,6	1,0	1,3	1,2	1,5
13	Złamane gałęzie	szt.	802	56	44	13	51	55	110	24	66	1221
		%	3,9	3,3	4,3	2,5	3,0	0,9	2,2	0,5	1,7	2,7
14	Martwe/obumierające gałęzie	szt.	2194	130	92	58	161	791	291	208	411	4336
		%	10,6	7,6	9,0	11,2	9,5	13,2	5,8	4,7	10,7	9,6
15	Zrzucone gałęzie, pędy, pączki	szt.	393	14	23	18	1	183	107	117	53	909
		%	1,9	0,8	2,3	3,5	0,1	3,1	2,1	2,6	1,4	2,0
16	Nekrozy	szt.	66	5	2	1	11	16	17	5	6	129
		%	0,3	0,3	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3
17	Rany	szt.	2224	343	153	55	302	221	241	150	287	3976
		%	10,7	20,2	15,0	10,7	17,8	3,7	4,8	3,4	7,5	8,8
18	Wycieki żywicy	szt.	989	295	30	69	0	0	0	0	0	1383
		%	4,8	17,4	2,9	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
19	Wycieki na drzewach liściastych	szt.	0	0	0	0	2	28	41	8	6	85
		%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,8	0,2	0,2	0,2
20	Zgnilizna	szt.	434	90	21	8	157	156	213	353	294	1726
		%	2,1	5,3	2,1	1,6	9,2	2,6	4,3	8,0	7,7	3,8
21	Pochylone	szt.	2168	12	7	66	111	205	764	405	439	4177
		%	10,4	0,7	0,7	12,8	6,5	3,4	15,3	9,1	11,4	9,3
22	Przewrócone	szt.	1	2	0	1	0	0	1	0	0	5
		%	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Łączna liczba symptomów		szt.	20780	1700	1018	516	1701	5974	4987	4431	3837	44944

Tabela 6.6. Liczba wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń i ich udział w łącznej liczbie uszkodzeń drzew poszczególnych gatunków w 2025 roku oraz trendy zmian identyfikowania czynników sprawczych uszkodzeń na SPO I rzędu w okresie 2011-2025

Kod	Czynniki sprawcze	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodla	Inne igl.	Buk	Dęby	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	Razem
100	Kręgowce	szt.	229	196	25	2	26	56	16	27	45	622
		%	1,10	11,53	2,46	0,39	1,53	0,94	0,32	0,61	1,17	1,38
200	Owady	szt.	801	150	45	33	210	2278	1597	2258	1053	8425
		%	3,85	8,82	4,42	6,40	12,35	38,13	32,02	50,96	27,44	18,75
300	Grzyby	szt.	989	56	144	26	179	882	194	240	301	3011
		%	4,76	3,29	14,15	5,04	10,52	14,76	3,89	5,42	7,84	6,70
400	Czynniki abiotyczne	szt.	2283	102	55	61	201	251	547	377	377	4254
		%	10,99	6,00	5,40	11,82	11,82	4,20	10,97	8,51	9,83	9,47
500	Bezpośrednie działanie człowieka	szt.	1639	131	87	47	185	115	145	67	124	2540
		%	7,89	7,71	8,55	9,11	10,88	1,93	2,91	1,51	3,23	5,65
600	Pożary	szt.	22	0	0	0	0	0	0	0	0	22
		%	0,11									0,05
700	Zanieczyszczenia powietrza	szt.										0
		%										0,00
800	Konkurencja i inne czynniki	szt.	7607	360	283	128	339	847	1153	701	814	12232
		%	36,61	21,18	27,80	24,81	19,93	14,18	23,12	15,82	21,21	27,22
999	2025	szt.	7210	705	379	219	561	1545	1335	761	1123	13838
		%	34,70	41,47	37,23	42,44	32,98	25,86	26,77	17,17	29,27	30,79
	2024		33,8	42,7	37,9	43,8	27,2	26,4	27,1	17,5	27,2	30,4
	2023		35,0	47,2	42,7	46,3	28,5	33,0	26,7	17,4	28,7	31,8
	2022		35,7	47,2	42,8	43,0	28,9	32,1	26,4	17,7	28,4	32,0
	2021		38,4	47,2	35,0	47,1	28,8	39,2	27,7	18,5	30,2	33,9
	2020		39,4	44,2	38,6	48,1	28,9	34,4	25,4	17,6	31,1	33,9
	2019		39,9	39,2	35,6	47,3	26,5	30,9	22,0	16,4	29,8	32,5
	2018		36,2	31,9	32,5	40,8	24,8	19,1	21,7	14,3	25,1	28,7
	2017		37,3	31,2	31,4	43,1	22,7	20,2	21,1	14,9	23,7	28,6
	2016		38,6	32,1	32,8	41,2	27,4	22,2	25,6	17,5	25,6	31,1
	2015		39,1	32,7	30,2	41,8	28,2	23,4	26,8	18,3	27,1	32,0
	2014		41,7	36,8	31,4	45,9	28,8	28,4	29,0	23,1	27,9	34,5
	2013		42,7	36,9	30,2	44,0	35,1	23,5	32,3	19,9	26,6	35,7
	2012		42,3	43,1	39,6	46,5	33,4	29,1	37,6	16,8	28,6	36,8
	2011		46,7	54,4	45,9	60,4	30,9	27,7	29,4	14,0	30,8	38,4
Trend wg testu Mann-Kendall'a			SP	NT	NT	NT	NT	NT	ST	NT	NT	SP

SP – spadek; NT – brak trendu; ST – stabilny stan

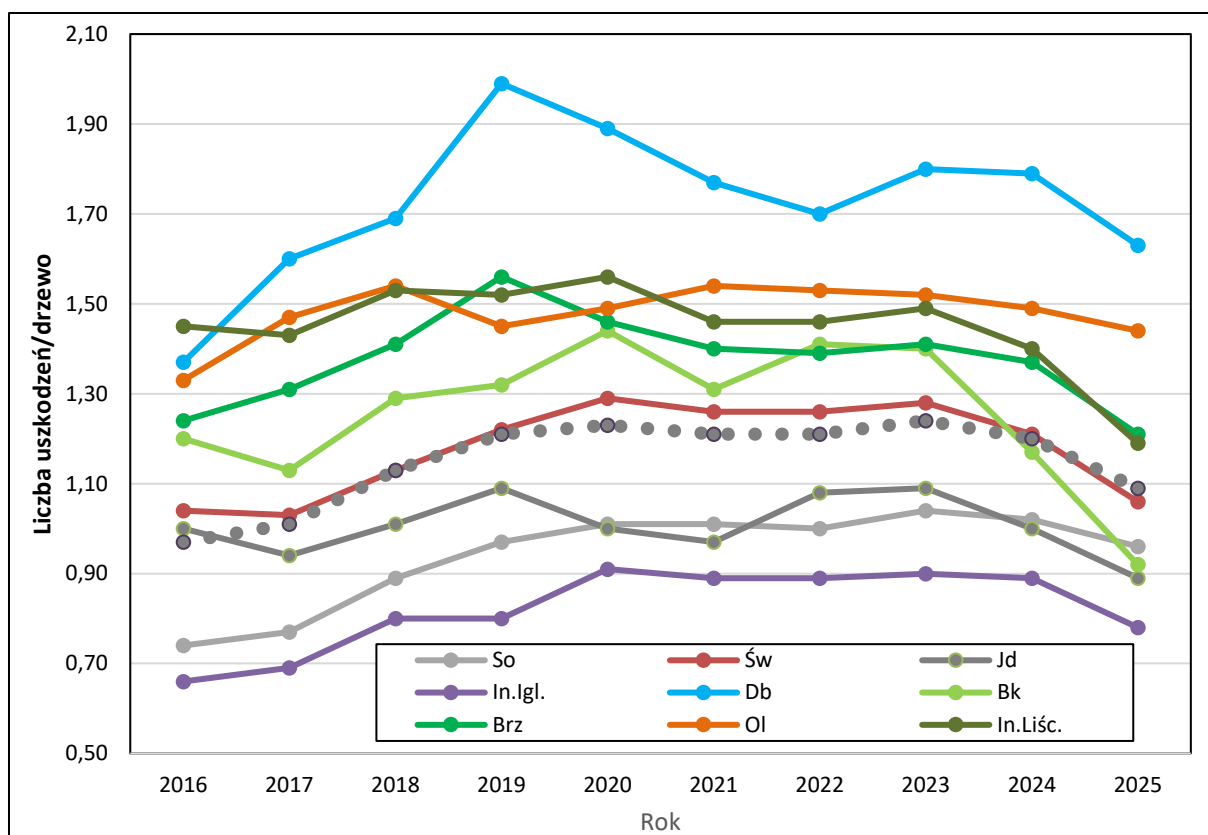
Tabela 6.7. Udział procentowy uszkodzeń drzew spowodowanych przez wyróżnione grupy owadów oraz kategorie konkurencji i innych czynników na drzewach poszczególnych gatunków na SPO I rzędu w 2025 roku

Grupy owadów Kategorie konkurencji i innych czynników		Gatunki drzew									Razem
		Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Buk	Dęby	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	
OWADY	Liściożerne	2,41	0,01	0,01	0,06	2,07	23,72	13,40	25,69	11,67	79,03
	Uszkodzające pień, gałęzie, pędy	6,22	1,50	0,02	0,30	0,08	0,31	0,38	0,04	0,21	9,06
	Ssące	0,00	0,15	0,49	0,00	0,00	0,39	4,76	0,02	0,00	5,82
	Minujące	0,00	0,00	0,01	0,00	0,25	1,80	0,28	0,83	0,33	3,51
	Bez specyfikacji	0,66	0,04	0,00	0,04	0,05	0,76	0,12	0,18	0,28	2,12
	Uszkodzające pączki	0,01	0,07	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,19
	Gąsówki	0,17	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
	Owady inne	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,09
	Razem dla gatunku drzewa	9,51	1,78	0,53	0,39	2,49	27,04	18,96	26,80	12,50	100,00
	Razem iglaste/liściaste	12,21				87,79					
KONKURENCJA I INNE CZYNNIKI	Konkurencja	49,97	2,75	1,36	1,00	2,51	6,41	7,98	5,31	5,76	83,04
	Epifity/parazyty	8,06	0,00	0,82	0,00	0,00	0,02	0,59	0,01	0,34	9,83
	Bez specyfikacji	2,84	0,12	0,03	0,04	0,13	0,43	0,70	0,25	0,30	4,85
	Inne znane ale nie podane	0,81	0,05	0,10	0,01	0,11	0,07	0,11	0,09	0,15	1,50
	Mutacje	0,49	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,06	0,02	0,62
	Wirusy	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,10
	Nicienie	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06
	Razem dla gatunku drzewa	62,19	2,94	2,31	1,05	2,77	6,92	9,43	5,73	6,65	100,00
	Razem iglaste/liściaste	68,49				31,51					

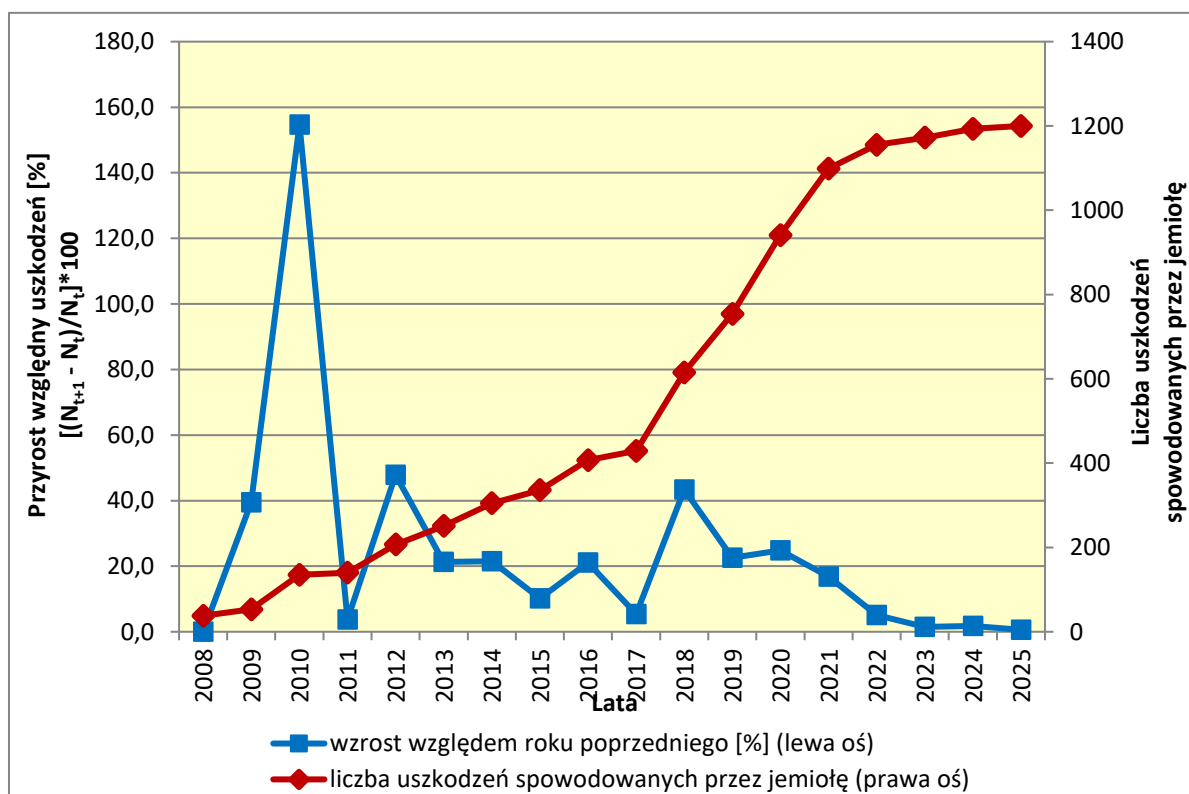
Tabela 6.8. Uszkodzenia drzew wyróżnionych gatunków i grup gatunków spowodowane przez jemiołę na SPO I rzędu w latach 2008-2025 wyrażone bezwzględną liczbą uszkodzeń (szt.) oraz wskaźnikiem liczby uszkodzeń przypadających na 1 drzewo [wg formuły: (liczba uszk./liczba drzew)*100] oraz trend w dziesięcioleciu 2016-2025 określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Rok	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodla	Inne igl.	Dęby	Buk	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	Razem
2008	szt.	29						5		4	38
	(szt./l.drz)*100	0,13						0,13		0,22	0,07
2009	szt.	38		4				7		4	53
	(szt./l.drz)*100	0,17		0,42				0,18		0,18	0,14
2010	szt.	110		8				15		2	135
	(szt./l.drz)*100	0,49		0,83				0,38		0,08	0,35
2011	szt.	111		10				13		6	140
	(szt./l.drz)*100	0,50		1,05				0,33		0,24	0,36
2012	szt.	182		11				8		6	207
	(szt./l.drz)*100	0,82		1,12				0,20		0,24	0,53
2013	szt.	213		11				5	3	19	251
	(szt./l.drz)*100	0,96		1,11				0,12	0,12	0,74	0,64
2014	szt.	250		13				15	2	25	305
	(szt./l.drz)*100	1,11		1,31				0,35	0,08	0,94	0,76
2015	szt.	283		16				23	1	13	336
	(szt./l.drz)*100	1,25		1,60				0,54	0,04	0,48	0,84
2016	szt.	337		20				27	1	22	407
	(szt./l.drz)*100	1,51		1,97				0,64	0,04	0,82	1,02
2017	szt.	363		21				29		16	429
	(szt./l.drz)*100	1,63		2,02				0,67		0,58	1,07
2018	szt.	521		36				42		16	615
	(szt./l.drz)*100	2,35		3,46				0,97		0,56	1,52
2019	szt.	655		41				33		25	754
	(szt./l.drz)*100	2,96		3,89				0,75		0,80	1,85
2020	szt.	801		56				51		33	941
	(szt./l.drz)*100	3,61		5,10				1,19		1,04	2,29
2021	szt.	914		76				52		57	1099
	(szt./l.drz)*100	4,13		6,80				1,22		1,69	2,67
2022	szt.	934		91				63		67	1155
	(szt./l.drz)*100	4,23		8,05				1,50		1,99	2,80
2023	szt.	956		90				54		72	1172
	(szt./l.drz)*100	4,35		7,77				1,30		2,10	2,83
2024	szt.	983		94				73		42	1193
	(szt./l.drz)*100	4,50		8,14				1,74		1,38	2,90
2025	szt.	986		100				72		42	1200
	(szt./l.drz)*100	4,54		8,70				1,74		1,35	2,92
Trend 2016-2025		W		W				W		W	W

W – wzrost



Rycina 6.1. Nasilenie występowania uszkodzeń na wyróżnionych gatunkach drzew na SPO I rzędu w latach 2016-2025



Rycina 6.2. Wzrost liczby uszkodzeń spowodowanych przez jemiółę wyrażony w liczbach bezwzględnych oraz przyrost tych uszkodzeń względem roku poprzedniego [%] w latach 2008-2025

7. WARUNKI WODNE GLEB NA TERENACH LEŚNYCH POLSKI W 2025 R. I ICH WPLYW NA STAN ZDROWOTNY LASÓW – ANDRZEJ BOCZOŃ, ROBERT HILDEBRAND

Wprowadzenie

Warunki wodne panujące w lasach Polski w 2025 r. były wynikiem warunków meteorologicznych trwających od 2024 r. W 2024 roku zaobserwowano wyjątkowe anomalie temperatur w wielu regionach Europy, przy czym kilka obszarów odnotowało najcieplejsze warunki w historii pomiarów (Europa Środkowa, Wschodnia i Południowo-Wschodnia) [Copernicus, 2025]. Średnia roczna temperatura na kontynencie wyniosła 10,69°C, co czyni go najcieplejszym rokiem w historii pomiarów w Europie [Observer, 2025]. Nie był to jedynie marginalny wzrost – Europa wyróżniła się jako najszybciej ocieplający się kontynent na Ziemi, z temperaturami rosnącymi dwukrotnie szybciej niż średnia światowa [Observer, 2025].

Uśredniając dla Europy, 45% dni było znacznie cieplejszych niż średnia, a około 12% dni było najcieplejszych w historii pomiarów [Copernicus, 2025]. Wpływy antropogeniczne znacząco nasiliły letnie ocieplenie w średnich szerokościach geograficznych Europy, a ostatnie dekady wykazały gwałtowny wzrost częstotliwości i intensywności fal upałów [Yin i in., 2024]. Tendencje ocieplenia odzwierciedlają kontynuację i przyspieszenie długoterminowych zmian klimatu, które charakteryzowały klimat Europy w ostatnich dziesięcioleciach.

Metodyka wyznaczania suszy glebowej

Wyznaczanie czasu trwania i zasięgu występowania suszy glebowej na terenach leśnych oparto na modelowaniu dostępności wody glebowej dla roślin w referencyjnym ekosystemie leśnym, za który uznano najliczniej reprezentowany w lasach Polski średniowiekowy bór sosnowy, rosnący na słabych glebach piaszczystych – rdzawych bielcowych. Obliczenia przeprowadzono na podstawie pomiarów na stacjach meteorologicznych Lasów Państwowych służących ochronie przeciwpożarowej i Instytutu Badawczego Leśnictwa prowadzonych w ramach monitoringu lasu ICP Forests. Ze względu na wymaganie do obliczeń wysokiej jakości danych liczba oraz wybór stacji meteorologicznych zmieniał się w ciągu lat. W 2025 r. skorzystano z danych z 23 stacji w Nadleśnictwach: Biała Podlaska, Bircza, Cewice, Chełm, Cybinka, Drygały, Gniewkowo, Gościno, Hajnówka, Kalisz, Kolumna, Kup, Łąck, Piaski, Rudnik, Sokołów Podlaski, Staszów, Starogard, Suwałki, Szklarska Poręba, Wołów, Wronki, Zawadzkie.

Moment wystąpienia suszy glebowej wyznaczono jako całkowite wyczerpanie wody dostępnej dla roślin. Aktualny zapas wody glebowej (SWS) obliczono w ujęciu dobowym, na podstawie bilansu odpływu wody w procesie ewapotranspiracji rzeczywistej i przychodu wody z opadami atmosferycznymi. Ewapotranspiracja ekosystemu została obliczona wzorem

Penmana-Monteitha. Opad docierający do gleby w drzewostanie został zmniejszony o intercepcję drzewostanów (w obliczeniach zastosowano model Liu (1997, 2001). Pojemność wodną koron określono metodą użytą w modelu Kondo (2001) (Smax wg Komatsu i in. 2008).

Wyznaczono także klimatyczny bilans wodny (KBW), który został zmodyfikowany dla terenów leśnych poprzez uwzględnienie strat wody na parowanie z intercepcji. Wskaźnik został oparty na ewapotranspiracji dobowej obliczonej metodą Penmana-Monteitha.

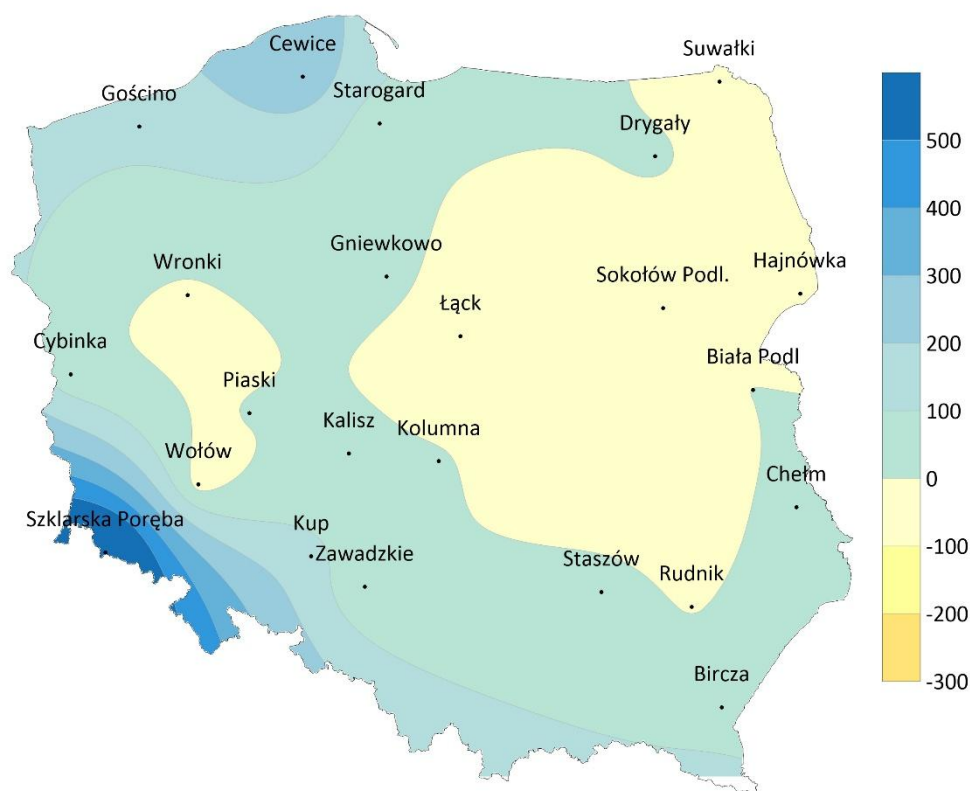
Łącznie analizę zagrożenia wystąpienia susz glebowych na terenach leśnych oparto na czterech wskaźnikach: klimatycznym bilansie wodnym całego roku (KBWR), klimatycznym bilansie wodnym półrocza letniego (KBWL), liczbie dni ograniczonego dostępu do wody glebowej w roku (LDR), liczbie dni ograniczonego dostępu do wody glebowej w okresie maksymalnego wzrostu drzew: maj – lipiec (LDL).

Wyznaczenie izolinii zasięgu suszy wykonano w programie SURFER 22, z wykorzystaniem warstwy granic Polski udostępnianej przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

Analiza dotyczy większości obszaru kraju, jednak ze względu na brak danych meteorologicznych nie jest miarodajna dla większości obszaru Karpat znajdującego się w granicach Polski, poza Bieszczadami.

Występowanie suszy na terenach leśnych w 2025 r.

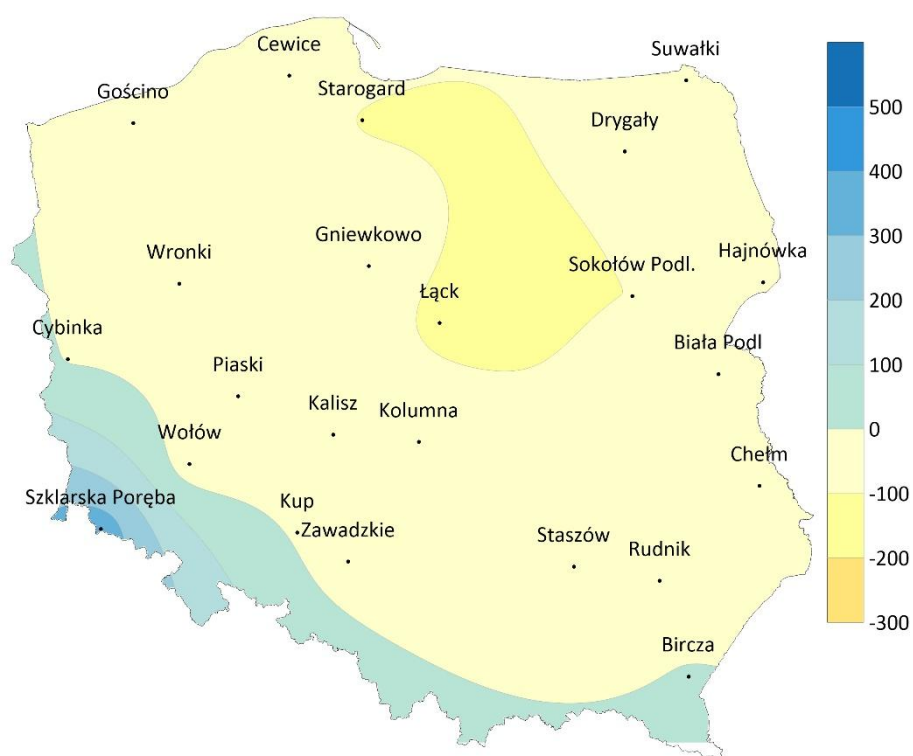
Susza na terenie lasów Polski została zidentyfikowana przez wszystkie wskaźniki. Zakres powierzchniowy różnił się między poszczególnymi wskaźnikami. Roczny klimatyczny bilans wodny (KBWR) wskazał na występowanie suszy meteorologicznej głównie w centralnej i północnowschodniej części kraju oraz w Wielkopolsce od Wroniek po Wołów na Dolnym Śląsku (ryc. 7.1). Ujemne wartości KBWR są niepokojące biorąc pod uwagę warunki panujące w drugiej połowie 2024 r. Ujemny bilans w ujęciu rocznym obejmujący tak znaczny obszar wskazuje na duży niedobór wody, który będzie się przekładał na występowanie susz glebowych i susz hydrologicznych. Szczególnie biorąc pod uwagę, że klimatyczny bilans wodny opiera się tylko na jednym elemencie rozchodu wody, a inne takie jak np. odpływ rzeczny nie są uwzględniane. Ujemny bilans klimatyczny w skali roku pokazuje brak równowagi między przychodem a rozchodem wody, powodowany szczególnie niedostatecznym przychodem wody z opadami.



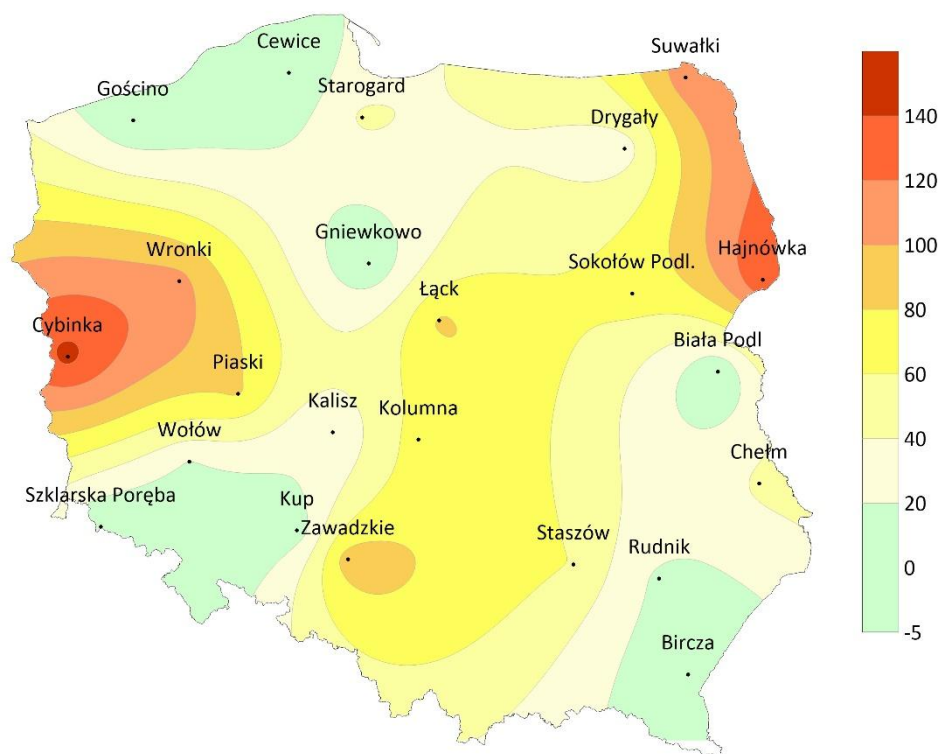
Ryc. 7.1. Roczny klimatyczny bilans wodny 2025 r. [KBWR (mm)]

W normalnych warunkach w półroczu letnim dochodzi do zwiększonego rozchodu wody powodowanego głównie przez ewapotranspirację. Wysokie temperatury oraz pobieranie wody przez roślinność prowadzą do ujemnego klimatycznego bilansu wodnego. Jest to szczególnie zauważalne przy braku intensywnych opadów letnich. W 2025 r. ujemny klimatyczny bilans wodny półrocza letniego objął prawie cały kraj (ryc. 7.2). Jedynie tereny górskie wzdłuż południowej i południowo – zachodniej wykazały nadmiar wody.

Liczba dni niedoboru wody w roku (LDR) także wykazała złą sytuacją wilgotnościową na prawie całym obszarze kraju (ryc. 7.3). Od suszy glebowej wyrażonej tym wskaźnikiem wolne były stosunkowo niewielkie tereny Pomorza, południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części kraju. Wskaźnik ten nie wykazał deficytu wody także dla stacji meteorologicznej w Białej Podlaskiej i Gniewkowie. Największa liczba dni suszy glebowej wystąpiła w północno-wschodniej i środkowo - zachodniej Polsce.

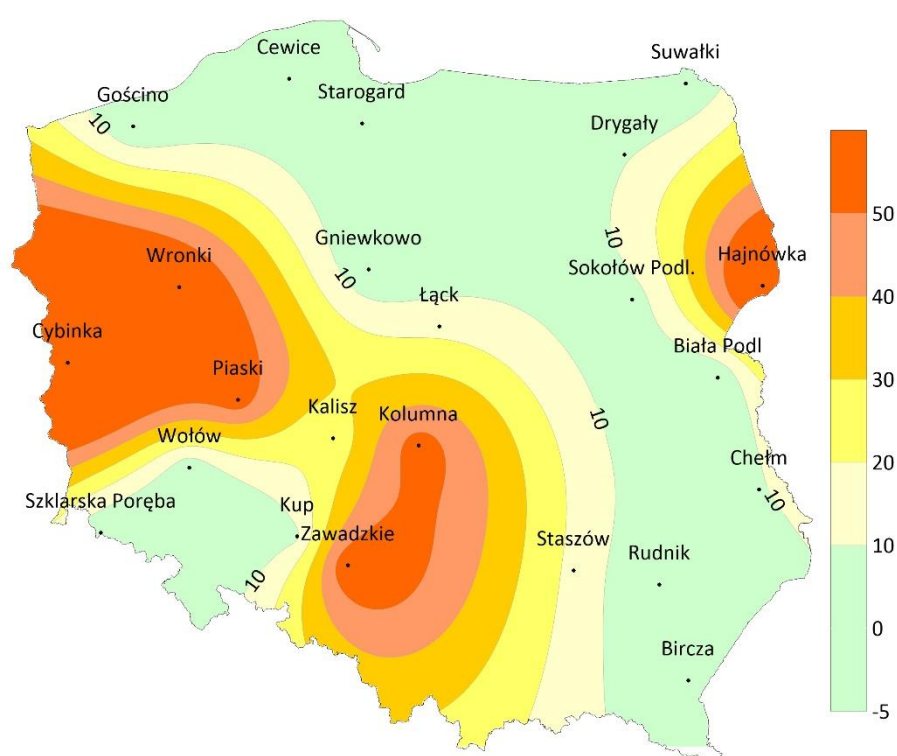


Ryc. 7.2. Klimatyczny bilans wodny półrocza letniego 2025 r. [KBWL (mm)]



Ryc. 7.3. Liczba dni deficytu wody glebowej w 2025 r. (LDR)

W krótkim okresie roku, w którym następuje największy przyrost drzew (V-VII) wskaźnik niedoboru wody (LDL) był mocno zróżnicowany na terenie kraju. W pasie od południowo-wschodnich granic państwa przez centralno-wschodnią część kraju obejmując prawie całą północną część kraju warunki wilgotnościowe w tym okresie były dobre (ryc. 7.4). Podobnie na znacznej części Dolnego Śląska. Duża liczba dni z deficytem wody glebowej w okresie największych potrzeb wodnych drzewostanów dotyczyły trzech obszarów: zachodniej części kraju wraz z Wielkopolską, Podlasia, Śląska po ziemię łódzką oraz Małopolski.

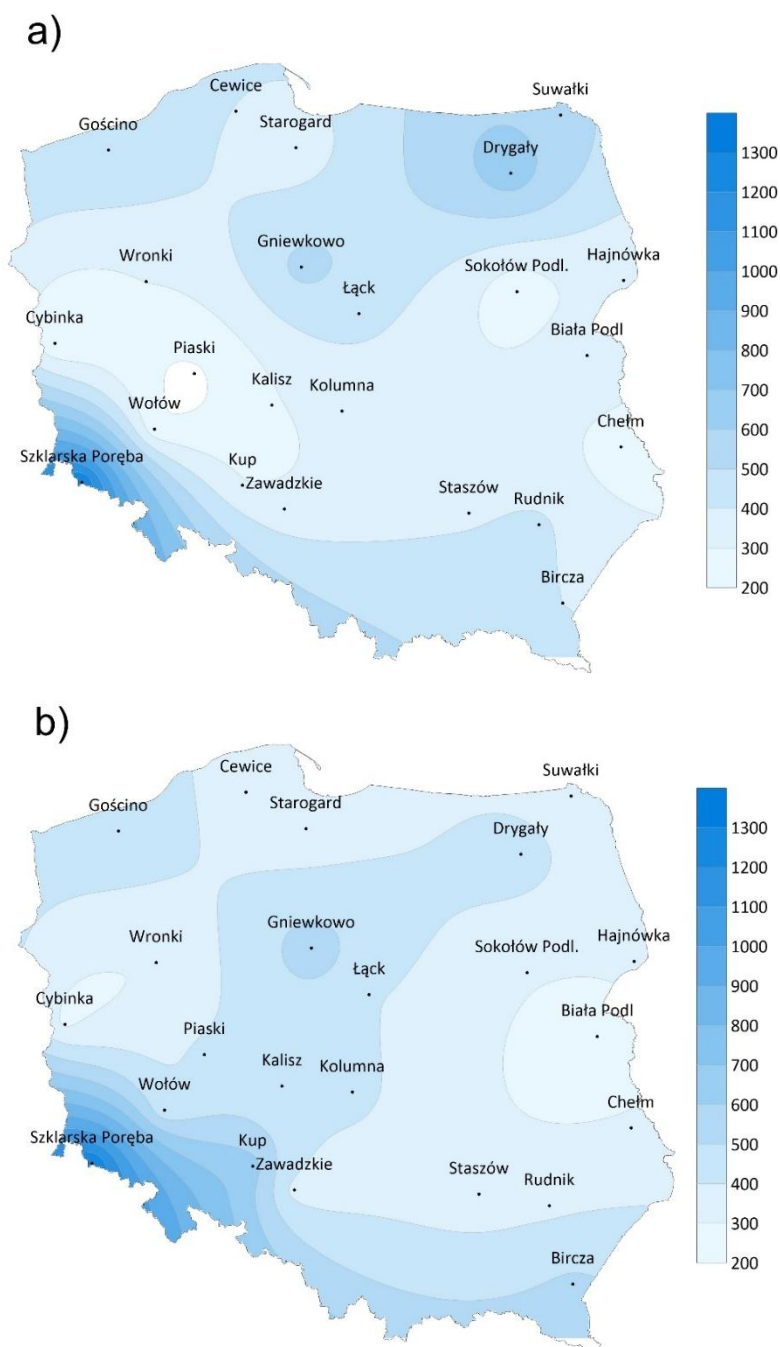


Ryc. 7.4. Liczba dni deficytu wody glebowej w okresie największego wzrostu drzew (IV-VII) (LDL)

Przyczyny występowania zagrożenia suszami w 2025 r.

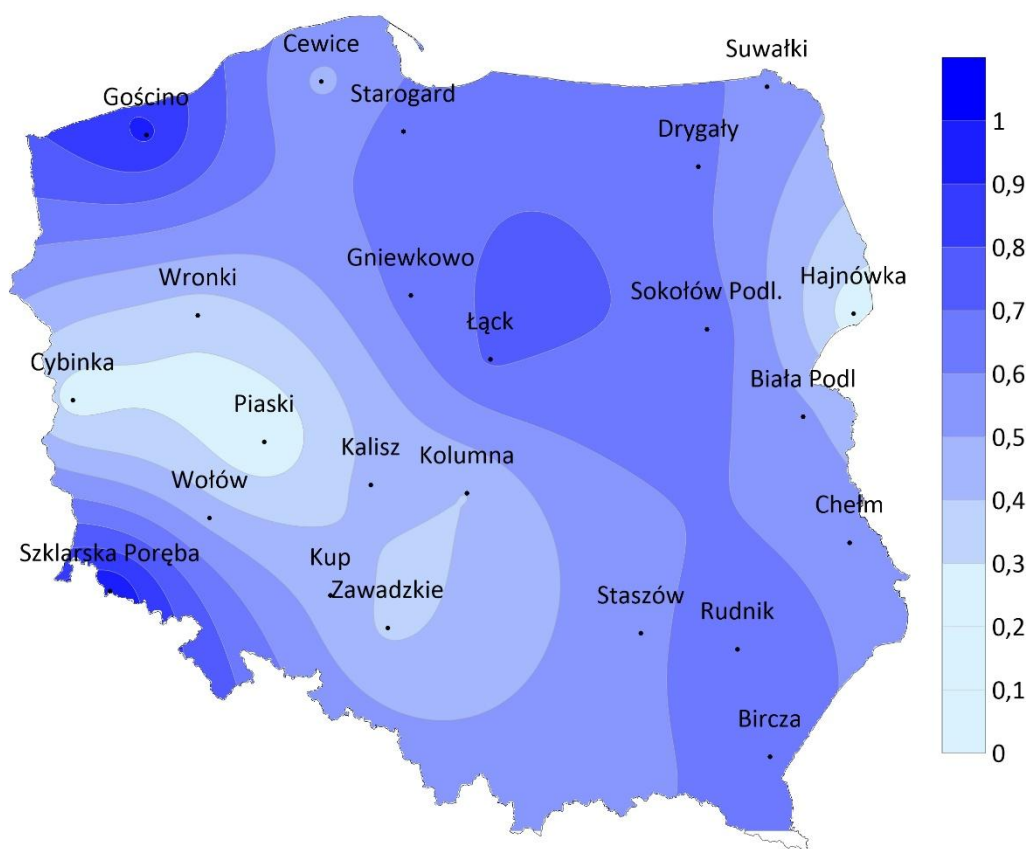
W normalnych warunkach meteorologicznych w Środkowo-Wschodniej Europie występuje wyraźny podział roku na okres uzupełniania zasobów wodnych gleb i okres ich wykorzystywania. Uzupełnianie ilości wody następował w półroczu zimowym, kiedy parowanie terenowe było minimalne i następowała kumulacja wilgoci pochodzących z opadów i topnienia śniegu. W takiej sytuacji na początku okresu wegetacyjnego zasoby wody glebowej powinny osiągać maksymalną wartość stanowiąc zaopatrzenie roślinności, w tym drzewostanów, w okresie wiosennego rozwoju i wzrostu.

Na dużych obszarach kraju od połowy 2024 r. występował duży niedobór opadów obejmujący także pierwszą połowę 2025 r. To spowodowało stosunkowo mały przychód wody trwający przez II półrocze 2024 r. i I półrocze 2025 r. (ryc. 7.5). Najmniejsza ilość opadów w II połowie 2024 r. objęła szeroki pas centralnej Polski biegnący od zachodniej do wschodniej granicy kraju. W I połowie 2025 r. niskie opady występowały głównie we wschodniej części kraju oraz obejmowały województwo lubuskie, zachodnią część województwa wielkopolskiego oraz województwo pomorskie.



Ryc. 7.5. Suma opadów w półroczach: a) VII-XII 2024, b) I-VI 2025

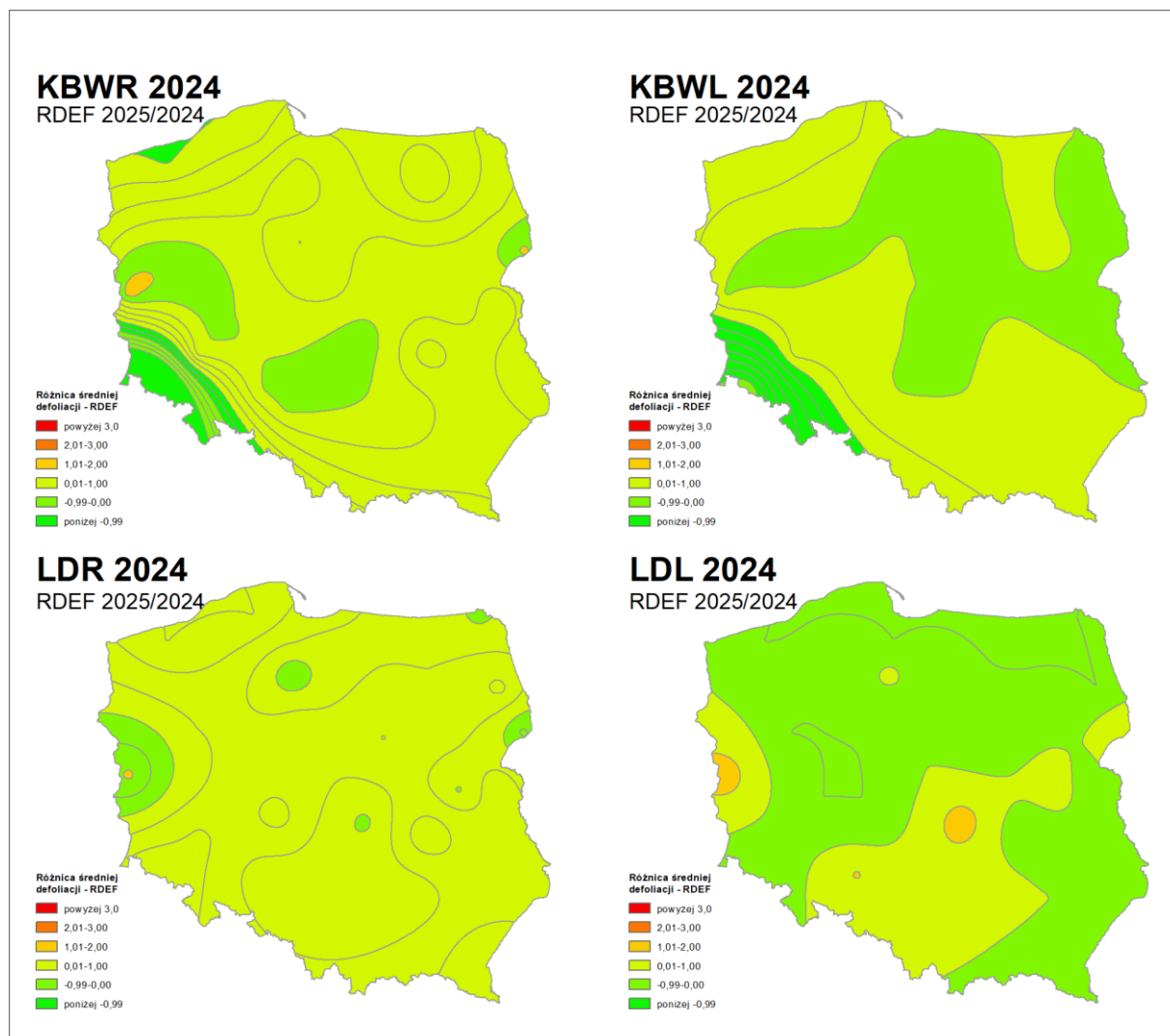
Niskie opady w półroczu zimowym 2025 r. spowodowały, że nie doszło do uzupełnienia zasobów wodnych w glebach, które zostały wykorzystane przez drzewostany w półroczu letnim 2024 r. Ponadto wysokie temperatury w ostatnich miesiącach półrocza zimowego (luty, marzec 2025) spowodowały wcześniejszy rozchód wody na parowanie terenowe. Czynniki te doprowadziły do wystąpienia niedoborów wody glebowej już na początku sezonu wzrostu 2025 r. W dniu 1 kwietnia 2025 r. na terenie kraju występowały obszary, w których odnotowano niedobór wody glebowej wyrażony wskaźnikiem wilgotności. Wskaźnik wilgotności pokazuje ilość wody w glebie w stosunku do maksymalnego wypełnienia wodą gleby. Obszary we wschodniej części oraz na Ziemi Lubuskiej, częściowo w Wielkopolsce, na Dolnym Śląsku i Opolszczyźnie charakteryzował największy niedobór wilgoci w glebie na początku okresu wzrostu drzewostanów (ryc. 7.6). Brak pełnego wysycenia wodą gleby na początku sezonu wegetacyjnego powoduje wzrost ryzyka wystąpienia susz glebowych w kolejnych miesiącach, w których będzie intensywne parowanie terenowe. W przypadku braku intensywnych opadów w okresie wegetacyjnym może to stanowić ważny czynnik powodujący zmniejszenie przyrostu drzew i obniżenie ich zdrowotności.



Ryc. 7.6. Wskaźnik wilgotności gleby (%) na dzień 01-04-2025 r.

Defoliacja drzewostanów w 2025 r. powodowana warunkami wilgotnościowymi w 2024 r.

W 2024 r. po wilgotnej wiosnie od około połowy roku obserwowano występowanie suszy. Niedobory wody trwały na niektórych terenach aż do końca 2025 r. To doprowadziło do sytuacji, w której warunki wzrostu drzew w 2024 r. początkowo były dobre, aby potem znacznie się pogorszyły. Dlatego nie wszystkie wskaźniki susz mogły właściwie zidentyfikować zagrożenie dla drzewostanów. Najlepszy efekt zaobserwowano w przypadku liczby dni niedoboru wody w okresie maksymalnego wzrostu drzew (LDL). Na obszarach, na których w 2024 r. wskaźnik ten pokazał występowanie niedoboru wody odnotowano wzrost defoliacji drzewostanów w roku 2025 r. (ryc. 7.7). Susza rozpoczęta w połowie 2024 r. i trwająca jeszcze w 2025 r. wymaga, aby zmiany defoliacji potraktować łącznie w 2025 r. i 2026 r. Należy się spodziewać znacznego obniżenia ulistnienia drzewostanów w 2026 r.



Ryc. 7.7. Zmiana defoliacji drzewostanów w 2025 r. względem roku 2024 w izoliniach wskaźników susz w 2024 r.

Literatura:

- Copernicus Climate Change Service (C3S) and World Meteorological Organization (WMO), 2025: European State of the Climate 2024, climate.copernicus.eu/ESOTC/2024, doi.org/10.24381/14j9-s541
- Liu, S., 1997. A new model for the prediction of rainfall interception in forest canopies. *Ecological Modelling* 99, 151–159.
- Liu, S., 2001. Evaluation of the Liu model for predicting rainfall interception in forests worldwide. *Hydrological Processes*, 15, 2341-2360.
- Komatsu, H., Shinohara, Y., Kume, T., Otsuki, K., 2008. Relationship between annual rainfall and interception ratio for forests across Japan. *Journal of Hydrology* 256, 1189-1197.
- Kondo, J., Nakazono, M., Watanabe, T., 1992. Hydrological climate in Japan (2): forest rainfall interception. *J. Jpn. Soc. Hydrol. Water Resour.* 5 (2), 29–36 (in Japanese with English summary).
- OBSERVER. (2025). Europe's Warmest Year on Record—Striking climate data from 2024. Retrieved February 4, 2026, from <https://observer.com/2025/04/europe-warmest-year-on-record-2024-climate-data/>
- Yin, Z., Dong, B., Wei, W., & Yang, S. (2024). Anthropogenic impacts on amplified midlatitude European summer warming and rapid increase of heatwaves in recent decades. *Geophysical Research Letters*, 51, e2024GL108982. <https://doi.org/10.1029/2024GL108982>

8. STAŁE POWIERZCHNIE OBSERWACYJNE MONITORINGU LASÓW NA OBSZARACH NATURA 2000 – ROBERT HILDEBRAND

Sieć Natura 2000 obejmuje Unię Europejską i składa się z obszarów ochrony środowiska wyznaczonych w poszczególnych krajach wspólnoty, na podstawie dwóch dyrektyw Komisji Europejskiej:

- Dyrektywy Ptasiej 79/409/EEC z 2.04.1979 o ochronie dziko żyjących ptaków (*Directive on the conservation of wild birds*), wersja skodyfikowana 2009/147/EC z 30.11.2009: (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0147&from=EN>).
- Dyrektywy Siedliskowej (Habitatowej) 92/43/EEC z 21.05.1992 w sprawie ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory (*Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*), wersja skonsolidowana 2013/17/EU z 13.05.2013: (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0017&from=EN>).

Sieć Natura 2000 została utworzona dla zapewnienia przetrwania najcenniejszych i najbardziej zagrożonych europejskich gatunków i siedlisk. Jest to jeden z podstawowych elementów systemu ochrony przyrody i bioróżnorodności w Unii Europejskiej. Tworzy ona system uzupełniający i wzbogacający wcześniejsze, funkcjonujące dotychczas w państwach europejskich systemy obszarów ochrony przyrody w postaci ustawowo przyjętych form ochrony przyrody, takich jak: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, pomniki przyrody itp.

Na obszarach zakwalifikowanych do sieci Natura 2000 wyróżnia się:

- SPECIAL PROTECTION AREAS (SPAs) – Birds Directive – obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO),
- SITES OF COMMUNITY IMPORTANCE (SCIs) – Habitats Directive – specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO).

Na koniec 2025 roku w 27 państwach Unii Europejskiej funkcjonowało 27173 obszarów Natura 2000 o łącznej powierzchni lądowej równej 1 296 333 km² (tab. 8.1., ryc. 8.1)

Na gruncie prawa krajowego podstawą funkcjonowania Sieci Natura 2000 w Polsce jest ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. i ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku z dnia 3 października 2008 r. oraz towarzyszący jej szereg rozporządzeń

(z 13.04.2010, z 12.01.2011, z 17.02.2010 i z 30.03.2010) ustanawiających obszary specjalnej ochrony ptaków Natura 2000.

Według bazy Natura 2000 Barometer (którą prowadzi Europejska Agencja Środowiska Komisji Europejskiej) zaktualizowanej na koniec 2025 roku liczba obszarów sieci Natura 2000 w Polsce wynosi 1006. Na koniec 2025 roku łączna powierzchnia lądowa zajmowana przez obszary Natura 2000 wynosiła 61 340 km², co jest równe obecnie 19,7% powierzchni lądowej kraju.

W ostatnich latach proces zmian obszarów Natura 2000 przerodził się w proces modyfikacji przebiegu granic istniejących już obszarów Natura 2000. Wykonywane i planowane zmiany dotyczą tak powiększenia, jak i pomniejszenia niektórych obszarów specjalnej ochrony siedlisk oraz obszarów specjalnej ochrony ptaków. W 2025 roku została ogłoszona kolejna Polska „Shadow List” wg stanu wiedzy na 1 marca 2025 r. Zawiera ona propozycje ustanowienia 22 nowych obszarów siedliskowych oraz na 82 istniejących obszarach proponuje korekty granic. Proponowane zmiany spowodują wzrost powierzchni lądowych Natura 2000 w Polsce o 52 804 hektary oraz o 615 635 hektary zwiększy się powierzchnia morska.

W roku 2025 na obszarach Sieci Natura 2000 znalazło się 673 czynnych (na których wykonywane były obserwacje i pomiary) powierzchni obserwacyjnych monitoringu leśnego. Stanowi to około 30,7% wszystkich aktywnych SPO.

Lądowe obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) zajmują 48 443 km². Znalazło się na nich 6 czynnych SPO Monitoringu Intensywnego, 31 czynnych SPO II rzędu oraz 484 czynnych powierzchni I rzędu (ryc. 8.2).

871 lądowych specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO) zajmuje 34 308 km². Znalazło się na nich 8 czynnych SPO Monitoringu Intensywnego, 26 czynne powierzchnie II rzędu i 371 czynnych SPO I rzędu (ryc. 8.2).

Na 145 obszarach specjalnej ochrony ptaków (OSO) lasy zajmują około 2,436 miliona hektarów (na 85 OSO znajdują się powierzchnie monitoringowe I rzędu) i przeważająca większość z nich uszkodzona jest w stopniu umiarkowanym. Większość powierzchni leśnej (96%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 11–25%), pozostała część (4%) lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26–60%). W roku 2025 nastąpiło zwiększenie (z 3% do 4%) powierzchni leśnej, na której defoliacja drzew przyjmowała wartości z klasy 2. Większość tych zmian związana jest z lokalnymi zmianami poziomu defoliacji

w północnej i południowej Polsce (ryc. 8.3). Nie stwierdzono obecności kompleksów leśnych o defoliacji do 10%, jak również z defoliacją powyżej 60%.

Na 868 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) kompleksy leśne zajmują około 1,956 miliona hektarów (na 169 SOO znajdują się monitoringowe SPO I rzędu). Większość powierzchni leśnej (92%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 11–25%), pozostała część lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26–60%). W porównaniu do ubiegłego roku nastąpiło zwiększenie powierzchni leśnej z defoliacją na poziomie średnim z 6% do 8% (ryc. 8.3). Podobnie jak na OSO nie występują kompleksy leśne o defoliacji do 10%, jak również z defoliacją powyżej 60%.

Struktura i rozmieszczenie zmian stanu zdrowotnego lasów na obszarach Natura 2000 przedstawione są na rycinie 8.4. Zmiany te są dość nieregularne przestrzennie z przewagą wzrostów na południu kraju (Beskidy Zachodnie, Tatry, Beskidy Środkowe, Wyżyna Lubelska) i lokalnie na wschodzie (Podlasie), a polepszeniem stanu lasów w Polsce środkowej i zachodniej.

Tabela 8.2 prezentuje średnią defoliację drzew na 169 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) obszarów Natura 2000, na których obecne znajduje się 371 stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu monitoringu lasów.

Uśrednione wartości defoliacji w lasach znajdujących się odpowiednio na obszarach ochrony siedlisk (SOO) i obszarach ochrony ptaków (OSO) wynoszą odpowiednio 21,5% i 22,2% i mieszczą się w klasie 1 (lekkiej defoliacji). Wartości te nie różnią się znacząco od wartości średniej defoliacji stwierdzonej w Polsce w 2025 r. dla wszystkich gatunków łącznie (21,4%). W porównaniu do 2024 roku średnia defoliacja lasów na obszarach ochrony ptaków (OSO) pozostała na tym samym poziomie, a na obszarach ochrony siedlisk (SOO) uległa w ostatnim roku nieznacznemu zmniejszeniu (-0,1 p.p.) – tabela 8.3.

W perspektywie najbliższych lat struktura obszarów Sieci Natura 2000 będzie się zmieniać w niewielkim stopniu, następować natomiast będą modyfikacje wielkości i zasięgu istniejących obszarów Natura 2000. Należy zwrócić uwagę, że w niewielkim stopniu zmienia się również liczba stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu lasów i wynika ona z naturalnych zmian rozwojowych lasów. Stałe powierzchnie obserwacyjne (SPO) przechodzą ze statusu powierzchni czynnych do oczekujących, gdy drzewa w lesie zostają wycięte i odwrotnie, gdy młode drzewostany dorastają.

LITERATURA

- Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Dyrektywa Siedliskowa z 1 lipca 2013, wersja skonsolidowana dyrektywy 92/43/EEC z 21 maja 1992.
- Directive on the conservation of wild birds. Dyrektywa o ochronie dzikiego ptactwa 2009/147/EC z 30 listopada 2009, wersja skonsolidowana dyrektywy EWG 79/409/EWG z 2 kwietnia 1979.
- Natura 2000 Barometer <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/natura-2000-barometer-dashboards>
- Natura 2000. Biuletyn o przyrodzie i różnorodności biologicznej. Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej. Numer 49. Grudzień 2020, ISSN 2443-776X.
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie przyrody z dnia 5 grudnia 2025 r. Dz. U. 2026, poz. 13.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 stycznia 2011 r. w sprawie obszarów specjalnej ochrony ptaków. Dz. U. 2011 nr 25, poz. 133.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 kwietnia 2010 r. w sprawie siedlisk przyrodniczych oraz gatunków będących przedmiotem zainteresowania Wspólnoty, a także kryteriów wyboru obszarów kwalifikujących się do uznania lub wyznaczenia jako obszary Natura 2000. Dz. U. 2010 nr 77, poz. 510.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 lutego 2010 r. w sprawie sporządzania projektu planu zadań ochronnych dla obszaru natura 2000. Dz. U. 2010 nr 34 poz. 186.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 marca 2010 r. w sprawie sporządzania projektu planu ochrony dla obszaru Natura 2000. Dz. U. 2010 nr 64 poz. 401.
- Uchwała nr 5 Rady Ministrów z dnia 5 stycznia 2021 r. w sprawie wyrażenia zgody na przekazanie Komisji Europejskiej dokumentu „Lista zmian w sieci obszarów Natura 2000” Monitor Polski Warszawa, dnia 15 stycznia 2021 r. poz. 45
- Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. Dz. U. 2004 nr 92 poz. 880.
- Ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko..... z dnia 3 października 2008 r.
Dz.U. 2008 nr 199 poz. 1227
- Shadow List 2025 - Potrzebne uzupełnienia sieci obszarów siedliskowych Natura 2000 w Polsce - wg stanu wiedzy na 1 marca 2025 r.
(https://kp.org.pl/pdf/ShadowList_Natura2000hab_20250301.pdf)

Tabela 8.1.Obszary Natura 2000 w Unii Europejskiej.

Kraj	Całkowita powierzchnia lądowa kraju (km ²)	Liczba obszarów Natura 2000			Powierzchnia obszarów Natura 2000 (km ²)			Proporcje powierzchni Natura 2000 do powierzchni krajów		
		SCI (SOO)	SPA (OSO)	Razem	SCI (SOO)	SPA (OSO)	Razem	SCI (SOO)	SPA (OSO)	Razem
Austria	83944	306	100	353	9381	10345	12901	11,2%	12,3%	15,4%
Belgia	30667	281	255	310	4463	3506	5212	10,7%	10,4%	12,7%
Bułgaria	110994	233	120	340	36150	26160	41553	30,3%	23,1%	34,9%
Chorwacja	56434	745	38	783	20975	18145	25956	28,5%	30,2%	36,7%
Cypr	5736	43	33	69	9426	9999	10158	16,8%	27,1%	29,5%
Czechy	78874	1111	42	1153	7961	7175	11197	10,1%	9,1%	14,2%
Dania	43167	269	124	375	19982	20491	28117	8,1%	6,2%	8,9%
Estonia	45326	539	66	565	11924	12921	15116	17,3%	13,7%	18,0%
Finlandia	337547	1735	472	1873	50063	31973	50791	12,5%	7,3%	12,6%
Francja	548936	1355	407	1762	155963	163814	204499	9,0%	8,0%	13,1%
Niemcy	357582	4547	742	5203	54498	59975	80819	9,4%	11,3%	15,4%
Grecja	132026	265	207	446	39440	38525	58778	16,6%	21,0%	27,3%
Węgry	93013	479	56	525	14441	13747	19947	15,5%	14,8%	21,4%
Irlandia	69946	439	165	604	16953	6001	19509	10,2%	6,2%	13,2%
Włochy	300578	2385	842	2649	59056	62336	81757	14,4%	14,3%	19,1%
Łotwa	64586	329	98	333	10092	10891	11841	11,5%	10,2%	11,5%
Litwa	64899	624	85	701	8748	6585	10684	12,0%	8,5%	14,1%
Luksemburg	2595	49	18	67	427	418	708	16,5%	16,1%	27,3%
Malta	315	40	22	55	2324	3237	4184	13,0%	5,1%	13,3%
Holandia	37401	140	78	198	15219	14763	21970	8,4%	12,7%	14,7%
Polska	311928	871	145	1006	38768	55675	68587	11,0%	15,5%	19,7%
Portugalia	91888	108	62	167	53040	18505	61957	17,0%	10,6%	21,2%
Rumunia	238369	435	171	606	46498	38748	60577	16,9%	15,6%	22,7%
Słowacja	49026	644	41	685	6266	13105	14702	12,8%	26,7%	30,0%
Słowenia	20267	324	31	355	6638	5075	7682	32,7%	25,0%	37,9%
Hiszpania	505983	1474	658	1861	233299	164085	288982	23,4%	20,3%	27,3%
Szwecja	449718	4029	556	4129	77418	41078	78153	12,7%	5,9%	12,8%
Razem EU	4131745	23799	5634	27173	1009411	857280	1296333	14,3%	12,9%	18,6%

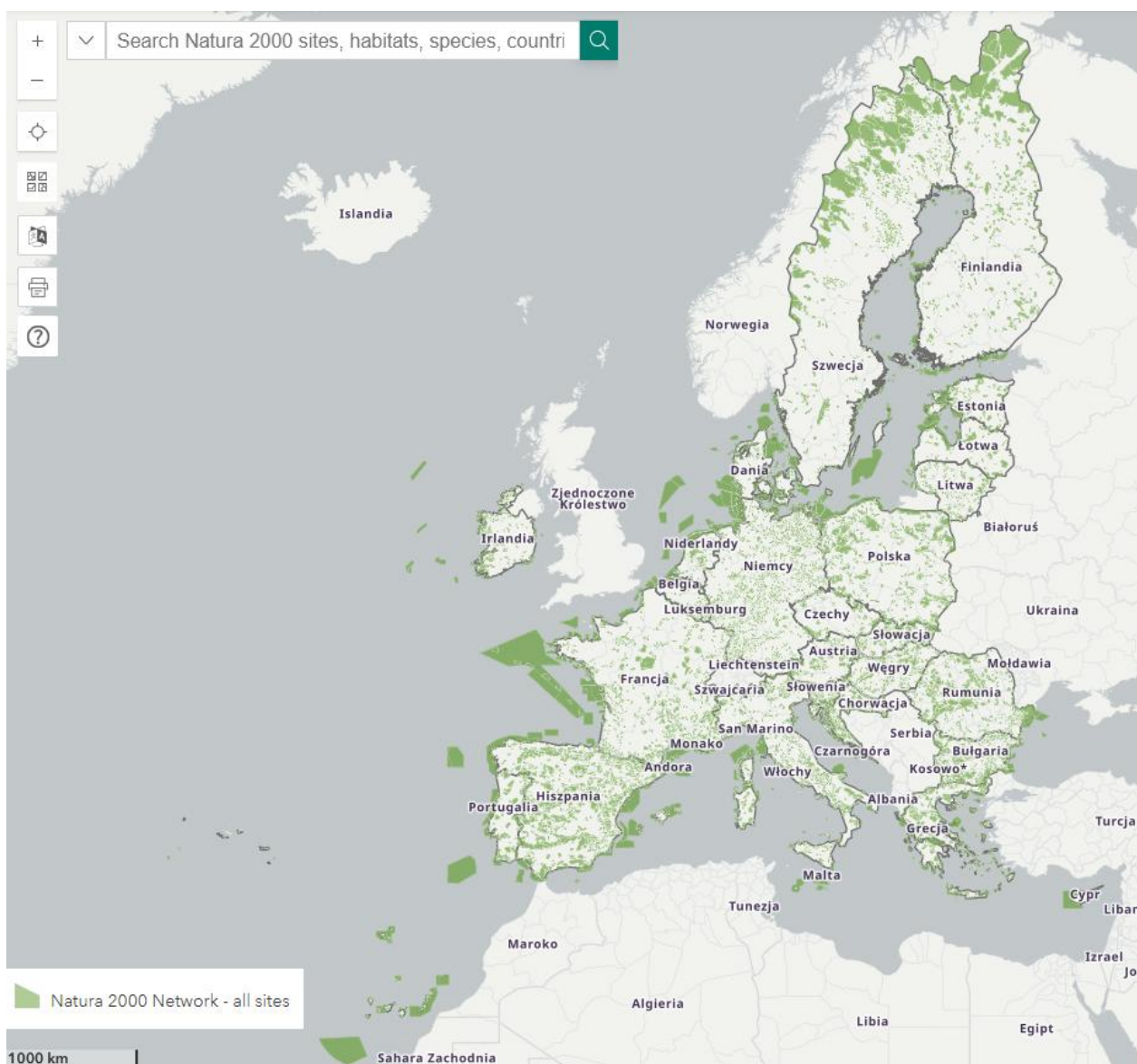
Tabela 8.2. Średnia defoliacja na stałych powierzchniach obserwacyjnych (SPO) I rzędu znajdujących się na specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) Natura 2000 w 2025 roku.

Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja
PLC020001	Karkonosze	40	22,75
PLC020002	Łęgi Odrzańskie	60	20,58
PLC120001	Tatry	40	29,13
PLC120003	Torfowiska Orawsko-Nowotarskie	20	23,50
PLC140001	Puszcza Kampinoska	80	25,44
PLC180001	Bieszczady	360	13,74
PLC200004	Puszcza Białowieska	220	18,14
PLH020003	Dolina Łachy	20	13,75
PLH020004	Góry Stołowe	20	22,25
PLH020015	Wrzósowisko Przemkowskie	20	20,75
PLH020016	Góry Bialskie i Grupa Śnieżnika	20	23,25
PLH020017	Grądy w Dolinie Odry	20	23,25
PLH020037	Góry i Pogórze Kaczawskie	40	22,88
PLH020038	Góry Kamienne	20	29,50
PLH020041	Ostoja nad Baryczą	140	16,82
PLH020047	Torfowiska Gór Izerskich	20	23,75
PLH020054	Ostoja nad Bobrem	20	15,50
PLH020060	Góry Orlickie	20	27,75
PLH020062	Góry Bardzkie	20	33,00
PLH020071	Ostoja Nietoperzy Gór Sowich	40	20,13
PLH020072	Uroczyska Borów Dolnośląskich	20	19,00
PLH020074	Wzgórza Strzezińskie	20	21,00
PLH020082	Wzgórza Niemczańskie	20	23,25
PLH020083	Dolina Bystrzycy Łomnickiej	20	19,00
PLH020084	Dolina Dolnej Baryczy	40	19,25
PLH020086	Pieńska Dolina Nysy Łużyckiej	20	17,25
PLH020091	Dolina Oleśnicy i Potoku Boguszyckiego	20	18,00
PLH020096	Góry Złote	20	22,50
PLH020103	Łęgi nad Bystrzycą	20	23,75
PLH040007	Jezioro Gopło	20	21,75
PLH040017	Sandr Wdy	20	20,75
PLH040023	Doliny Brdy i Stążki w Borach Tucholskich	20	19,50
PLH060005	Dolina Środkowego Wieprza	20	24,75
PLH060013	Ostoja Poleska	20	16,00
PLH060015	Płaskowyż Nałęczowski	20	19,50
PLH060017	Roztocze Środkowe	20	21,50
PLH060031	Uroczyska Lasów Janowskich	40	34,00
PLH060034	Uroczyska Puszczy Solskiej	60	19,25
PLH060043	Lasy Sobiborskie	20	23,50
PLH060045	Przełom Wisły w Małopolsce	20	43,50
PLH060051	Dolny Wieprz	20	32,00
PLH060074	Putnowice	20	28,25
PLH060093	Uroczyska Roztocza Wschodniego	20	16,25
PLH060099	Uroczyska Lasów Strzeleckich	20	24,75
PLH080001	Dolina Leniwej Obry	20	20,75
PLH080002	Rynna Jezior Obrzańskich	60	19,58
PLH080004	Torfowisko Chłopiny	20	22,25
PLH080014	Nowosolska Dolina Odry	20	29,75
PLH080036	Jeziora Gościmskie	20	23,75
PLH080037	Lasy Dobrosułowskie	40	17,88
PLH080044	Wilki nad Nysą	20	19,00
PLH080060	Uroczyska Borów Zasięckich	20	22,25
PLH080070	Las Żarski	20	14,75
PLH080071	Ostoja Barlinecka	100	24,90
PLH100007	Załęczański Łuk Warty	40	23,63
PLH100008	Dolina Środkowej Pilicy	20	19,75
PLH100016	Buczyna Gałkowska	20	10,00
PLH100024	Lasy Smardzewickie	20	22,25
PLH120001	Ostoja Babiogórska	40	25,75
PLH120004	Dolina Prądnika	20	26,00
PLH120008	Koło Grobli	20	27,75
PLH120018	Ostoja Gorczańska	40	20,38
PLH120019	Ostoja Popradzka	180	21,36
PLH120036	Łabowa	40	23,38
PLH120077	Rudniańskie Modraszki - Kajasówka	20	25,50
PLH120094	Ostoje Nietoperzy Powiatu Gorlickiego	20	14,75
PLH140010	Olszyny Rumockie	20	18,50
PLH140011	Ostoja Nadbużańska	40	28,13
PLH140016	Dolina Dolnej Pilicy	40	25,50
PLH140029	Kampinoska Dolina Wisły	20	35,50
PLH140030	Łękawica	20	12,25
PLH140035	Puszcza Kozienicka	80	22,50
PLH140046	Bory bagienne i torfowiska Karaska	20	17,25
PLH140049	Myszynieckie Bory Sasankowe	20	25,75
PLH160007	Góry Opawskie	20	25,50
PLH160014	Opolska Dolina Nysy Kłodzkiej	20	26,00
PLH180001	Ostoja Magurska	80	18,13
PLH180012	Ostoja Przemyska	100	13,55
PLH180013	Ostoja Góry Słonne	160	17,84
PLH180014	Ostoja Jaślicka	120	15,58
PLH180015	Łysa Góra	20	21,50
PLH180017	Horyniec	40	15,38
PLH180018	Trzciana	20	13,25
PLH180020	Dolina Dolnego Sanu	40	19,13
PLH180054	Lasy Sieniawskie	60	17,17
PLH180055	Enklawy Puszczy Sandomierskiej	20	25,75
PLH200004	Ostoja Wigierska	20	26,50
PLH200005	Ostoja Augustowska	300	21,12
PLH200006	Ostoja Knyszyńska	460	20,87
PLH200007	Pojezierze Sejneńskie	40	20,75
PLH200008	Dolina Biebrzy	160	27,63
PLH200010	Ostoja w Dolinie Górnej Narwi	40	20,25
PLH200019	Jelonka	20	21,25

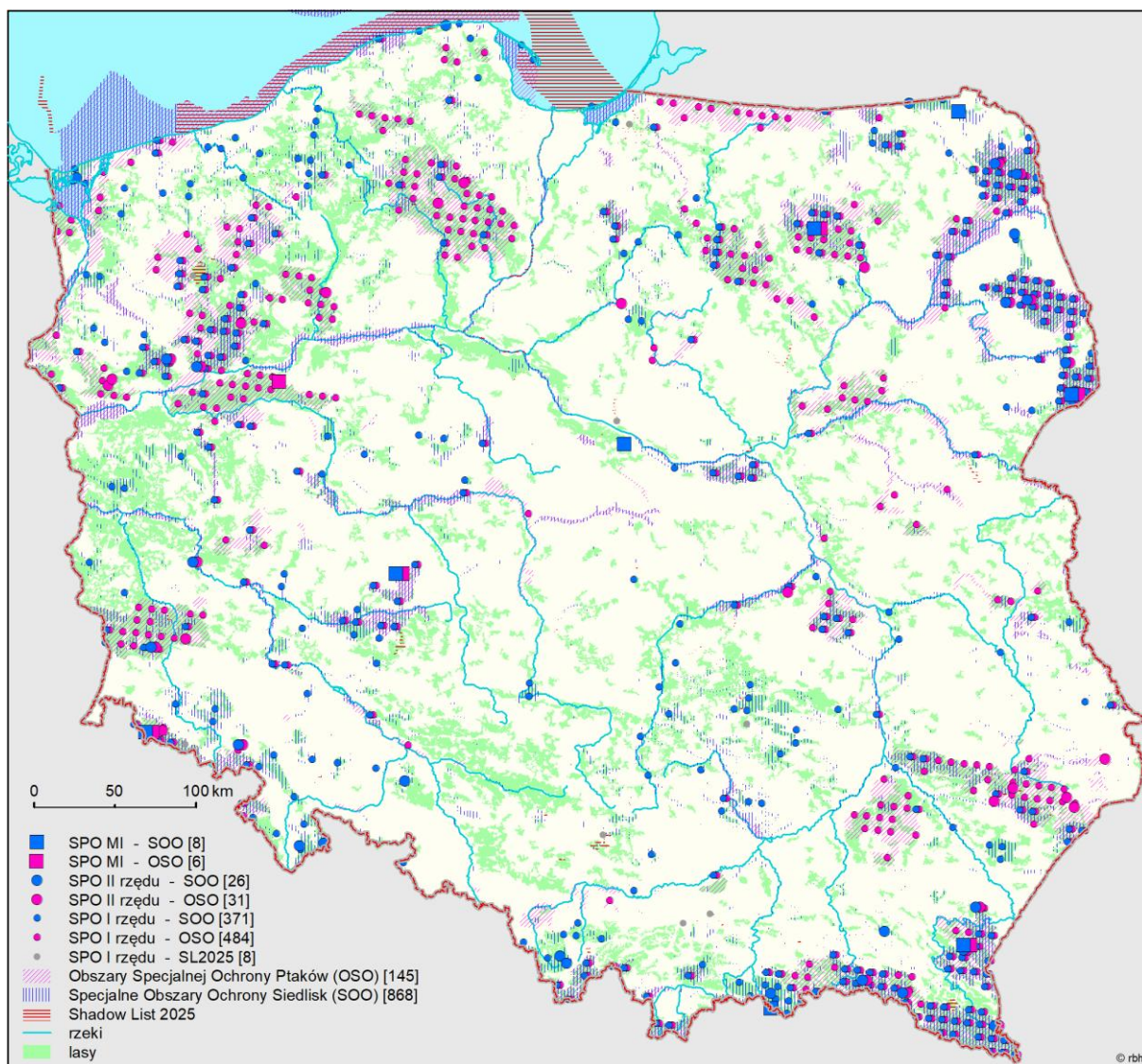
Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja	Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja
PLH200021	Ostoja w Dolinie Górnego Nurca	20	13,50	PLH300038	Dolina Cybiny	20	14,25
PLH200022	Dolina Górnjej Rospudy	20	22,50	PLH300041	Ostoja Przemęcka	20	17,75
PLH220014	Kurze Grzędy	20	28,50	PLH300046	Dolina Bukówki	20	18,00
PLH220018	Mierzeja Sarbska	20	20,50	PLH320001	Bobolickie Jeziora Lobeliowe	40	28,00
PLH220020	Pełcznica	20	16,25	PLH320003	Dolina Grabowej	20	24,75
PLH220021	Piaśnickie Łąki	20	17,50	PLH320006	Dolina Płoni i Jezioro Miedwie	20	15,75
PLH220023	Ostoja Słowińska	20	31,25	PLH320007	Dorzecze Parsęty	60	24,75
PLH220026	Sandr Brdy	20	26,00	PLH320008	Janiewickie Bagno	20	21,25
PLH220029	Trzy Młyny	20	15,75	PLH320013	Ostoja Goleniowska	20	20,00
PLH220032	Zatoka Pucka i Półwysep Helski	40	19,75	PLH320014	Pojezierze Mysliborskie	20	18,00
PLH220034	Jeziora Wdzydzkie	40	20,38	PLH320017	Trzebiatowsko-Kołobrzeski Pas Nadmorski	40	16,25
PLH220038	Dolina Wieprzy i Studnicy	20	25,75	PLH320019	Wolin i Uznam	60	24,58
PLH220041	Miasteczkie Jeziora Lobeliowe	20	21,75	PLH320020	Wzgórza Bukowe	40	18,50
PLH240001	Cieszyńskie Źródła Tufowe	20	19,50	PLH320022	Dolina Radwi, Chocieli i Chotli	60	24,67
PLH240005	Beskid Śląski	40	36,25	PLH320023	Jezioro Lubie i Dolina Drawy	60	21,50
PLH240006	Beskid Żywiecki	80	24,63	PLH320037	Dolna Odra	20	19,00
PLH240023	Beskid Mały	60	20,67	PLH320038	Gogolice-Kosa	20	45,50
PLH260002	Łysogóry	20	9,50	PLH320039	Jeziora Czaplineckie	60	22,92
PLH260003	Ostoja Nidziańska	20	26,50	PLH320040	Jezioro Bobięcińskie	20	21,75
PLH260004	Ostoja Przedborska	20	25,00	PLH320044	Lasy Bierzwnickie	40	16,88
PLH260010	Lasy Suchedniowskie	60	19,33	PLH320045	Mirosławiec	20	20,00
PLH260011	Lasy Skarżyskie	20	14,25	PLH320046	Uroczyska Puszczy Drawskiej	220	18,11
PLH260015	Dolina Czarnej	20	25,00	PLH320047	Warnie Bagno	20	25,75
PLH260018	Dolina Górnjej Pilicy	40	26,50	PLH320049	Dorzecze Regi	60	19,00
PLH260024	Krzemionki	20	16,25	PLH320052	Ostoja Golczewska	20	29,25
PLH260027	Ostoja Gaj	20	14,25	PLH320060	Dziczy Las	20	21,00
PLH260028	Ostoja Jeleniowska	20	15,25	PLH320067	Pojezierze Ińskie	60	17,42
PLH260029	Ostoja Kozubowska	20	22,50				
PLH260034	Ostoja Szaniecko-Solecka	40	17,63				
PLH260040	Lasy Cisowsko-Orłowińskie	20	15,00				
PLH280001	Dolina Drwęcy	60	20,50				
PLH280005	Puszcza Romincka	20	28,00				
PLH280006	Rzeka Pasłęka	20	19,25				
PLH280007	Zalew Wiślany i Mierzeja Wiślana	20	19,00				
PLH280012	Ostoja Lidzbarska	40	19,25				
PLH280016	Ostoja Borecka	100	23,90				
PLH280029	Doliny Erozyjne Wysoczyzny Elbląskiej	20	22,00				
PLH280033	Warmińskie Buczyny	20	18,25				
PLH280044	Ostoja nad Oświnem	20	16,50				
PLH280048	Ostoja Piska	140	21,93				
PLH280052	Ostoja Napiwodzko-Ramucka	100	23,85				
PLH280053	Ostoja Iławska	60	19,08				
PLH300001	Biedrusko	20	17,75				
PLH300002	Uroczyska Płyty Krotoszyńskiej	60	24,42				
PLH300009	Ostoja Nadwarciańska	20	16,00				
PLH300010	Ostoja Wielkopolska	40	15,25				
PLH300011	Puszcza Bieniszewska	20	16,50				
PLH300026	Pojezierze Gnieźnieńskie	40	19,50				
PLH300032	Ostoja Międzychodzko-Sierakowska	40	16,13				

Tabela 8.3. Średnia defoliacja na obszarach Natura 2000 z powierzchniami monitoringu leśnego w 2025 roku

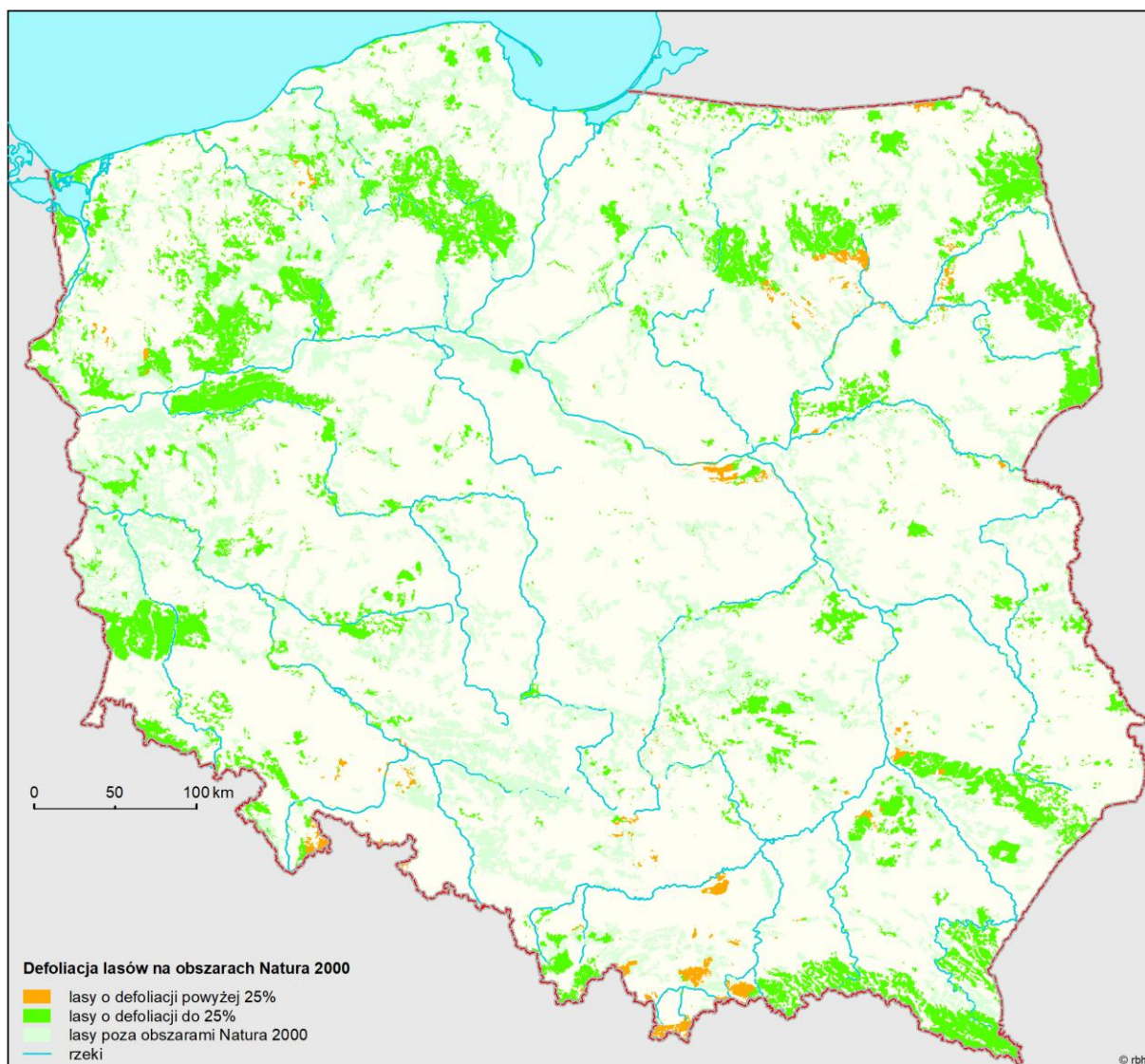
Rodzaj obszaru	Liczba obszarów Natura 2000	Liczba SPO I	Średnia defoliacja w 2025 roku	Średnia defoliacja w 2024 roku	Zmiana średniej defoliacji
Obszary ochrony ptaków (OSO)	85	484	22,2	22,2	0,0
Obszary ochrony siedlisk (SOO)	169	371	21,5	21,6	-0,1



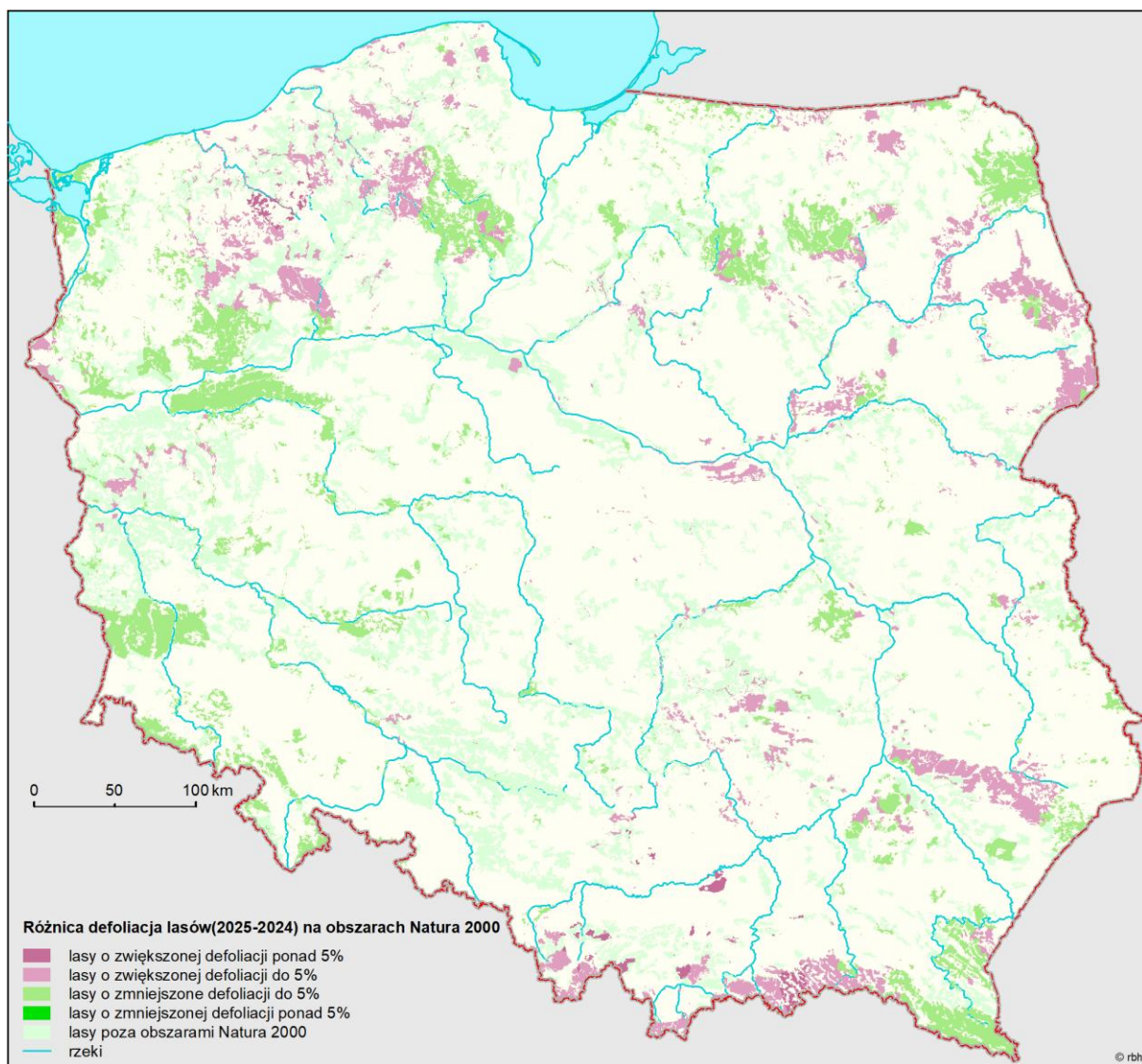
Rycina 8.1. Położenia sieci Natura 2000 w Europie (dane dla 2024 r.)



Rycina 8.2. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu oraz powierzchni Monitoringu Intensywnego na obszarach Natura 2000 (stan na koniec 2025 r.)



Rycina 8.3. Poziom defoliacji lasów na obszarach Natura 2000 na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych (stan na 2025 rok)



Rycina 8.4. Różnica w poziomie defoliacji lasów na obszarach Natura 2000 pomiędzy latami 2025 i 2024 na podstawie zmiany defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych

CZĘŚĆ III MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH II RZĘDU

9. STAN ZDROWOTNY DRZEWOSTANÓW NA SPO II RZĘDU W 2025 R. – JADWIGA MAŁACHOWSKA

Ocenę stanu koron drzew na 148 SPO II rzędu (100 powierzchni sosnowych, 22 – świerkowych, 15 – dębowych i 11 – bukowych, wiek drzewostanu powyżej 40 lat) rozpoczęto w latach 1995-1996. Od 2008 roku ubywało powierzchni z obserwacjami stanu zdrowotnego. Na czterech powierzchniach usunięto drzewostan w 2015 roku, po trzy powierzchnie zmieniło swój charakter w latach 2008 i 2018, po jednej powierzchnia – w latach 2009, 2014, 2016, 2019 i 2020. W 2025 roku na trzech powierzchniach w RDLP w Katowicach powrócono z badaniami stanu zdrowotnego drzew.

Od 2006 roku, w miarę ubywania drzew gatunku panującego (drzewa martwe i/lub wycięte) na powierzchniach, dobierano pojedyncze drzewa, także gatunków innych niż 4 podstawowe – były to jodła, modrzew, brzoza, jawor, wiąz. W 2025 roku na 2720 drzew poddanych obserwacjom 27 drzew należało do gatunków domieszkowych (16 modrzewi, 6 jodeł, 2 jawory i 3 brzozy).

W 2025 roku na 136 SPO II rzędu wykonano ocenę stanu zdrowotnego drzew. Na 12 powierzchniach, z uwagi na brak lub obecność zbyt młodego drzewostanu takich obserwacji nie wykonywano. Wśród powierzchni z obserwacjami stanu zdrowotnego w 2025 roku było 97 powierzchni sosnowych, 11 powierzchni świerkowych, 13 powierzchni bukowych, 14 powierzchni dębowych oraz jedna powierzchnia, na której gatunkiem dominującym był modrzew.

Powierzchnie sosnowe są reprezentowane w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych, we wszystkich regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych oraz we wszystkich województwach. Powierzchnie świerkowe występują w trzech krainach, w czterech regionalnych dyrekcjach LP i w czterech województwach, powierzchnie bukowe występują w sześciu krainach, w dziewięciu regionalnych dyrekcjach LP oraz w dziesięciu województwach. Powierzchnie dębowe są reprezentowane we wszystkich krainach, w dwunastu regionalnych dyrekcjach LP oraz w jedenastu województwach. Jedna powierzchnia modrzewiowa występuje w Krainie Karpackiej, RDLP w Katowicach i województwie śląskim (tab. 9.1 – 9.3).

Ocenę stanu zdrowotnego drzewostanów na SPO II rzędu przeprowadza się corocznie, według tej samej metodyki co na SPO I rzędu. Wyniki tej oceny wraz z wynikami rozszerzonego zakresu obserwacji i pomiarów prowadzonych na tych powierzchniach w cyklach kilkuletnich

stanowią pulę informacji, które mogą być wykorzystywane do zaawansowanych analiz związków stanu zdrowotnego drzew z przyrostem miąższości i poziomem odżywienia mineralnego drzew, stanem roślinności runa leśnego i chemizmem gleb.

Zróżnicowanie kondycji zdrowotnej drzew monitorowanych gatunków w kraju

Ze względu na niewielką liczbę drzew gatunków domieszkowych w niniejszym opracowaniu nie omawiano stanu zdrowotnego drzew tych gatunków.

Ogółem na SPO II rzędu średnia defoliacja drzew w roku 2025 wynosiła 22,6%. Udział drzew zdrowych (klasa 0, do 10% defoliacji) wynosił 8,9%, udział drzew w klasie ostrzegawczej (klasa 1, drzewa o defoliacji od 11% do 25%) – 74,2%, a udział drzew o osłabionej kondycji (klasy 2-4, powyżej 25% defoliacji) – 16,9% (tab. 9.4). Kondycja zdrowotna drzew gatunków łącznie nie zmieniła się w porównaniu z rokiem 2024. Nastąpiły niewielkie zmiany udziału drzew w klasie 0 (wzrost o 1 p.p.), w klasach defoliacji 2-4 (spadek o 0,7 p.p.) oraz wartości średniej defoliacji (spadek o 0,3 p.p.).

Gatunkiem charakteryzującym się najlepszą kondycją zdrowotną w 2025 roku był buk, u którego udział drzew zdrowych wynosił 38,6%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 6,3%, a średnia defoliacja – 15,3%. Najgorszą kondycją cechował się dąb, u którego udział drzew zdrowych wynosił 3,5%, udział drzew osłabionych – 36,7%, a średnia defoliacja – 27,5%. Pozostałe dwa gatunki: sosna i świerk, zajmowały w tej klasyfikacji miejsca pośrednie. Świerk charakteryzował się nieco lepszą kondycją zdrowotną niż sosna. Udział drzew zdrowych wynosił odpowiednio: 8,0% i 5,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4: 14,8% i 15,6%, a średnia defoliacja: 21,6% i 23,0% (tab. 9.4).

Kolejność gatunków występujących na SPO II rzędu od najzdrowszych do najmniej zdrowych była następująca: buk << świerk < sosna << dąb.

W porównaniu z 2024 rokiem kondycja zdrowotna buka uległa poprawie, wzrósł udział drzew zdrowych (o 5,2 punktu procentowego), w mniejszym stopniu wzrósł udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (o 2,7 p.p.), natomiast średnia defoliacja zmniejszyła się (o 0,7 p.p.). Poprawa kondycji zdrowotnej wystąpiła także u świerka i dębu; udziały drzew zdrowych wzrosły o odpowiednio: 3,4 i 3,1 p.p., udziały drzew w klasach 2-4 zmniejszyły się o 6,0 i 3,9 p.p., zmniejszyła się również średnia defoliacja o 1,9 i 2,0 p.p. Kondycja sosny, biorąc pod uwagę średnie wartości ocenianych parametrów na wszystkich powierzchniach poddanych obserwacjom, nie uległa zmianie.

Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej drzew monitorowanych gatunków

Analiza rozkładu powierzchniowego kondycji zdrowotnej drzew na SPO II rzędu jest trudna ze względu na nierównomierne rozmieszczenie powierzchni badawczych w poszczególnych jednostkach terytorialnych oraz niewielką liczbę powierzchni reprezentujących te jednostki (tab. 9.1 – 9.3).

Bardziej szczegółowo przeprowadzono analizę kondycji zdrowotnej drzew w krainach przyrodniczo-leśnych: porównano udziały drzew w klasach defoliacji oraz ich średnią defoliację. Analizę kondycji drzew w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych oraz w województwach, ze względu na gorszą reprezentatywność, przeprowadzono jedynie na podstawie średnich defoliacji.

Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej jednostki terytorialnej lub w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

Kondycja zdrowotna drzew na SPO II rzędu w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udziały drzew w klasach defoliacji oraz średnią defoliację monitorowanych gatunków na SPO II rzędu w układzie krain przyrodniczo-leśnych zamieszczono w tabeli 9.4 oraz na rycinach 9.1 – 9.5.

Drzewa **monitorowanych gatunków łącznie** okazały się najzdrowsze na powierzchniach Krainy Karpackiej, gdzie zanotowano najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (23,0%), niski udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (12,0%) oraz najniższą wartość średniej defoliacji (18,5%). Dobrą kondycję drzew zarejestrowano w Krainie Sudeckiej (14,4% drzew zdrowych, 13,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 20,8% średniej defoliacji). Średnią kondycję odnotowano w krainach: Bałtyckiej i Mazursko-Podlaskiej (odpowiednio: 9,3% i 3,9% drzew zdrowych, 13,6 % i 6,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,8% i 22,1% średniej defoliacji). Słabszą kondycją w tym zestawieniu charakteryzowały się drzewa na powierzchniach Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej (8,3% drzew zdrowych, 19,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,98% średniej defoliacji), najsłabszą – na powierzchniach krain: Małopolskiej, Śląskiej i Mazowiecko-Podlaskiej (od 4,3% do 6,1% drzew zdrowych, od 20,0% do 22,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 24,0% do 24,3% średniej defoliacji) (ryc. 9.1).

W porównaniu z 2024 rokiem niewielkie pogorszenie kondycji drzew zanotowano w Krainie Małopolskiej (wzrost wartości średniej defoliacji o 0,9 p.p.), natomiast znaczną

poprawę w krainach: Śląskiej i Sudeckiej (obniżenie wartości średniej defoliacji o odpowiednio: 2,9 i 3,9 punktu procentowego).

Powierzchnie z drzewostanem sosnowym występują w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych (od pięciu powierzchni w Krainie Karpackiej do dwudziestu czterech powierzchni w Krainie Małopolskiej), brak takich powierzchni w Krainie Sudeckiej (tab. 9.1). Sosna charakteryzowała się najlepszą kondycją zdrowotną w Krainie Karpackiej, gdzie zanotowano 5,2% drzew zdrowych, 9,4% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą w zestawieniu średnią defoliację (19,5%). Dobłą kondycję drzew tego gatunku zarejestrowano w Krainie Bałtyckiej (7,2% drzew zdrowych, 8,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 20,8% średniej defoliacji). Średnią kondycję sosny zanotowano w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej i Mazursko-Podlaskiej (8,8% i 5,1% drzew zdrowych, 15,0% i 7,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,9% i 22,3% średniej defoliacji). Słabszą kondycją zdrowotną cechowały się drzewa w krainach: Śląskiej, Mazowiecko-Podlaskiej i Małopolskiej (od 2,1% do 5,1% drzew zdrowych, od 17,0% do 22,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 24,3% do 24,9% średniej defoliacji) (tab. 9.4, ryc. 9.2).

W porównaniu z 2024 rokiem niewielką poprawę kondycji sosen zanotowano w krainach: Mazursko-Podlaskiej i Śląskiej (obniżenie wartości średniej defoliacji odpowiednio o: 0,9 i 1,2 p.p.), natomiast niewielkie pogorszenie – w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej, Mazowiecko-Podlaskiej i Małopolskiej (wzrost wartości średniej defoliacji odpowiednio o: 0,8, 0,8 i 1,4 p.p.).

Powierzchnie z drzewostanem świerkowym występują tylko w trzech krainach przyrodniczo-leśnych: Sudeckiej, Karpackiej i Mazursko-Podlaskiej, odpowiednio po: sześć, sześć i dwie powierzchnie (tab. 9.1). Zdrowsze świerki występowały w Krainie Karpackiej, gdzie zarejestrowano 21,1% drzew zdrowych, 21,1% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja wynosiła 20,9%. Słabszą kondycją charakteryzowały się świerki w krainach: Mazursko-Podlaskiej i Sudeckiej (odpowiednio: 0,0% i 3,4% drzew zdrowych, 4,3% i 15,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,3% i 22,2% średniej defoliacji) (tab. 9.4, ryc. 9.3). W porównaniu z 2024 rokiem poprawę kondycji świerków zanotowano w krainach: Karpackiej i Sudeckiej (obniżenie wartości średniej defoliacji o: 2,3 i 3,0 p.p.), natomiast pogorszenie – w Krainie Mazursko-Podlaskiej (wzrost wartości średniej defoliacji o: 2,5 p.p.).

Powierzchnie z drzewostanem bukowym występują w sześciu krainach (brak takich powierzchni w krainach: Mazursko-Podlaskiej i Mazowiecko-Podlaskiej), ich reprezentacja jest jednak niewielka. W krainach: Bałtyckiej i Karpackiej występują po trzy takie powierzchnie, w Krainie Śląskiej – dwie, w pozostałych trzech krainach – po jednej powierzchni, w związku

z czym wiarygodność porównań jest wysoce niepewna (tab. 9.1). Buk charakteryzował się najlepszą kondycją zdrowotną w skali kraju, w poszczególnych krainach jego kondycja była bardzo dobra lub dobra. Najzdrowsze buki występowały w krainach: Małopolskiej i Sudeckiej, gdzie zanotowano najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (95%), odpowiednio: 5% i 0,0% drzew w klasach defoliacji 2-4, oraz najniższą średnią defoliację (7,5% i 8,0%). Bardzo dobrą kondycją charakteryzowały się drzewa tego gatunku w Krainie Karpackiej (42,0% drzew zdrowych, 9,1% drzew w klasach defoliacji 2-4, oraz 15,3% średniej defoliacji). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się buki w krainach: Bałtyckiej, Wielkopolsko-Pomorskiej i Śląskiej (od 9,1% do 24,6% drzew zdrowych, od 6,6% do 10,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 17,6% do 18,3% średniej defoliacji). (tab. 9.4, ryc. 9.4). W porównaniu z 2024 rokiem niewielką poprawę kondycji buków zanotowano w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, znaczną poprawę – w krainach: Śląskiej i Sudeckiej (obniżenie wartości średniej defoliacji odpowiednio o: 1,0, 3,5 i 9,5 p.p.), niewielkie pogorszenie – w krainach: Bałtyckiej i Karpackiej (wzrost wartości średniej defoliacji odpowiednio o: 1,9 i 2,0 p.p.).

Powierzchnie z drzewostanem dębowym występują we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych, jednak podobnie jak to ma miejsce w przypadku powierzchni bukowych – ich reprezentacja jest bardzo mała: w sześciu krainach występują po dwie powierzchnie tego gatunku, w dwóch krainach (Sudeckiej i Karpackiej) – po jednej powierzchni (wiarygodność porównań jest wysoce niepewna) (tab. 9.1). Dąb charakteryzował się najgorszą kondycją zdrowotną w skali kraju, w większości krain jego kondycja była mniej lub bardziej osłabiona. Dobrą kondycją w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się dęby na powierzchniach w Krainie Karpackiej, gdzie wszystkie drzewa zaliczono do klasy ostrzegawczej (klasa 1), a średnia defoliacja wynosiła 21,3%. Słabszą kondycję zanotowano w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (7,0% drzew zdrowych, 16,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,0% średniej defoliacji). Kondycję na średnim poziomie zanotowano w krainach: Mazursko-Podlaskiej i Małopolskiej (odpowiednio: 0,0% i 8,2% drzew zdrowych, 8,1% i 30,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,7% i 22,8% średniej defoliacji). Silnie osłabione dęby występowały w Krainie Śląskiej (5% drzew zdrowych, od 57,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 31,1% średniej defoliacji). Dęby o najslabszej kondycji zarejestrowano w krainach: Bałtyckiej i Wielkopolsko-Pomorskiej (odpowiednio: 2,5% i 0,0% drzew zdrowych, 65% i 70,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 36,5% i 35,3% średniej defoliacji) (tab. 9.4, ryc. 9.5). W porównaniu z 2024 rokiem niewielką poprawę kondycji dębów zanotowano w Krainie Mazursko-Podlaskiej, znaczną poprawę – w krainach: Sudeckiej, Małopolskiej i Śląskiej (obniżenie wartości średniej

defoliacji odpowiednio o: 0,9, 3,0, 3,2 i 10,0 p.p.), pogorszenie – w Krainie Bałtyckiej (wzrost wartości średniej defoliacji o 2,4 p.p.).

Kondycja zdrowotna drzew na SPO II rzędu w układzie regionalnych dyrekcji LP

Średnią defoliację monitorowanych gatunków na SPO II rzędu w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych zamieszczono w tabeli 9.5.

W 2025 roku wartości średniej defoliacji drzew **monitorowanych gatunków łącznie** zawierały się w przedziale od 18,7% w RDLP w Pile do 28,3% w RDLP w Zielonej Górze. Niską wartość tego parametru (19,6%) zanotowano w RDLP w Krośnie, podwyższone wartości (od 23,6% do 24,6%) zarejestrowano na powierzchniach w rdLP w Szczecinie, Łodzi, Radomiu i Krakowie. Na powierzchniach zlokalizowanych w pozostałych 10 regionalnych dyrekcjach LP średnia defoliacja przyjmowała wartości od 21,6% do 22,9%.

Powierzchnie z drzewostanem sosnowym występują we wszystkich regionalnych dyrekcjach LP (od jednej powierzchni w RDLP w Zielonej Górze do dwunastu powierzchni w rdLP w Katowicach i Lublinie). Wartości średniej defoliacji sosny zawierały się w przedziale od 18,7% w RDLP w Pile do 29,6% w RDLP w Krakowie. Niskie wartości tego parametru (od 19,5% do 20,8%) zanotowano w rdLP: w Poznaniu, Krośnie i Szczecinie, średnie (od 21,9% do 22,8%) w rdLP w Toruniu, we Wrocławiu, w Gdańsku, Warszawie i Białymstoku. Podwyższone wartości średniej defoliacji (od 23,6% do 24,0%) zarejestrowano na powierzchniach w rdLP w Szczecinku, Lublinie, Zielonej Górze i Olsztynie, wysokie wartości (od 24,7% do 26,1%) – w rdLP w Radomiu, Katowicach i Łodzi.

Powierzchnie z drzewostanem świerkowym występują jedynie w pięciu regionalnych dyrekcjach LP: we Wrocławiu (6 powierzchni), w Katowicach (3 powierzchnie), w Białymstoku i w Krakowie (po 2 powierzchnie) oraz w Krośnie (1 powierzchnia). Wartości średniej defoliacji świerka od najmniejszej do największej wynosiły: 13,0% (w RDLP w Katowicach), 21,2% (w RDLP w Białymstoku), 22,2% (w RDLP we Wrocławiu), 22,9% (w RDLP w Krakowie) oraz 23,3% (w RDLP w Krośnie).

Powierzchnie z drzewostanem bukowym występują nielicznie (po jednej lub dwie powierzchnie) w dziewięciu regionalnych dyrekcjach LP (tab. 9.2). Ze względu na małą reprezentatywność wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Buk charakteryzował się najlepszą kondycją zdrowotną w skali kraju, w większości regionalnych dyrekcji LP jego kondycja była bardzo dobra lub dobra. Najzdrowsze buki występowały na powierzchniach w rdLP w Lublinie i we Wrocławiu, gdzie średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 7,5% i 8,0%. Niskie wartości średniej defoliacji (od 12,5% do 15,2%) zanotowano w rdLP w Krakowie, Gdańsku,

Olsztynie i Krośnie, nieco wyższe (17,6% i 18,3%) – w rdLP w Katowicach i Szczecinku. Najwyższą wartość tego parametru (24,0%) zarejestrowano w RDLP w Szczecinie.

Powierzchnie z drzewostanem dębowym występują w dwunastu regionalnych dyrekcjach LP, jednak podobnie jak to ma miejsce w przypadku powierzchni bukowych – ich reprezentacja jest bardzo mała (tab. 9.2) i wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Dąb charakteryzował się najgorszą kondycją zdrowotną w skali kraju, również w większości regionalnych dyrekcji LP jego kondycja była silnie osłabiona. Wartości średniej defoliacji dębów zawierały się w przedziale od 20,8% w RDLP w Lublinie do 45,0% w RDLP w Szczecinie. Niższe wartości tego parametru (od 21,3% do 23,8%) zanotowano w rdLP w Krośnie, Olsztynie, Łodzi i Białymstoku; średnie wartości (od 25,8% do 28,0%) – w rdLP w Krakowie, Wrocławiu i Gdańsku; wysokie i bardzo wysokie wartości (od 32,8% do 37,8%) – w rdLP w Zielonej Górze, Katowicach i Poznaniu.

Kondycja zdrowotna drzew na SPO II rzędu w układzie województw

Średnią defoliację monitorowanych gatunków na SPO II rzędu w układzie województw zamieszczono w tabeli 9.6.

W 2025 roku wartości średniej defoliacji drzew **monitorowanych gatunków łącznie** zawierały się w przedziale od 19,8% w województwie podkarpackim do 26,5% w województwie opolskim. Niskie wartości średniej defoliacji zanotowano w śląskim i pomorskim, odpowiednio: 20,3% i 20,9%. Średnimi wartościami tego parametru (od 21,1% do 22,6%) charakteryzowały się drzewa na powierzchniach w województwach: łódzkim, zachodniopomorskim, warmińsko-mazurskim, wielkopolskim, dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, podlaskim, świętokrzyskim i lubelskim. Wysokie wartości średniej defoliacji zarejestrowano na powierzchniach w małopolskim, lubuskim i mazowieckim, odpowiednio: 24,6%, 25,9% i 26,0%.

Powierzchnie z drzewostanem sosnowym występują we wszystkich województwach (od jednej powierzchni w województwie łódzkim do jedenastu powierzchni w województwie lubelskim). Wartości średniej defoliacji sosny zawierały się w przedziale od 20,5% w wielkopolskim do 27,4% w małopolskim. Niższe wartości tego parametru (20,5% i 20,9%) zanotowano w łódzkim, zachodniopomorskim, podkarpackim i pomorskim. Podwyższone wartości średniej defoliacji (23,8% i 24,0%) zarejestrowano na powierzchniach w śląskim i lubelskim, wysokie wartości (26,6% i 26,9%) – w opolskim i mazowieckim. W pozostałych województwach zanotowano średnie wartości tego parametru (od 21,9% do 22,9%).

Powierzchnie z drzewostanem świerkowym występują jedynie w pięciu województwach: dolnośląskim (6 powierzchni), śląskim (3 powierzchnie), małopolskim

i podlaskim (po 2 powierzchnie) oraz podkarpackim (1 powierzchnia). Wartości średniej defoliacji świerka od najmniejszej do największej wynosiły: 13,0% (w śląskim), 21,2% (w podlaskim), 22,2% (w dolnośląskim), 22,9% (w małopolskim) oraz 23,3% (w podkarpackim).

Powierzchnie z drzewostanem bukowym występują nielicznie (po jednej lub dwie powierzchnie) w dziesięciu województwach (tab. 9.3). Ze względu na małą reprezentatywność wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Buk charakteryzował się najlepszą kondycją zdrowotną w skali kraju, w większości województw jego kondycja była bardzo dobra lub dobra. Najzdrowsze buki występowały na powierzchniach w lubelskim i dolnośląskim, gdzie średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 7,5% i 8,0%. Niskie wartości średniej defoliacji (od 12,5% do 15,2%) zanotowano na powierzchniach w małopolskim, pomorskim, podkarpackim i warmińsko-mazurskim, wyższe wartości (od 16,8% do 19,8%) – w śląskim, zachodniopomorskim i opolskim. Najwyższą wartość tego parametru (24,3%) zarejestrowano w lubuskim.

Powierzchnie z drzewostanem dębowym występują w jedenastu województwach, jednak podobnie jak to ma miejsce w przypadku powierzchni bukowych – ich reprezentacja jest bardzo mała (tab. 9.3) i wiarygodność porównań wysoce niepewna. Dąb charakteryzował się najgorszą kondycją zdrowotną w skali kraju, również w kilku województwach jego kondycja była silnie osłabiona. Wartości średniej defoliacji dębów zawierały się w przedziale od 20,0% w województwie łódzkim do 38,9% w województwie lubuskim. Niższe wartości średniej defoliacji (od 21,3% do 22,3%) zanotowano w województwach: podkarpackim, warmińsko-mazurskim i mazowieckim, średnią wartość (23,8%) – w podlaskim, wysokie wartości (25,8% i 27,6% i 28,0%) – w małopolskim, dolnośląskim i pomorskim, bardzo wysokie wartości (33,0% i 37,8%) – w opolskim i wielkopolskim.

W dziesięciolecie 2016-2025 poziom zdrowotności drzew gatunków łącznie na SPO II rzędu nie wykazywał dużych różnic w skali kraju. Najlepszą kondycję drzew obserwowano w 2022 r., niewiele gorszą w latach 2024 i 2025, słabą w 2020 r., najslabszą – w 2019 r. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 3,8% w 2020 r. do 11,9% w 2022 r., udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 16,2% w 2022 r. do 24,0% w 2019 r., a średnia defoliacja – od 22,1% w 2022 r. do 24,5% w 2019 r. (ryc. 9.6)

Najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowała się sosna, niewiele mniejszą – świerk, natomiast dużą zmiennością kondycji charakteryzowały się buk i dąb (ryc. 9.7 – 9.10). Buk wykazywał największą zmienność udziału drzew zdrowych: od 7,7% w 2020 r. do 38,6% w 2025 r., natomiast dąb wykazywał największą zmienność udziału drzew w klasach defoliacji 2-4: od 31,3% w 2022 r. do 59,1% w 2019 r. Sosna i dąb charakteryzowały się najlepszą kondycją

zdrowotną w 2022 r., natomiast najslabszą – w 2019 r. Najlepszą kondycję świerka obserwowano w 2016 r., najslabszą – w 2020 r. Najlepszą kondycję buka obserwowano w 2025 r., najslabszą – w 2020 r.

Najlepszą kondycją drzew monitorowanych gatunków łącznie na SPO II rzędu w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się: Kraina Sudecka – w latach 2016-2017, Kraina Karpacka – w latach 2018-2019, 2021-2022 i 2024-2025, Kraina Mazursko-Podlaska w 2022 roku oraz Kraina Bałtycka – 2023 r. (ryc. 9.11). W ciągu całego dziesięciolecia średnia defoliacja drzew w lasach krain Karpackiej i Bałtyckiej przyjmowała wartości niższe od średniej krajowej. Najgorszą kondycją drzew w lasach w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się: Kraina Mazowiecko-Podlaska – w latach 2016-2017 i 2022, Kraina Wielkopolsko-Pomorska – w latach 2018-2021 oraz Kraina Śląska – w latach 2023-2025. W ciągu całego dziesięciolecia (z wyjątkiem 2019 r. w Krainie Śląskiej oraz 2024 r. w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej) średnia defoliacja drzew w lasach tych trzech krain przyjmowała wartości wyższe od średniej krajowej.

Najlepszą kondycją sosny przez dziewięć lat (z wyjątkiem 2023 r.) charakteryzowała się Kraina Karpacka (ryc. 9.12). Dobrą kondycję tego gatunku przez całe dziesięciolecie notowano w Krainie Bałtyckiej. Najslabszą kondycję sosny obserwowano w Krainie Śląskiej – w latach 2016-2017, 2020 i 2023-2024, w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej – 2018 r., w Krainie Małopolskiej – w 2019 r., oraz w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej – w latach 2021-2022 i 2025. Słabą kondycję tego gatunku przez całe dziesięciolecie notowano w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej.

Powierzchnie świerkowe występują jedynie w trzech: Mazursko-Podlaskiej, Sudeckiej i Karpackiej. Najlepszą kondycją charakteryzował się świerk w Krainie Mazursko-Podlaskiej, natomiast znacznie gorszą – w dwu pozostałych krainach (ryc. 9.13).

Powierzchnie bukowe występują w sześciu krainach przyrodniczo-leśnych (brak takich powierzchni w krainach: Mazursko-Podlaskiej i Mazowiecko-Podlaskiej). Przez większość omawianego okresu najlepszą kondycję buka obserwowano w Krainie Małopolskiej, natomiast najgorszą – w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej (ryc. 9.14).

Umiarkowanie dobrą kondycją dębu przez większość omawianego okresu charakteryzowały się krainy: Mazowiecko-Podlaska, Mazursko-Podlaska, Bałtycka oraz Sudecka. Najslabszą kondycję drzew tego gatunku obserwowano w latach 2016-2021 – w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, w latach 2022-2024 – w Krainie Śląskiej, w 2025 r. – w Krainie Bałtyckiej (ryc. 9.15).

Tabela 9.1. Liczba SPO II rzędu poddanych obserwacjom w 2025 r., zestawienie wg gatunku panującego w drzewostanie, w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Gatunek panujący w drzewostanie	Bałtycka	Mazursko-Podlaska	Wielkopolsko-Pomorska	Mazowiecko-Podlaska	Śląska	Małopolska	Sudecka	Karpacka	Kraj
Sosna	16	10	20	13	9	24	0	5	97
Świerk	0	2	0	0	0	0	6	3	11
Buk	3	0	1	0	2	1	1	5	13
Dąb	2	2	2	2	2	2	1	1	14
Modrzew	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Gatunki razem	21	14	23	15	13	27	8	15	136

Tabela 9.2. Liczba SPO II rzędu poddanych obserwacjom w 2025 r., zestawienie wg gatunku panującego w drzewostanie, w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Gatunek panujący w d-stanie	Białystok	Katowice	Kraków	Krosno	Lublin	Łódź	Olszyn	Piła	Poznań	Szczecin	Szczecinek	Toruń	Wrocław	Zielona G.	Gdańsk	Radom	Warszawa	Kraj
Sosna	11	12	3	5	12	2	6	3	5	8	5	6	3	1	5	7	3	97
Świerk	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	11
Buk	0	4	1	2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	13
Dąb	1	1	1	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	1	1	0	0	14
Modrzew	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Razem	14	18	7	9	14	4	8	3	6	10	6	6	12	2	7	7	3	136

Tabela 9.3. Liczba SPO II rzędu poddanych obserwacjom w 2025 r., zestawienie wg gatunku panującego w drzewostanie, w układzie województw

Gatunek panujący w d-stanie	Dolnośląskie	Kujawsko-pom.	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-maz.	Wielkopolskie	Zachodniopom.	Kraj
Sosna	3	4	11	6	1	5	9	4	6	9	8	6	5	7	7	6	97
Świerk	6	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	11
Buk	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	1	3	0	1	0	1	13
Dąb	2	0	0	2	1	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	14
Modrzew												1					1
Razem	12	4	12	9	2	9	11	6	10	12	10	10	5	9	8	7	136

Tabela 9.4. Udział drzew [%] w klasach defoliacji i średnia defoliacja [%] monitorowanych gatunków na SPO II rzędu *) w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2025 r.

Gatunek panujący w drzewostanie	Kl.def., śr.def.	Bałtycka	Mazursko- Podlaska	Wielkopolsko- Pomorska	Mazowiecko- Podlaska	Śląska	Małopolska	Sudecka	Karpacka	Kraj
Sosna	0 1 2-4 śr.def.	7,2 84,3 8,5 20,8	5,1 87,7 7,2 22,3	8,8 76,3 15,0 21,9	3,9 75,3 20,8 24,8	5,1 77,8 17,0 24,3	2,1 75,4 22,5 24,9	- - - -	5,2 85,4 9,4 19,5	5,3 79,0 15,6 23,0
Świerk	0 1 2-4 śr.def.	- - - -	0,0 95,7 4,3 21,3	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	3,4 81,5 15,1 22,2	21,1 57,7 21,1 20,9	8,0 77,2 14,8 21,6
Buk	0 1 2-4 śr.def.	24,6 68,9 6,6 17,8	- - - -	15,0 75,0 10,0 18,3	- - - -	9,1 88,6 2,3 17,6	95,0 0,0 5,0 7,5	95,0 5,0 0,0 8,0	42,0 48,9 9,1 15,3	38,6 55,1 6,3 15,3
Dąb	0 1 2-4 śr.def.	2,5 32,5 65,0 36,5	0,0 91,9 8,1 22,7	0,0 30,0 70,0 35,3	7,0 76,7 16,3 22,0	5,0 37,5 57,5 31,1	8,2 61,2 30,6 22,8	0,0 80,0 20,0 26,0	0,0 100,0 0,0 21,3	3,5 59,9 36,7 27,5
Razem 4 grupy gatunków	0 1 2-4 śr.def.	9,3 77,1 13,6 21,8	3,9 89,3 6,8 22,1	8,3 72,2 19,6 22,9	4,4 75,5 20,1 24,4	5,8 73,5 20,8 24,2	6,1 71,3 22,6 24,0	14,4 71,9 13,8 20,8	20,7 67,6 11,6 18,6	8,5 74,6 16,9 22,6
Razem z gat. domieszkowymi	0 1 2-4 śr.def.	9,3 77,1 13,6 21,8	3,9 89,3 6,8 22,1	8,3 72,2 19,6 22,9	4,3 75,7 20,0 24,3	5,8 73,5 20,8 24,2	6,1 71,3 22,6 24,0	14,4 71,9 13,8 20,8	23,0 65,0 12,0 18,5	8,9 74,2 16,9 22,6

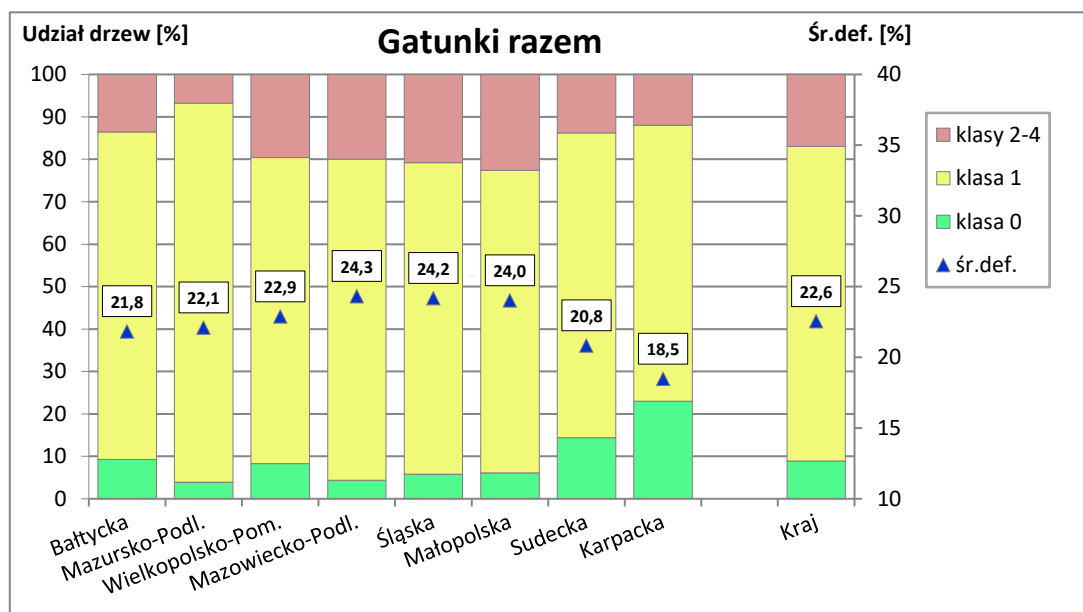
*) tabele 9.4–9.6 – czcionka w kolorze niebieskim - wyniki uzyskane z 15-25 drzew

Tabela 9.5. Średnia defoliacja [%] monitorowanych gatunków drzew na SPO II rzędu *) w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w 2025 r.

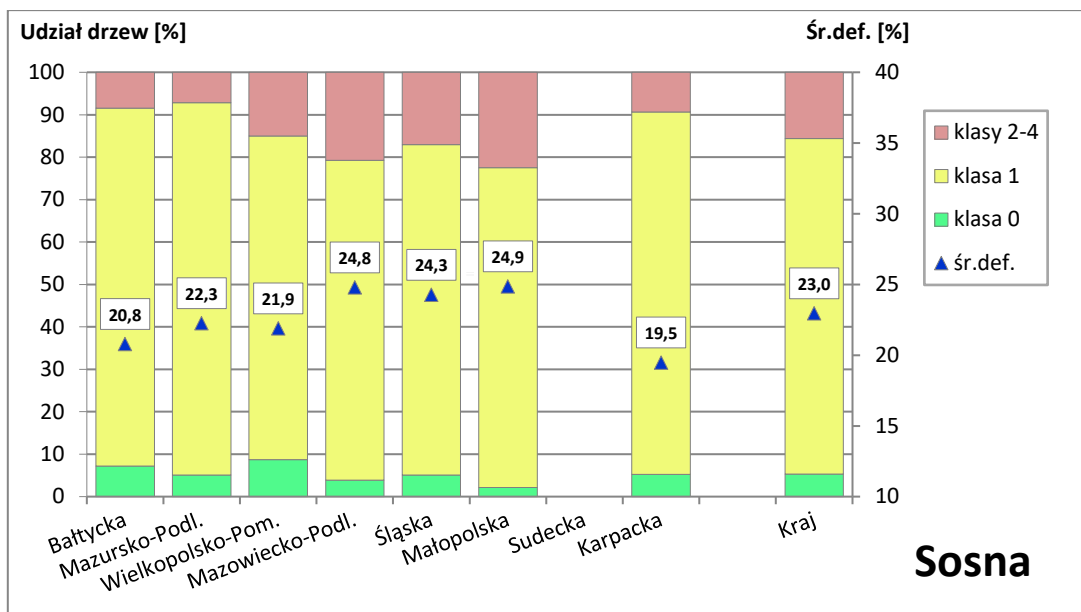
Gatunek panujący w drzewostanie	Białystok	Katowice	Kraków	Krosno	Lublin	Łódź	Olszyn	Piła	Poznań	Szczecin	Szczecinek	Toruń	Wrocław	Zielona Góra	Gdańsk	Radom	Warszawa	Kraj
Sosna	22.	24.	29.	20.	23.	26.	24.	18.	19.	20.	23.	21.	21,9	23.	22.	24.	22.	23.
Świerk	21,	13,	22,	23,3	-	-	-	-	-	-	-	-	22,2	-	-	-	-	21,6
Buk	-	17,	12,5	15,	7,5	-	15,2	-	-	24,0	18,3	-	8,0	-	13,5	-	-	15,3
Dąb	23,8	33,0	25,8	21,3	20,8	22,3	21,3	-	37,8	45,0	-	-	27,6	32,8	28,0	-	-	27,5
Razem 4 grupy gatunków	22,6	23,2	24,6	19,6	22,4	24,3	22,5	18,7	22,5	23,6	22,7	21,9	21,8	28,3	21,6	24,4	22,1	22,6
Razem z gat. domieszkowymi	22,6	22,8	24,6	19,6	22,4	24,3	22,5	18,7	22,5	23,6	22,7	21,9	21,8	28,3	21,6	24,4	22,9	22,6

Tabela 9.6. Średnia defoliacja [%] monitorowanych gatunków drzew na SPO II rzędu *) w układzie województw w 2025 r.

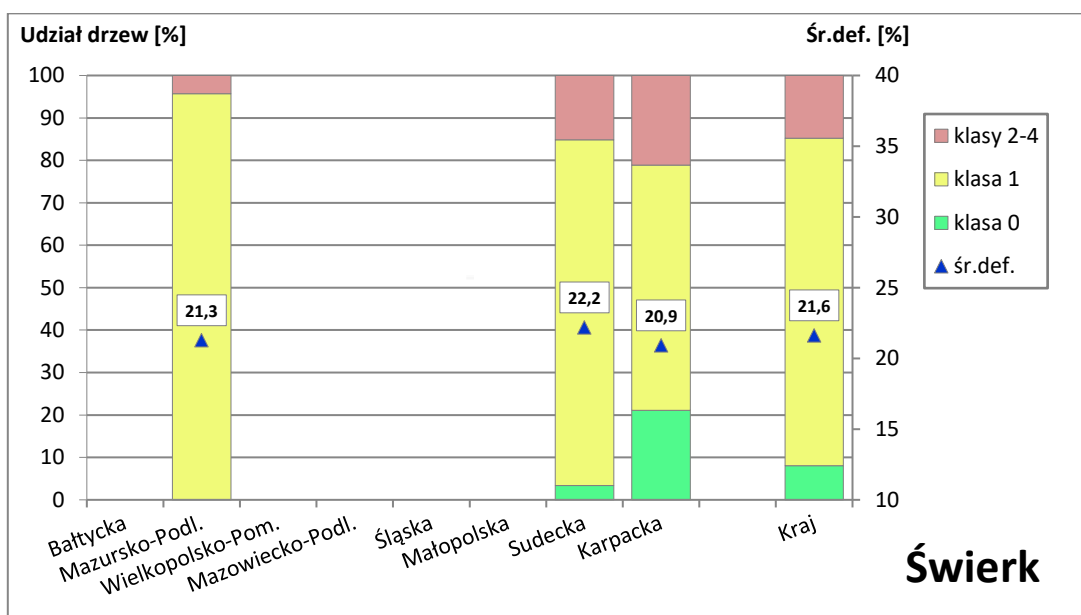
Gatunek panujący w drzewostanie	Dolnośląskie	Kujawsko-pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-mazurskie	Wielkopolskie	Zachodniopomorskie	Kraj
Sosna	21,9	22,0	24,0	21,9	22,0	27,4	26,9	26,6	20,5	22,0	20,9	23,8	22,9	22,6	19,4	21,9	23,0
Świerk	22,2	-	-	-	-	22,9	-	-	23,0	21,2	-	13,0	-	-	-	-	21,6
Buk	8,0	-	7,5	24,3	-	12,5	-	19,8	15,0	-	13,5	16,0	-	15,2	-	18,0	15,3
Dąb	27,6	-	-	38,9	20,0	25,0	22,3	33,0	21,0	23,8	28,0	-	-	21,3	37,0	-	27,5
Razem 4 grupy gatunków	21,8	22,0	22,6	25,9	21,1	24,5	26,1	26,5	19,8	22,0	20,9	20,9	22,5	21,6	21,7	21,4	22,6
Razem z gat. domieszkowymi	21,8	22,0	22,6	25,9	21,1	24,6	26,0	26,5	19,8	22,0	20,9	20,3	22,5	21,6	21,7	21,4	22,6



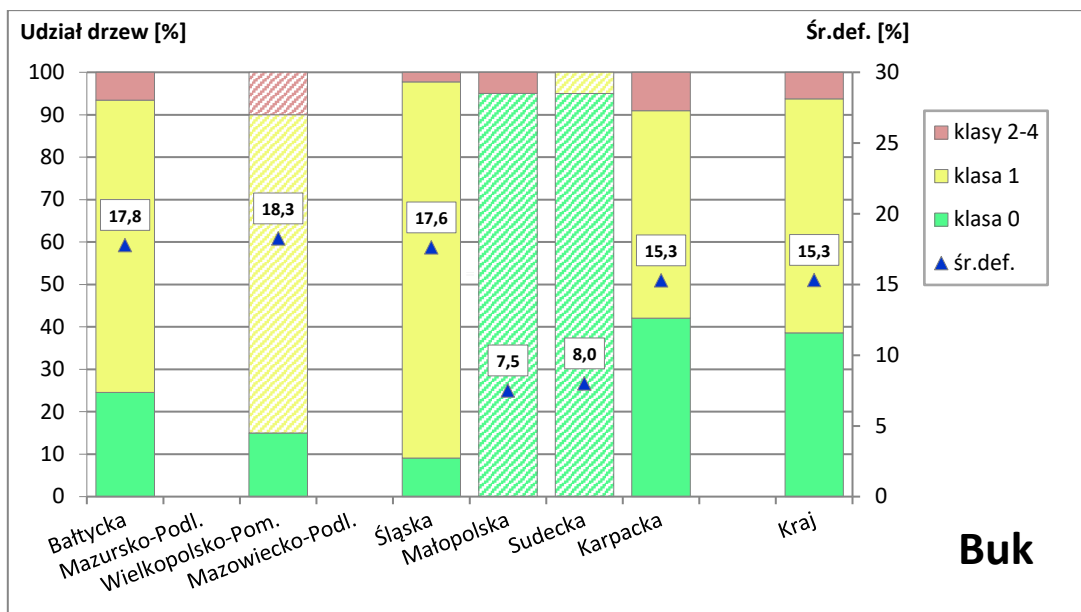
Rycina 9.1. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2025 r.



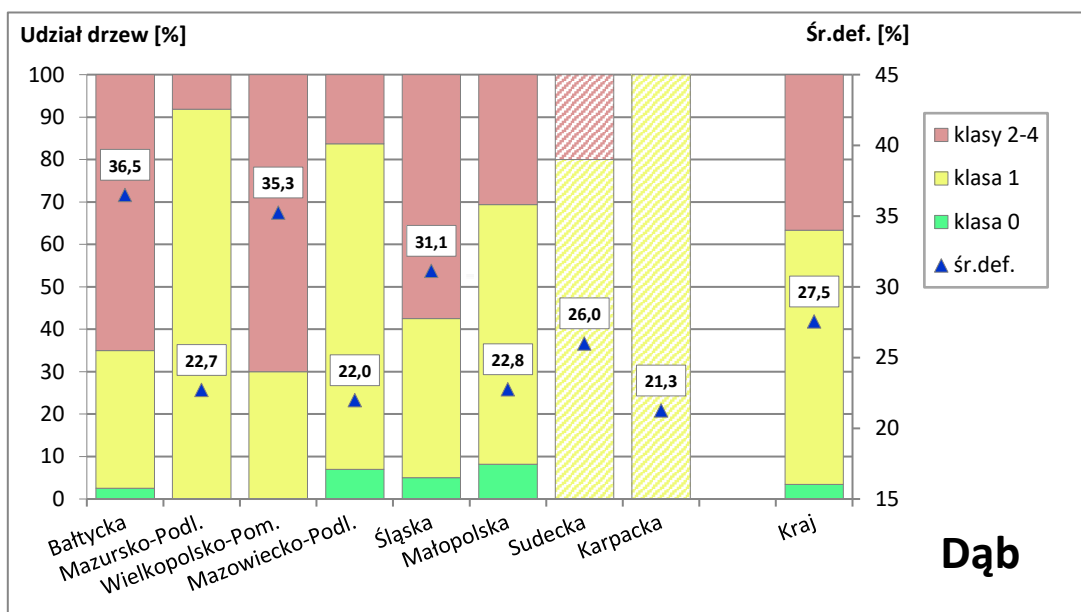
Rycina 9.2. Udział sosny w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2025 r.



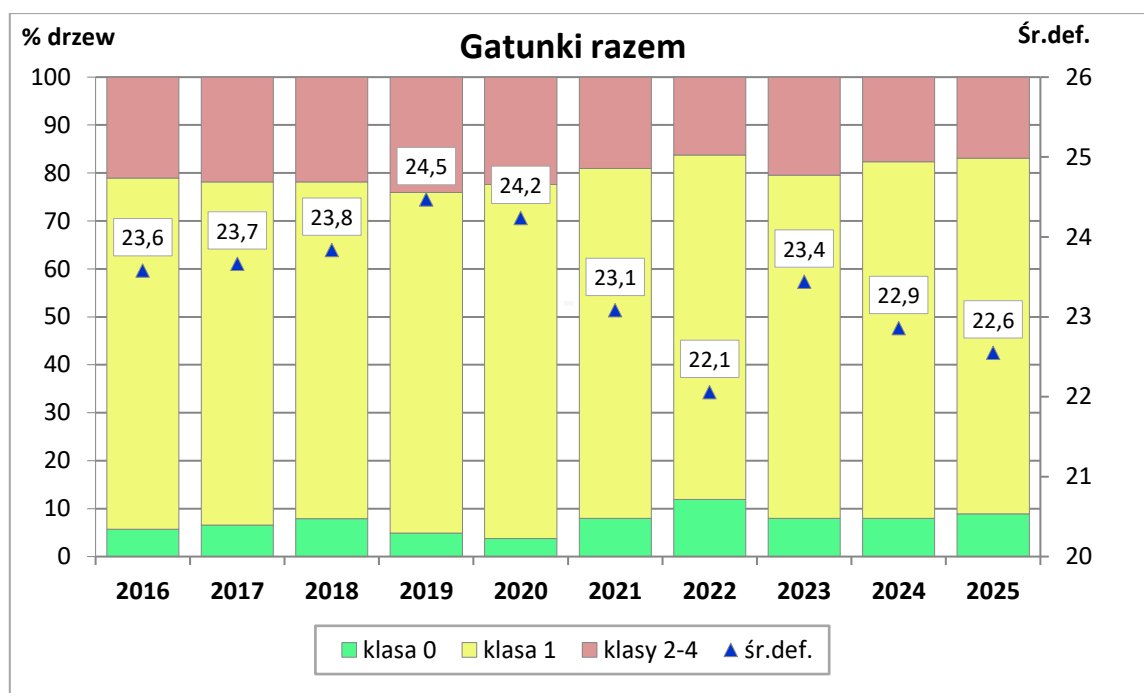
Rycina 9.3. Udział świerka w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2025 r.



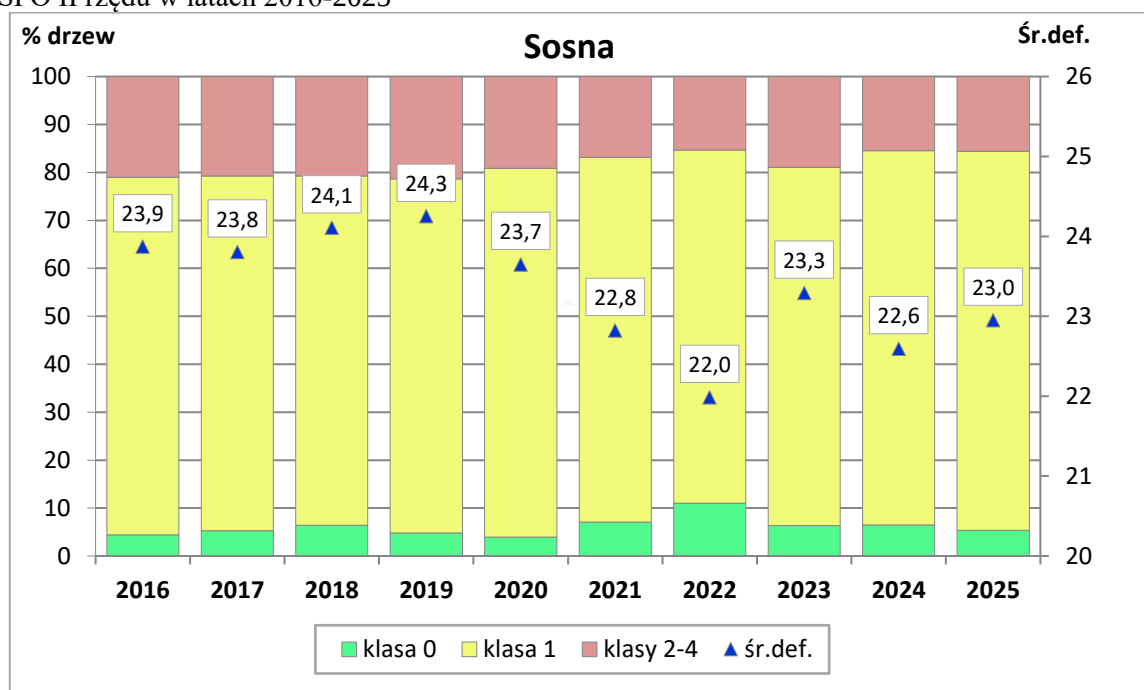
Rycina 9.4. Udział buka w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2025 r. (jaśniejszym kolorem zaznaczono krainy reprezentowane przez jedną powierzchnię)



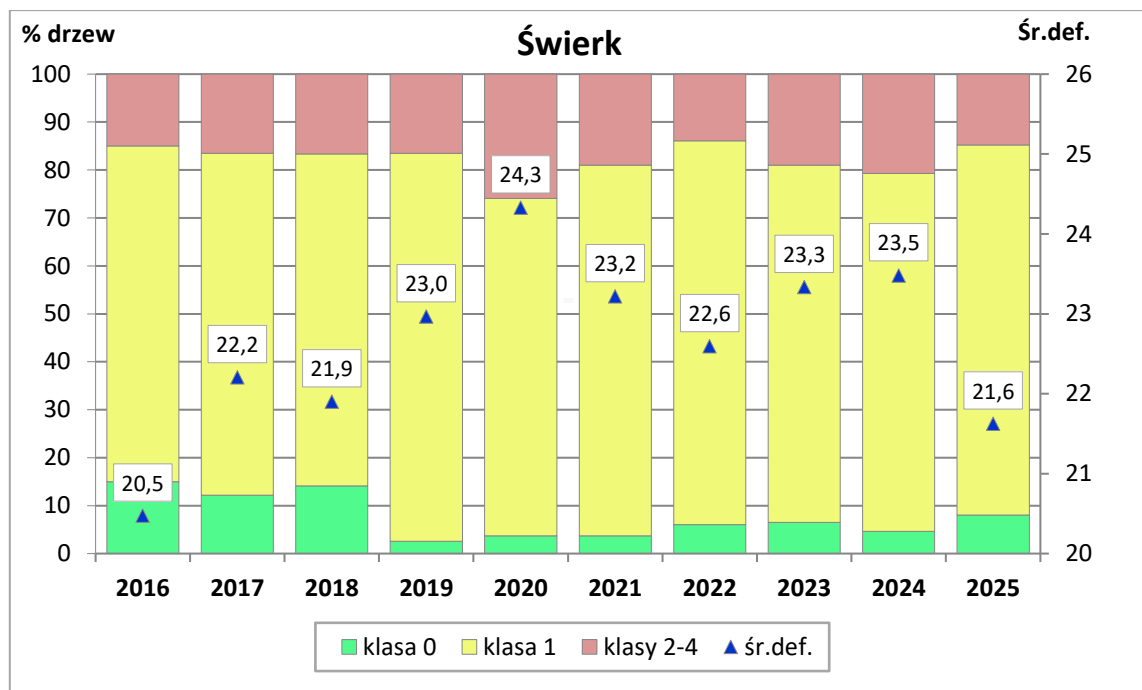
Rycina 9.5. Udział dębu w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2025 r. (jaśniejszym kolorem zaznaczono krainy reprezentowane przez jedną powierzchnię)



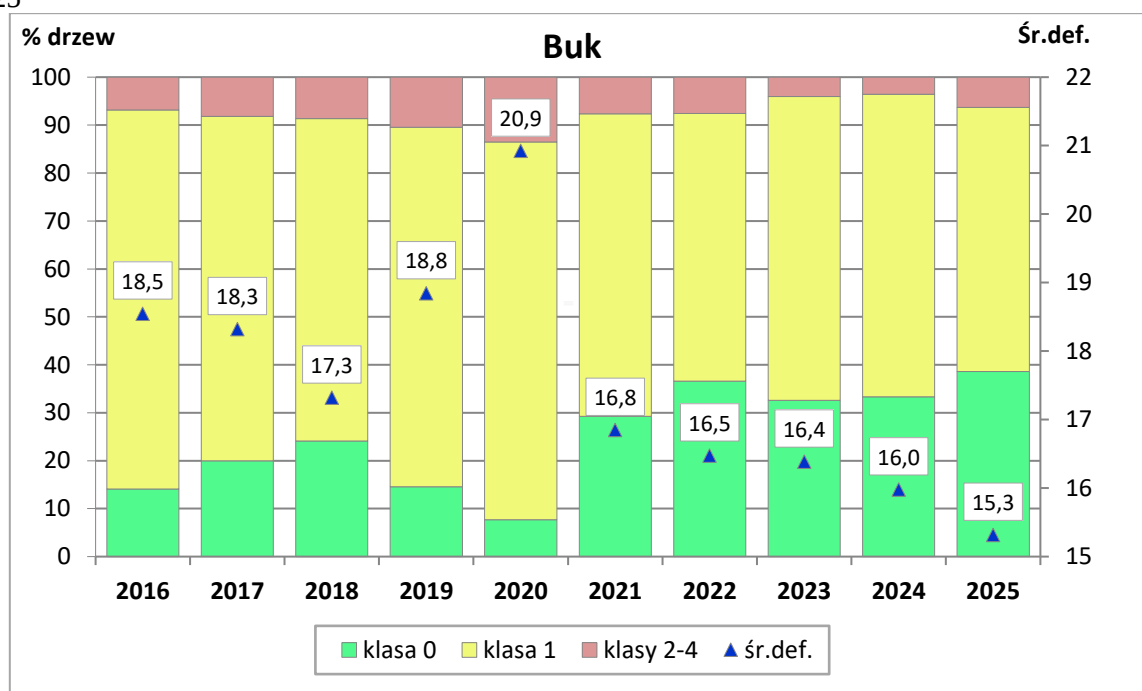
Rycina 9.6. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja na SPO II rzędu w latach 2016-2025



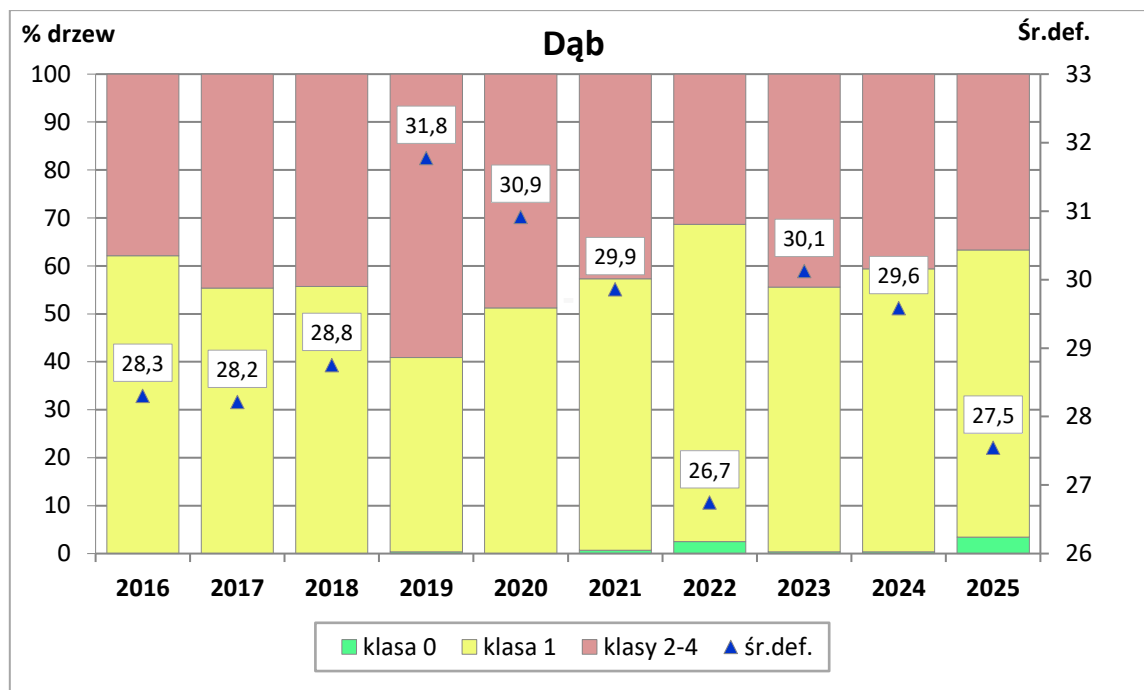
Rycina 9.7. Udział sosny w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja na SPO II rzędu w latach 2016-2025



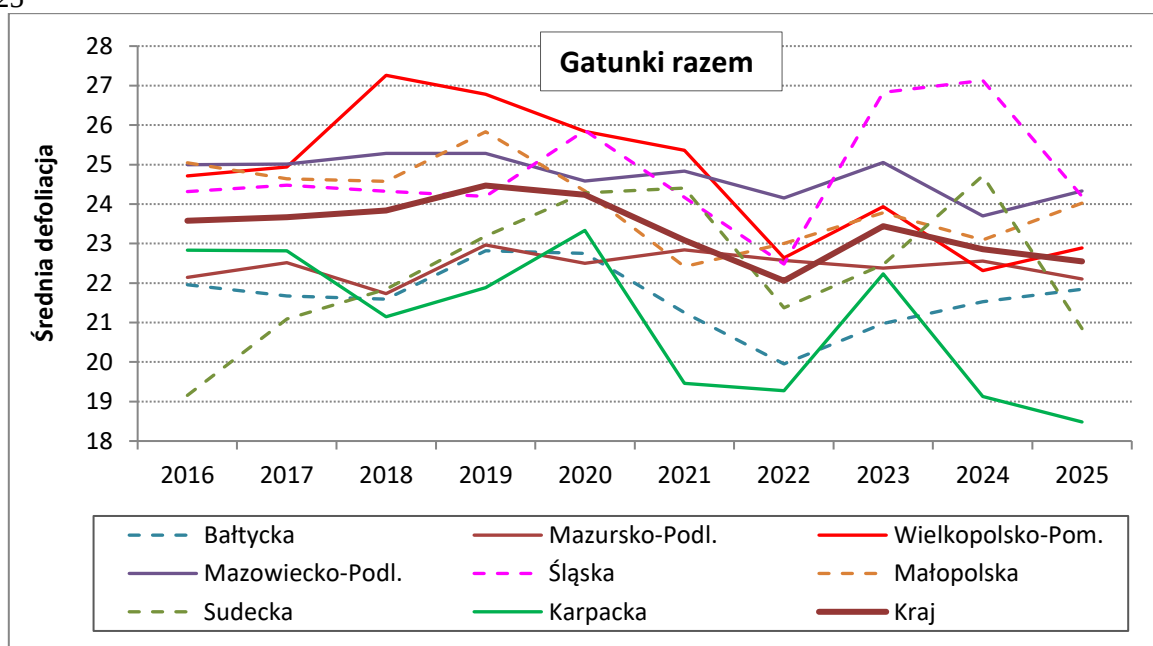
Rycina 9.8. Udział świerka w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja na SPO II rzędu w latach 2016-2025



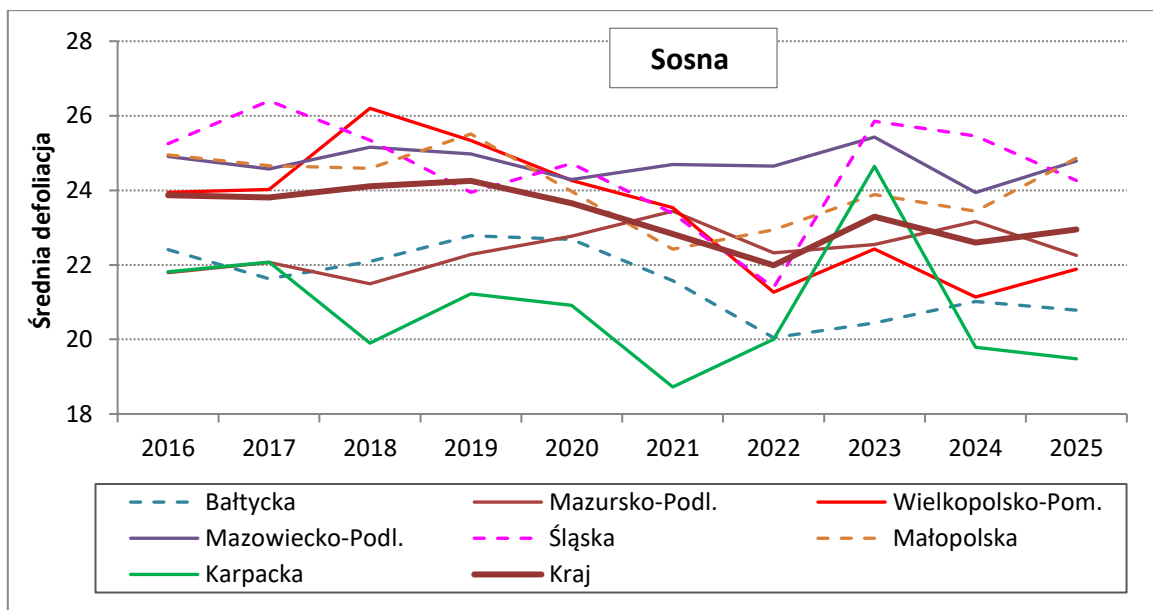
Rycina 9.9. Udział buka w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja na SPO II rzędu w latach 2016-2025



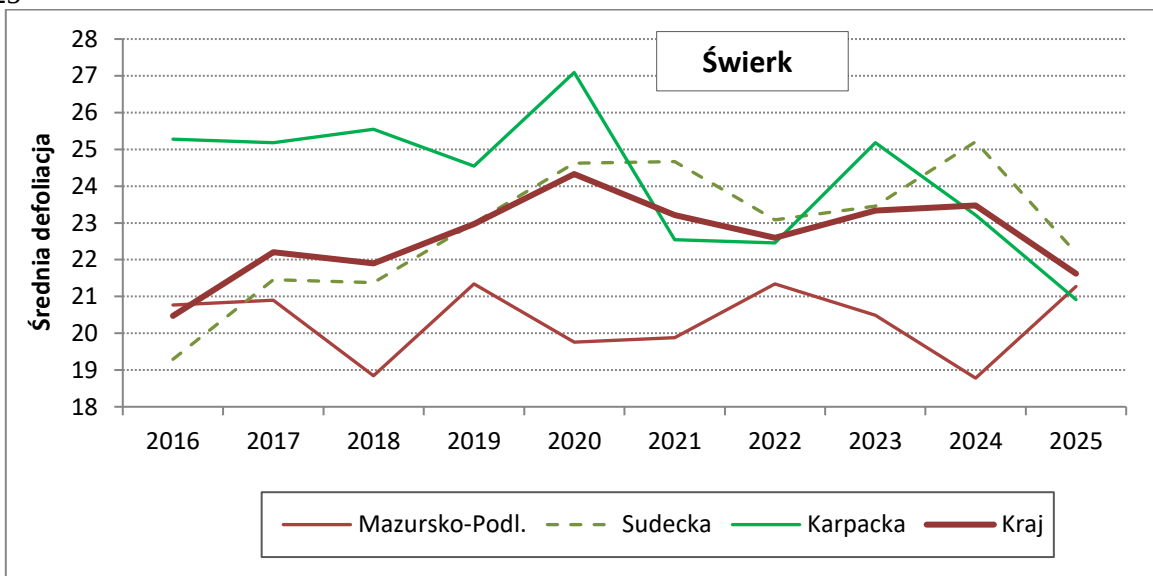
Rycina 9.10. Udział dębu w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja na SPO II rzędu w latach 2016-2025



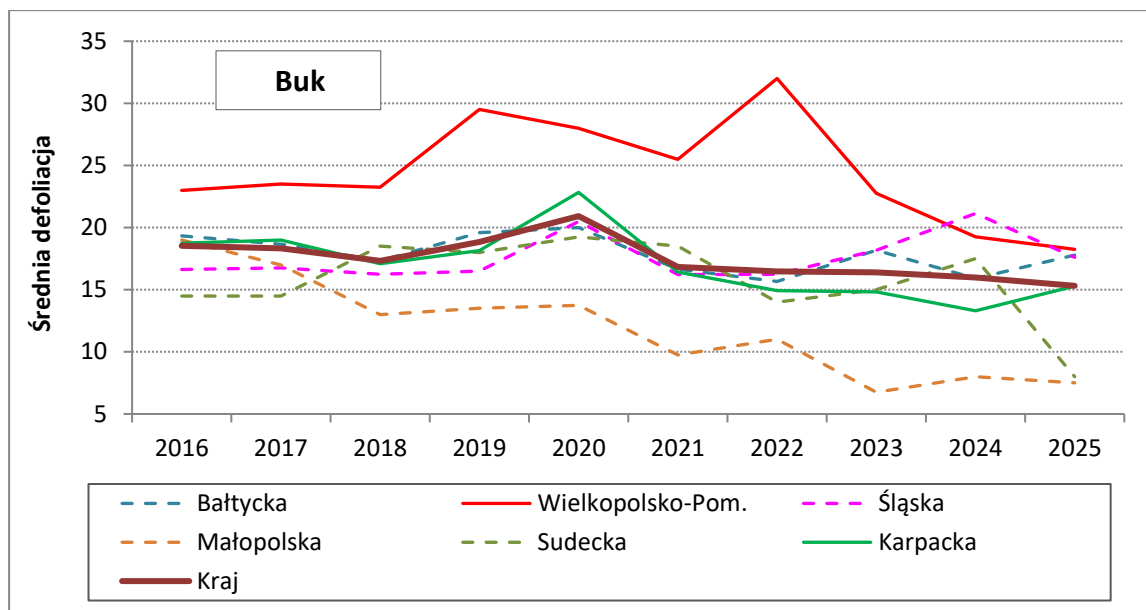
Rycina 9.11. Średnia defoliacja drzew monitorowanych gatunków łącznie na SPO II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025



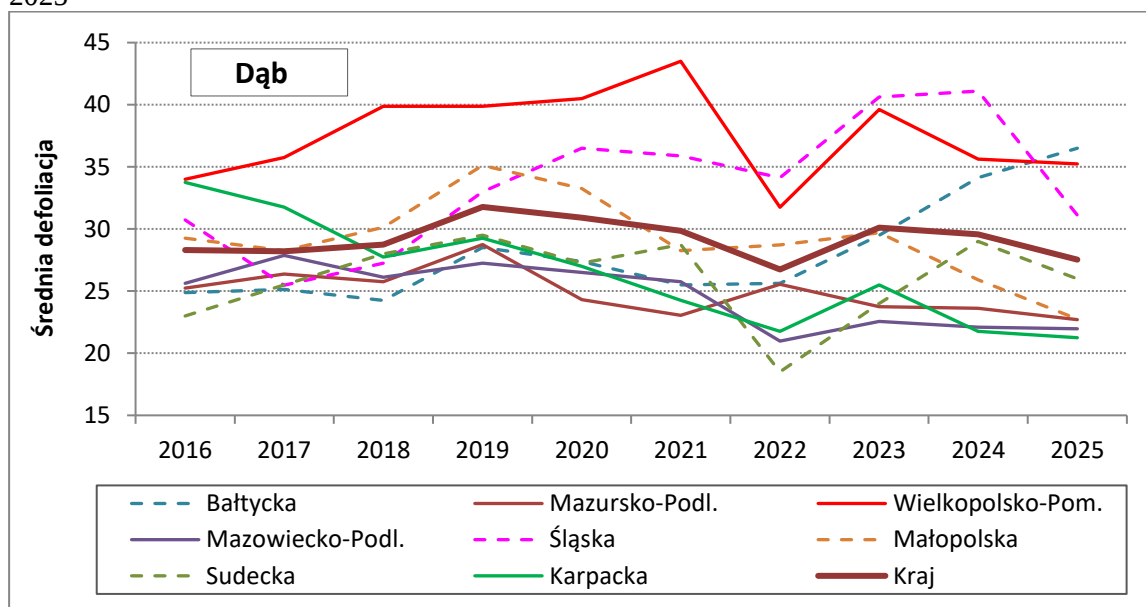
Rycina 9.12. Średnia defoliacja sosny na SPO II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025



Rycina 9.13. Średnia defoliacja świerka na SPO II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025



Rycina 9.14. Średnia defoliacja buka na SPO II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025



Rycina 9.15. Średnia defoliacja dębu na SPO II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2016-2025

CZĘŚĆ IV BADANIA NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH MONITORINGU INTENSYWNEGO (SPO MI)

10. WARUNKI POGODOWE W 2025 ROKU NA POWIERZCHNIACH SPO MI - LESZEK KLUZIŃSKI

Dane meteorologiczne pozyskiwane z automatycznych stacji pomiarowych usytuowanych w pobliżu stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego służą ocenie aktualnego stanu pogody oraz mogą być wykorzystywane do modelowania procesów i relacji zachodzących w ekosystemach leśnych. Śledzenie długookresowych ciągów parametrów meteorologicznych pozwala wskazać kierunki zmian klimatu, które mają decydujący wpływ na stan zdrowotny ekosystemów leśnych.

W raporcie zawarto wyniki pomiarów następujących parametrów meteorologicznych rejestrowanych na 12 automatycznych stacjach należących do sieci Monitoringu Intensywnego:

- średnie wartości dobowe temperatury i wilgotności względnej powietrza na wysokości 2 m nad ziemią, i promieniowania całkowitego; maksymalnych wartości temperatury powietrza i prędkości wiatru; minimalnych wartości temperatury powietrza; sumy opadów (ryc. 10.1, 10.2, 10.3).
- średnie wartości miesięczne temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2 m nad ziemią; promieniowania całkowitego; sumy opadów (tab. 10.1).
- średni dobowy kierunek i prędkość wiatru; prędkość wiatru maksymalną; procentowy udział wiatrów uśrednionych do 10 minutowych okresów z uwzględnieniem jego prędkości z 4 kierunków głównych i 12 pośrednich. (ryc. 10.4, tab. 10.2).

Rok 2025 był kolejnym rokiem, który odbiegał pod względem termicznym od średniej okresu referencyjnego 1991-2020. Według kwantylowej klasyfikacji warunków termicznych uznany został za *bardzo ciepły* dla obszaru kraju. (IMGW Biuletyn PSH-M 2025). Anomalie temperatury były w odniesieniu do wielolecia dodatnie na terenie całego kraju. Ponadto w Polsce w roku 2025 obserwowano znaczną zmienność termiczną. Na przestrzeni roku dla sześciu miesięcy występowały anomalie temperaturowe dodatnie (najwyższe w styczniu i marcu) w porównaniu do wartości normatywnych. Chłodniejszym od okresu referencyjnego był maj. Biorąc pod uwagę rozkład średnich miesięcznych temperatur w roku 2025 pory roku sklasyfikowano jako *ciepłą i bardzo ciepłą* zimą, *ciepłą i bardzo ciepłą* wiosną, *lekko ciepłą*, a nawet *lekko chłodną i normalną* lato i *ciepłą i bardzo ciepłą* jesień (IMGW Biuletyn PSH-M 2025).

Pod względem opadowym rok 2025, zgodnie z klasyfikacją Z. Kaczorowskiej (1962), został oznaczony jako *suchy*. Średnia roczna suma opadów w Polsce stanowiła 89% normy

wieloletniej z lat 1991-2020. W pasie od Dolnego Śląska po Pomorze i Suwalszczyznę rok 2025 został sklasyfikowany jako *normalny*, na pozostałym obszarze jako *suchy*, lokalnie na *bardzo suchy*, a miejscami na Pomorzu i Mazurach nawet jako *wilgotny*. Duże zróżnicowanie opadów miało miejsce także w ciągu roku. Norma opadowa została przekroczona w przypadku 4 miesięcy, maksymalnie w lipcu, praktycznie na całym terytorium Polski. Poniżej normy z wielolecia wystąpiły średnie miesięczne sumy opadów w 7 miesiącach. Stosując cytowaną klasyfikację Kaczorowskiej najbardziej ubogimi w opady miesiącami był *skrajnie suchy* luty i grudzień, *bardzo suchy* marzec, kwiecień i sierpień oraz *suchy* maj i czerwiec. Najobfitszymi w opady miesiącami był *skrajnie wilgotny* lipiec i październik oraz *wilgotny* listopad. W ujęciu sezonowym rozkładu sum opadów atmosferycznych można było zaklasyfikować pory roku następująco: *bardzo suchą* zimą, *bardzo suchą* wiosną, *normalne* lato i *wilgotną* jesień (IMGW Biuletyn PSH-M 2025).

Temperatura powietrza – średnia roczna temperatura ze wszystkich 12 stacji Monitoringu Intensywnego mierzona na wysokości +2m wyniosła w 2025 r. 8,6°C i była o 1,4°C niższa niż w roku 2024. Najchłodniejszym miesiącem roku był luty z temperaturą średnią -1,7°C, o 0,1°C niższą niż najchłodniejszego miesiąca (stycznia) w roku 2024 (ryc. 10.1). Najniższą średnią temperaturę miesięczną ze wszystkich stacji (-3,4°C) obliczono dla lutego w Białowieży. Najcieplejszym miesiącem roku był lipiec z temperaturą średnią 18,2°C, o 1,4°C niższą niż w najcieplejszym miesiącu (również lipcu) w roku 2024 (ryc. 10.1). Najwyższą średnią temperaturę miesięczną dla stacji (19,4°C) obliczono w lipcu dla stacji w Zawadzkim i w Chojnowie. Była ona o 0,7°C niższa niż najwyższa miesięczna temperatura, którą zmierzono dla stacji w Birczy i w Chojnowie w lipcu roku 2024 (tab. 10.1). Średnia temperatura okresu wegetacyjnego (od kwietnia do września) ze wszystkich stacji wyniosła 14,5°C i była o 1,8°C niższa niż w roku 2024. Najwyższą średnią temperaturę okresu wegetacyjnego (15,8°C) wykazała stacja w Krotoszynie. Była ona o 1,6 °C niższa od najwyższej średniej analogicznego okresu w roku 2024 dla stacji w Chojnowie i w Zawadzkim. Najniższa średnia temperatura okresu wegetacyjnego charakteryzowała stację w Szklarskiej Porębie (10,8°C), była ona o 1,7°C niższa, niż w roku ubiegłym na tej samej stacji. Najwyższe temperatury powietrza w ciągu doby na stacjach meteorologicznych IBL wystąpiły na 10 stacjach 02-03 lipca, na 2 stacjach 15 sierpnia. Wartość maksymalną temperatury 39,7°C zarejestrowano 3 lipca w Chojnowie, była ona o 2,2°C wyższa od najwyższej temperatury roku 2024 zmierzonej na stacji w Zawadzkim (tab. 10.3, ryc. 10.9). Najbardziej zróżnicowanymi pod względem miesięcznych temperatur był lipiec, w którym różnica średnich temperatur powietrza pomiędzy stacjami wyniosła 5,6°C. Natomiast najbardziej wyrównanym temperaturowo był luty, w którym różnica między najwyższą i najniższą średnią temperaturą miesięczną ze stacji wyniosła 3,2°C. (tab. 10.1).

Suma opadów zmierzonych na stacjach Monitoringu Intensywnego z miesięcznego okresu pomiarowego zawierała się w przedziale wartości od 3,7 mm w lutym na stacji w Zawadzkim do 218,2 mm w październiku na stacji w Szklarskiej Porębie (tab. 10.1). Średnia miesięczna suma opadu ze stacji wyniosła 58,4 mm i była o 6,6 mm niższa niż w roku 2024. W sezonie wegetacyjnym średnia miesięczna suma opadu ze stacji wyniosła 70,4 mm (wyższa o 2,3 mm w porównaniu do 2024), zaś w pozostałym okresie 46,5 mm miesięcznie (niższa o 15,3 mm w porównaniu do 2024). Stosunek tych dwóch średnich jest korzystniejszy dla sezonu wegetacyjnego w roku 2025 w porównaniu do roku 2024. W roku 2025 istotnie wyższy opad roczny dokonał się w okresie wegetacyjnym, zaś w 2024 proporcja była niemal 50%. Średnia miesięczna opadów ze wszystkich stacji w okresie IV-IX była najwyższa w lipcu i wyniosła 120,3 mm. Najniższa średnia miesięczna opadów ze wszystkich stacji wystąpiła w kwietniu i wyniosła 30,0 mm. (tab. 10.1, ryc. 10.2). Miesięczne sumy opadów poniżej 10 mm odnotowano w kwietniu na stacji w Kruczu (6,2 mm) i we wrześniu w Chojnowie (9,3 mm). (tab. 10.3).

Roczne sumy opadów ze stacji wynosiły od 485,6 mm w Chojnowie do 1294,8 mm na stacji w Szklarskiej Porębie (ryc. 10.10). Suma opadów w sezonie wegetacyjnym wyniosła od 226,9 mm w Chojnowie do 725,6 mm na stacji w Szklarskiej Porębie (ryc. 10.11). Na okres letni (od kwietnia do września) przypadło przeciętnie 60,1% rocznej sumy opadów. Stosunek sumy opadów, które wystąpiły w okresie letnim do sumy opadów całego roku wahał się od 46,7% w Chojnowie do 68,7% w Birczy.

Liczba okresów z co najmniej 14 dniami, w których suma opadów nie przekraczała 5 mm w sezonie wegetacyjnym roku 2025 oscylowała od czterech okresów w Kruczu i w Zawadzkim, trzech w Białowieży, Chojnowie, Łącku, Piwnicznej, Strzałowie, Suwałkach i Szklarskiej Porębie oraz dwóch w Birczy i Krotoszynie. Tylko na jednej stacji w Gdańsku nie odnotowano ani jednego okresu spełniającego ww kryterium opadu. Sumaryczna liczba dni w okresach posuchy była największa w Kruczu (81 dni), niewiele niższa w Zawadzkim (79 dni) i w Strzałowie (77 dni), a najmniejsza w Birczy (29 dni) oraz w Gdańsku, gdzie okres minimum 14 dni z opadem nie wyższym niż 5 mm nie wystąpił ani razu. (tab. 10.3). Najdłuższe okresy posuchy wystąpiły w sezonie wegetacyjnym w Strzałowie (40 dni od 6.VI). Z powyższego wynika, że najwięcej dni ze znikomą ilością opadów w sezonie wegetacyjnym przypadło na kwiecień, czerwiec i sierpień 2025 roku. (tab. 10.3).

Najwyższa dobową sumą opadu 62,0 mm zarejestrowana została 28 lipca 2025 roku na stacji w Gdańsku (ryc. 10.3).

Średnia wilgotność względna powietrza ze wszystkich stacji Monitoringu Intensywnego, z całego okresu pomiarowego wynosiła 81,9%. W sezonie wegetacyjnym było to 75,7%, zaś poza

sezonem wegetacyjnym 88,0%. Najniższa wilgotność powietrza wystąpiła w kwietniu (69,4%), a najwyższa w listopadzie i grudniu (94,7%). Średnia roczna dla stacji zawierała się w przedziale wartości od 73,8% w Chojnowie do 88,2% w Gdańsku. Najniższa miesięczna wartość wilgotności powietrza okresu wegetacyjnego odnotowana została w kwietniu na stacji w Chojnowie (56,3%), a najwyższa we wrześniu w Gdańsku (90,1%) (tab. 10.1, ryc. 10.4).

Średnie promieniowanie całkowite z całego okresu pomiarowego zawierało się w przedziale wartości od 73,7 W/m² w Gdańsku do 148,9 W/m² w Strzałowie. W 2025 roku miesiącem o najsilniejszym średnim promieniowaniu był czerwiec, w którym przeciętne promieniowanie dla stacji wyniosło 224,5 W/m², zaś najsłabsze promieniowanie wystąpiło w grudniu (11,4 W/m²). Średnia dla sezonu wegetacyjnego ze wszystkich stacji wyniosła 172,3 W/m², a dla pozostałej części roku 38,8 W/m². Najsilniejsze średnie miesięczne promieniowanie o wielkości 350,6 W/m² zmierzono w czerwcu w Strzałowie, zaś najniższe w grudniu w Gdańsku 5,9 W/m² (tab. 10.1, ryc. 10.4).

Prędkość i kierunek wiatru. Ogółem na każdej stacji meteorologicznej w ciągu całego roku 2025 rejestrowano 52 560 uśrednione 10 minutowe pomiary prędkości i kierunku wiatru (tab. 10.2). Pogodę z wiatrem notowano najrzadziej na stacji w Łącku 51% wszystkich pomiarów, zaś najczęściej na stacji w Birczy - 98%.

Na podstawie średnich prędkości wiatru i ilości zarejestrowanych wystąpień wiatru wiejącego z jednego z 16 kierunków sporządzono wykresy róży wiatrów (ryc. 10.6). Przeważające kierunki, z których wiały silne wiatry typowe dla poszczególnych stacji zamieszczono w tabeli 10.2. Wiatry z kierunków zachodnich dominowały w Chojnowie, Krotoszynie i Zawadzkiem. Wiatry południowe przeważały w Kruczu, Strzałowie, Łącku i w Szklarskiej Porębie. Wiatry wiejące głównie z kierunków północnych rejestrowano w Białowieży, Piwnicznej, Birczy, Gdańsku i Suwałkach. Na stacji w Suwałkach rejestrowano także dużo wiatrów wiejących z południowego wschodu (tab. 10.2, ryc. 10.6).

Najwyższą 10-minutową średnią prędkość wiatru (12,9 m/s) zarejestrowano 16 sierpnia 2025 roku na stacji w Białowieży, natomiast najwyższą maksymalną (w porywach) 43,5 m/s osiągnął wiatr 28 sierpnia o godz. 16.10 na stacji w Kruczu.

Porównanie warunków termicznych i opadowych w dziesięcioleciu 2016-2025.

Z porównania warunków termicznych od roku 2016 na stacjach meteorologicznych Monitoringu Intensywnego wynika, że najcieplejszym rokiem w tym okresie pomiarów był dla wszystkich stacji rok 2024, a najchłodniejszym rok 2021. Na tym tle temperatury roku 2025 ilustruje ryc. 10.7. Najwyższe wartości średnich temperatur okresu wegetacyjnego wystąpiły dla 6 stacji w roku 2018 i dla 6 stacji w 2024. (ryc. 10.8). Temperatury tego okresu dla roku 2025 są

zbliżone do temperatur roku 2021, najchłodniejszego w badanym dziesięcioleciu. W roku 2025 swoje maksima temperatur ostatniej dekady osiągnęły stacje w Białowieży, Chojnowie, Łącku, Strzałowie i w Szklarskiej Porębie. (ryc. 10.9).

Porównanie średnich rocznych sum opadów ze wszystkich stacji wykazało, że w ostatnim dziesięcioleciu najniższe opady cechowały rok 2018, a najwyższe rok 2023. W roku 2025 sumy opadów dla stacji były bliższe wartościom z roku 2018 (ryc. 10.10).

Podobne porównanie przeprowadzono dla średnich sum opadów okresów wegetacyjnych. Najwyższa średnia sum ze wszystkich 12 stacji wystąpiła w roku 2021, a najniższa w 2018 (ryc. 10.11).

Literatura:

Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej Rok 2025 Nr 13 (296) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy.

Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Przegląd Geograficzny IG PAN Nr 33.

Tabela 10.1. Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza, wilgotności i promieniowania oraz miesięczne sumy opadów – stacje meteorologiczne na SPO MI – 2025 r.

Stacja	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Temp. +2 m [°C]											
Białowieża-Czerlonka	1,2	-3,4	5,5	9,7	10,4	17,5	19,3	17,4	15,3	7,0	3,4	1,9
Piwniczna-Andrzejówka	-0,9	-2,5	4,7	8,9	9,2	17,2	17,2	17,0	13,8	5,8	2,6	0,3
Bircza-Łodzinka	2,5	-1,9	6,2	9,9	10,1	18,2	18,8	18,3	15,2	7,3	4,4	2,0
Chojnów-Dobiesz	1,7	-1,6	5,9	11,0	11,4	18,1	19,4	18,4	14,1	6,6	2,8	1,2
Gdańsk-Wyspowo	1,4	-0,7	4,8	8,3	9,6	15,6	17,6	16,2	14,2	8,0	3,5	2,8
Krotoszyn-Roszki	2,0	-0,2	6,0	11,3	11,8	18,6	19,2	18,6	15,3	8,7	3,8	1,8
Krucz-Kruczlas	1,5	-0,7	5,0	10,4	11,3	17,4	18,2	17,2	14,4	8,5	3,6	1,9
Łąck-Podgórze	1,7	-0,8	5,4	10,7	11,1	17,9	19,0	17,6	15,1	8,3	3,6	2,1
Strzałowo-Krutyń	1,2	-2,1	4,9	9,7	10,2	16,7	18,4	16,4	14,0	7,2	2,7	2,0
Suwałki-Hańcza	1,1	-3,0	4,7	9,1	9,7	15,9	18,4	16,2	14,7	6,9	2,9	1,6
Sz. Poręba-Jakuszyce	-2,2	-2,9	0,8	6,4	6,9	14,0	13,8	13,3	10,2	4,8	1,0	-1,1
Zawadzkie	1,7	-0,4	5,5	11,1	11,4	18,8	19,4	18,4	15,3	8,4	3,8	1,7
Średnia	1,1	-1,7	5,0	9,7	10,3	17,2	18,2	17,1	14,3	7,3	3,2	1,5
	Suma opadów [mm]											
Białowieża-Czerlonka	48,6	10,9	34,1	17,8	68,8	54,4	128,6	45,6	45,3	30,4	57,1	14,1
Piwniczna-Andrzejówka	63,6	17,9	45,0	48,2	52,2	97,0	206,7	53,9	140,1	101,7	124,0	13,1
Bircza-Łodzinka	31,6	8,7	53,6	68,5	111,2	49,9	124,6	71,6	105,2	56,9	76,7	14,6
Chojnów-Dobiesz	44,1	16,7	50,8	44,1	100,8	29,7	26,9	16,1	9,3	86,2	45,1	15,8
Gdańsk-Wyspowo	102,4	29,1	21,9	23,6	61,1	65,6	178,0	83,2	33,3	120,2	58,3	14,4
Krotoszyn-Roszki	27,7	5,7	28,6	33,9	46,4	40,1	77,3	46,2	71,1	66,7	46,1	17,2
Krucz-Kruczlas	54,0	18,7	13,0	6,2	31,9	75,9	73,7	45,3	43,9	83,1	19,4	21,6
Łąck-Podgórze	20,9	4,5	27,4	26,2	38,1	59,5	160,2	37,3	91,6	82,0	32,3	22,0
Strzałowo-Krutyń	30,2	13,6	66,8	14,3	138,0	59,3	142,6	50,0	99,0	66,9	66,9	27,1
Suwałki-Hańcza	47,3	29,7	39,9	16,4	80,3	127,2	94,7	28,7	26,5	112,8	45,1	15,7
Sz. Poręba-Jakuszyce	176,8	20,6	49,4	46,8	163,7	100,6	129,2	146,8	138,5	218,2	64,5	39,7
Zawadzkie	34,9	3,7	15,2	14,0	57,1	47,6	101,5	18,5	62,0	78,0	78,3	7,5
Średnia	56,8	15,0	37,1	30,0	79,1	67,2	120,3	53,6	72,1	91,9	59,5	18,6

Tabela 10.1 cd

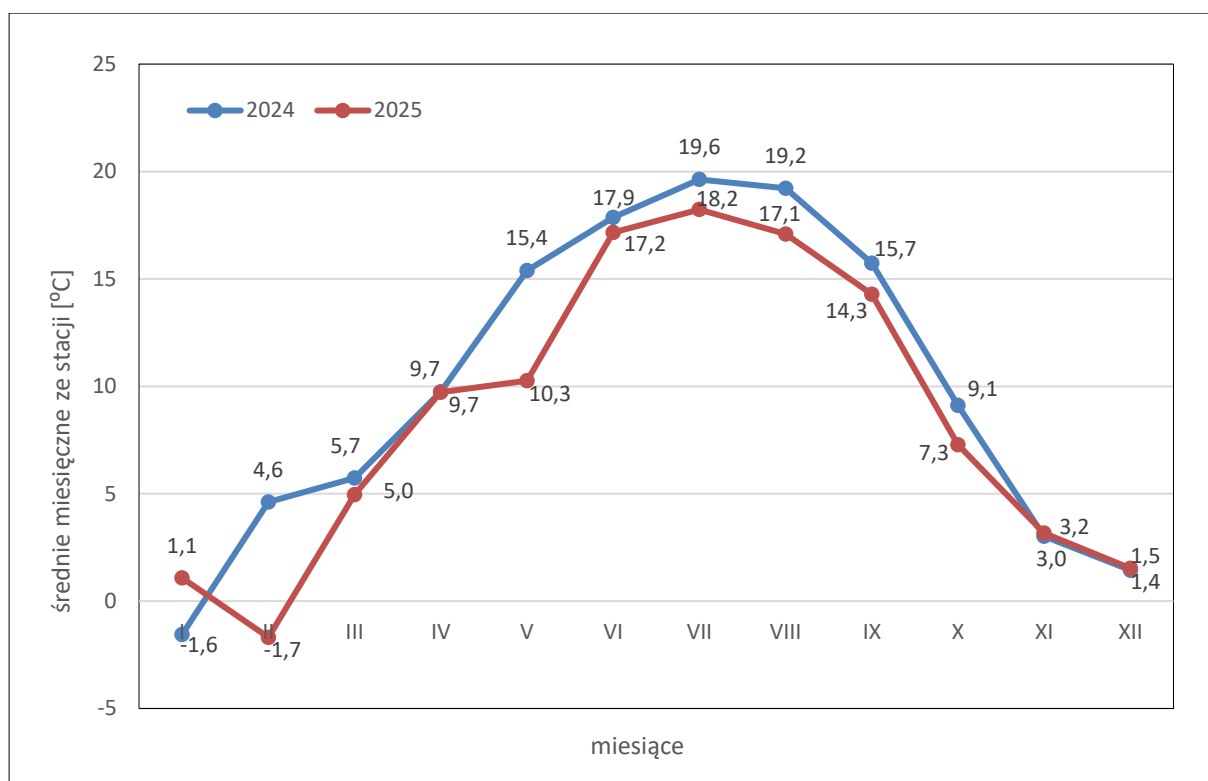
Stacja	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Wilgotność pow. +2 m [%]											
Białowieża-Czerlonka	91,2	79,8	70,8	64,5	70,1	66,9	74,5	73,2	81,9	90,2	95,8	93,3
Piwniczna-Andrzejówka	93,1	76,7	75,8	73,0	78,2	71,5	78,3	71,9	87,5	90,2	94,8	94,4
Bircza-Łodzinka	79,7	75,6	70,2	70,4	77,6	68,4	76,3	72,9	84,8	86,1	90,3	89,6
Chojnów-Dobiesz	84,9	74,4	62,0	56,3	64,8	59,5	66,7	58,5	82,2	89,4	93,9	92,8
Gdańsk-Wyspowo	93,6	86,1	78,8	80,5	81,5	83,4	88,3	87,7	90,1	94,8	97,3	96,0
Krotoszyn-Roszki	93,4	88,0	76,7	72,5	77,3	75,4	79,9	75,4	84,9	93,6	97,7	98,6
Krucz-Kruczlas	88,0	82,6	73,2	65,9	66,6	69,2	76,0	71,9	80,4	87,5	90,8	91,2
Łąck-Podgórze	98,7	89,9	78,7	73,1	79,5	79,0	83,7	81,4	88,9	97,1	99,3	98,5
Strzałowo-Krutyn	94,6	82,3	72,9	67,7	72,6	74,9	82,9	83,6	88,8	93,7	98,0	95,9
Suwałki-Hańcza	94,5	85,4	74,0	67,0	70,4	72,9	80,5	77,6	82,2	90,7	95,9	93,9
Sz. Poręba-Jakuszyce	97,8	93,7	79,5	77,9	81,1	76,4	83,5	79,7	88,8	94,7	91,9	98,4
Zawadzkie	85,8	74,9	71,0	64,0	71,8	67,0	72,2	67,0	78,9	86,4	90,6	93,3
Średnia	91,3	82,4	73,6	69,4	74,3	72,0	78,6	75,1	84,9	91,2	94,7	94,7
	Promieniowanie [W/m ²]											
Białowieża-Czerlonka	11,6	37,8	97,9	174,4	175,8	193,6	187,6	170,8	105,7	43,0	17,5	7,1
Piwniczna-Andrzejówka	10,5	65,4	97,6	153,5	153,6	236,8	179,0	200,4	111,9	54,2	26,9	9,9
Bircza-Łodzinka	25,6	47,2	80,3	130,3	127,5	213,8	167,7	151,0	92,2	47,8	23,2	12,2
Chojnów-Dobiesz	16,3	33,8	80,2	158,6	191,8	220,6	178,0	178,6	108,2	54,6	17,6	9,5
Gdańsk-Wyspowo	6,4	23,9	67,6	108,6	146,6	162,5	131,8	114,6	73,7	32,1	10,2	5,9
Krotoszyn-Roszki	13,5	34,6	87,8	178,0	202,1	234,7	195,3	197,3	112,7	43,6	17,2	10,3
Krucz-Kruczlas	21,0	49,8	118,4	179,4	199,0	230,4	191,6	188,7	131,5	58,0	30,6	19,1
Łąck-Podgórze	17,0	47,0	122,3	186,4	205,5	221,7	189,7	196,6	125,3	54,3	18,3	10,5
Strzałowo-Krutyn	29,4	56,5	96,4	160,9	288,7	350,6	308,3	226,3	125,6	88,2	34,0	22,3
Suwałki-Hańcza	14,6	41,4	93,6	163,0	202,6	213,4	179,6	154,1	106,3	48,4	16,3	9,1
Sz. Poręba-Jakuszyce	10,6	24,2	83,8	140,1	149,2	207,0	145,1	164,9	84,5	30,6	14,8	9,2
Zawadzkie	16,6	37,7	94,5	160,1	162,1	208,6	169,6	167,4	100,1	43,6	18,9	11,4
Średnia	16,1	41,6	93,4	157,8	183,7	224,5	185,3	175,9	106,5	49,9	20,5	11,4

Tabela 10.2. Procentowy udział pomiarów z wiatrem – stacje meteorologiczne na SPO MI –2025 r.

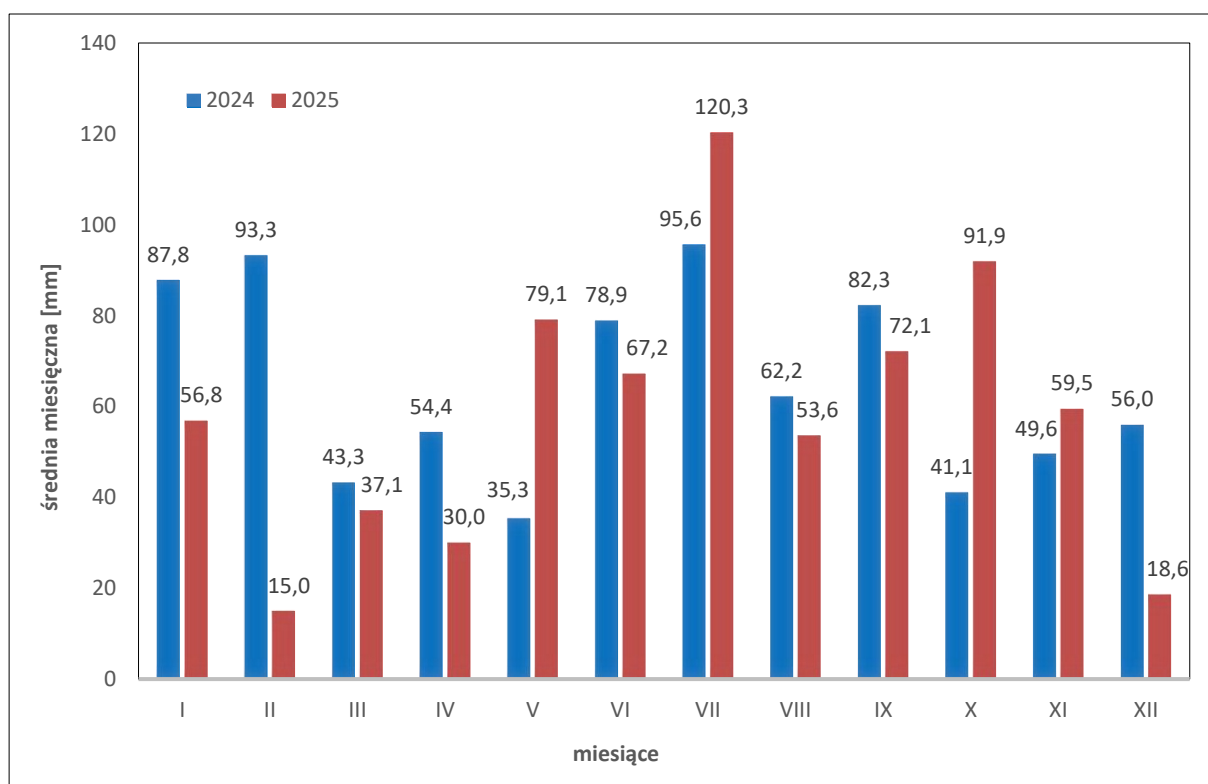
Stacja	Okres pomiarów	Liczba pomiarów			Dominujące kierunki wiatrów
		ogółem	z wiatrem	%	
Białowieża - Czerlonka	1.01-31.12.2025	52560	27932	53	N (7,2) S (5,9)
Piwniczna – Andrzejówka			32858	63	NE-NNE (33,9) NE (29,7) SW-SSW (17,7) SW (13,2)
Bircza-Łodzinka			51755	98	NW-NNW (24,6) SSW (17,7)
Chojnów-Dobiesz			51732	98	WNW (7,9) W-WNW (6,3) NW-WNW (5,9)
Gdańsk-Wyspowo			38298	73	NW (11,6) N (10,0) SE-SSE (8,6) SSE (8,1)
Krotoszyn-Roszki			51101	97	WSW (25,5) W-WSW (23,9)
Krucz-Kruczlas			40617	77	SW-WSW (7,4) SW (6,4) WSW (5,7)
Łąck-Podgórze			26560	51	SE-ESE (17,3) SE (12,9)
Strzałowo-Krutyń			27954	68	S-SSE (9,4) S (6,8) SSE (6,7)
Suwałki-Hańcza			50811	53	NNW (26,7) SSE (25,1)
Szklarska Poręba-Jakuszyce			35238	67	SW-SSW (25,2) SSW (19,8) SW (19,1)
Zawadzkie			29480	56	W (9,3) W-WSW (10,6) SE (9,6) SE-ESE (11,6)

Tabela 10.3. Temperatury maksymalne oraz co najmniej 14 dniowe okresy bez opadów, bądź z minimalnymi opadami w sezonie wegetacyjnym (IV-IX) na SPO MI w 2025 r.

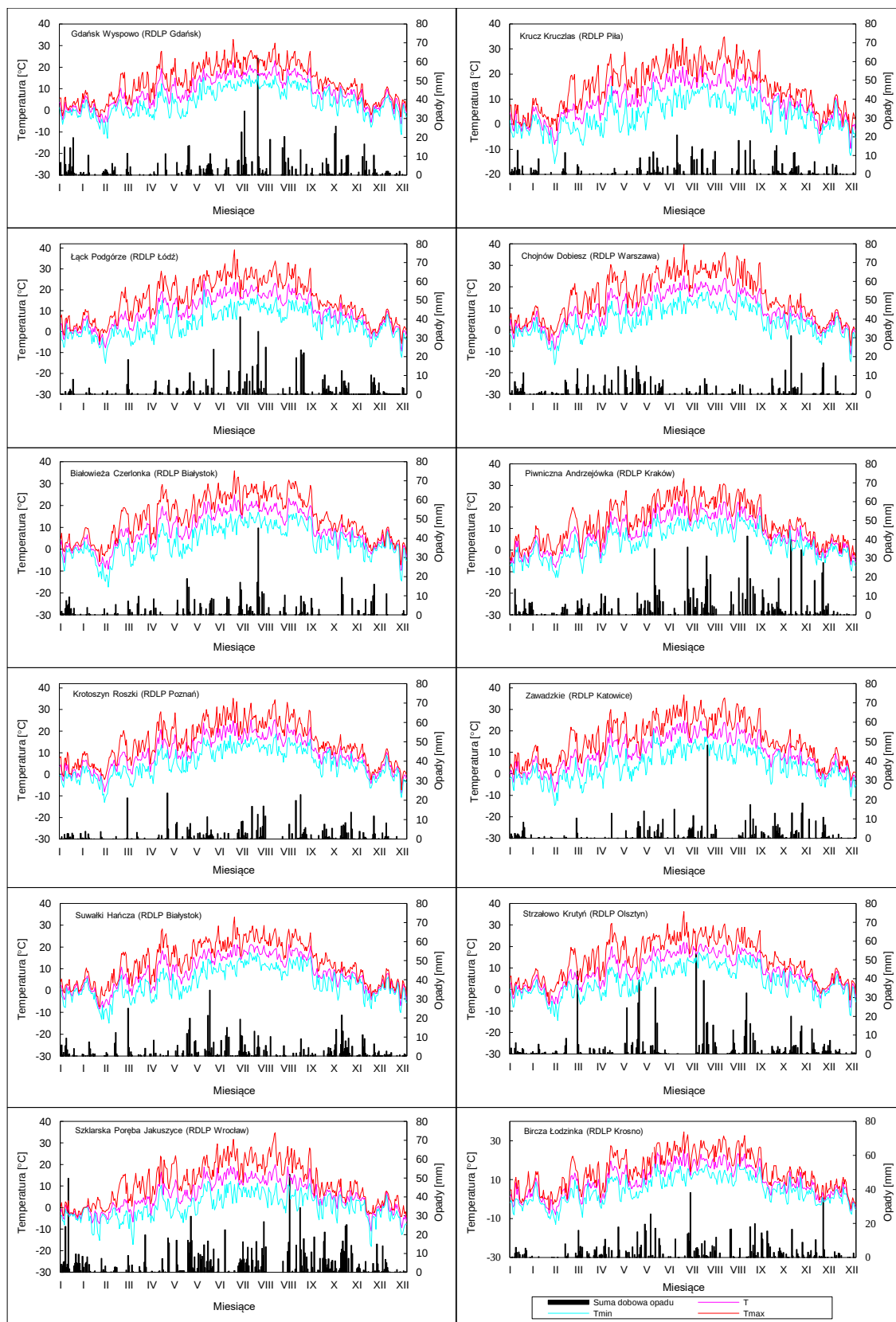
SPO MI	Data wystąpienia Tmax	Tmax [°C]	OKRESY MIN. 14 DNI Z OPADAMI < 5mm		
			Okres	Liczba dni posuchy	Opad [mm]
BIAŁOWIEŻA	2025-07-03	35,9	12.04-03.05	22	2,5
			04.08-19.08	16	4,9
			27.08-09.09	14	4,5
BIRCZA	2025-07-03	34,6	09.06-23.06	15	3,0
			07.08-20.08	14	2,7
CHOJNÓW	2025-07-03	39,7	12.06-06.07	25	4,8
			07.08-25.08	19	4,5
			04.09-30.09	27	4,5
GDAŃSK	2025-07-02	32,9		-	
KROTOSZYN	2025-07-02	35,2	01.04-22.04	22	4,9
			16.08-29.08	24	1,4
KRUCZ	2025-08-15	34,9	01.04-20.04	20	1,8
			22.04-14.05	23	3,2
			06.08-28.08	23	4,9
			16-30.09	15	3,3
ŁĄCK	2025-07-03	39,1	12.06-26.06	15	4,6
			16.08-29.08	24	4,2
			15-30.09	16	3,3
PIWNICZNA	2025-07-03	33,2	26.04-14.05	19	1,6
			18.06-03.07	16	5,0
			05.08-21.08	17	5,0
STRZAŁOWO	2025-07-03	36,2	12.04-01.05	20	4,1
			06.06-15.07	40	5,0
			07.08-23.08	17	3,8
SUWAŁKI	2025-07-03	33,8	12.04-01.05	20	4,3
			20.08-09.09	21	3,0
			25.08-09.09	16	3,6
SZKLARSKA POR.	2025-08-15	34,7	01.04-17.04	17	4,3
			24.06-07.07	14	4,8
			06.08-22.08	17	0,0
ZAWADZKIE	2025-07-03	36,7	01.04-17.04	17	0,8
			19.04-09.05	21	4,8
			24.06-07.07	14	4,1
			07.08-02.09	27	4,0



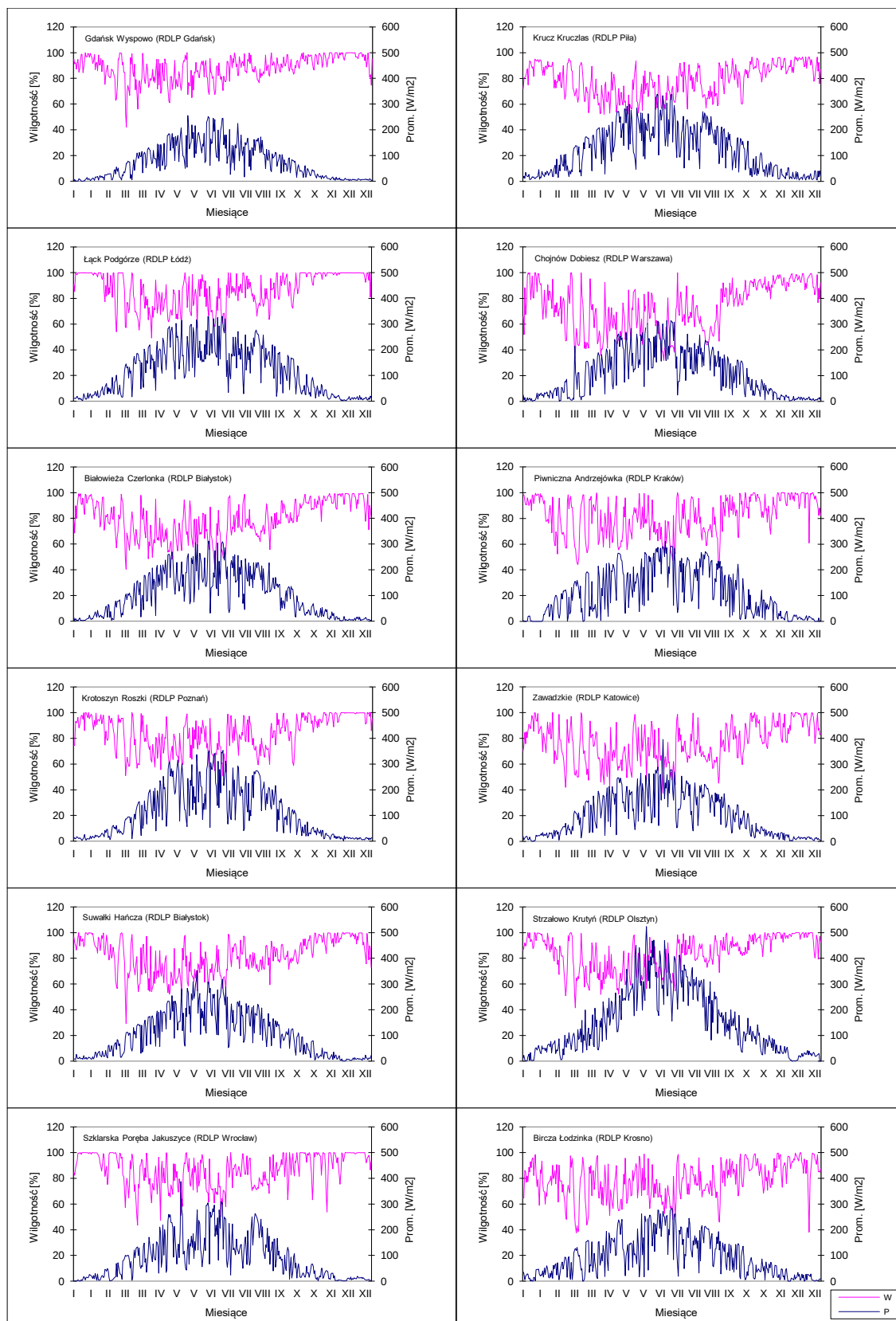
Rycina 10.1 Temperatury średnie miesięczne z 12 stacji w latach 2024 i 2025.



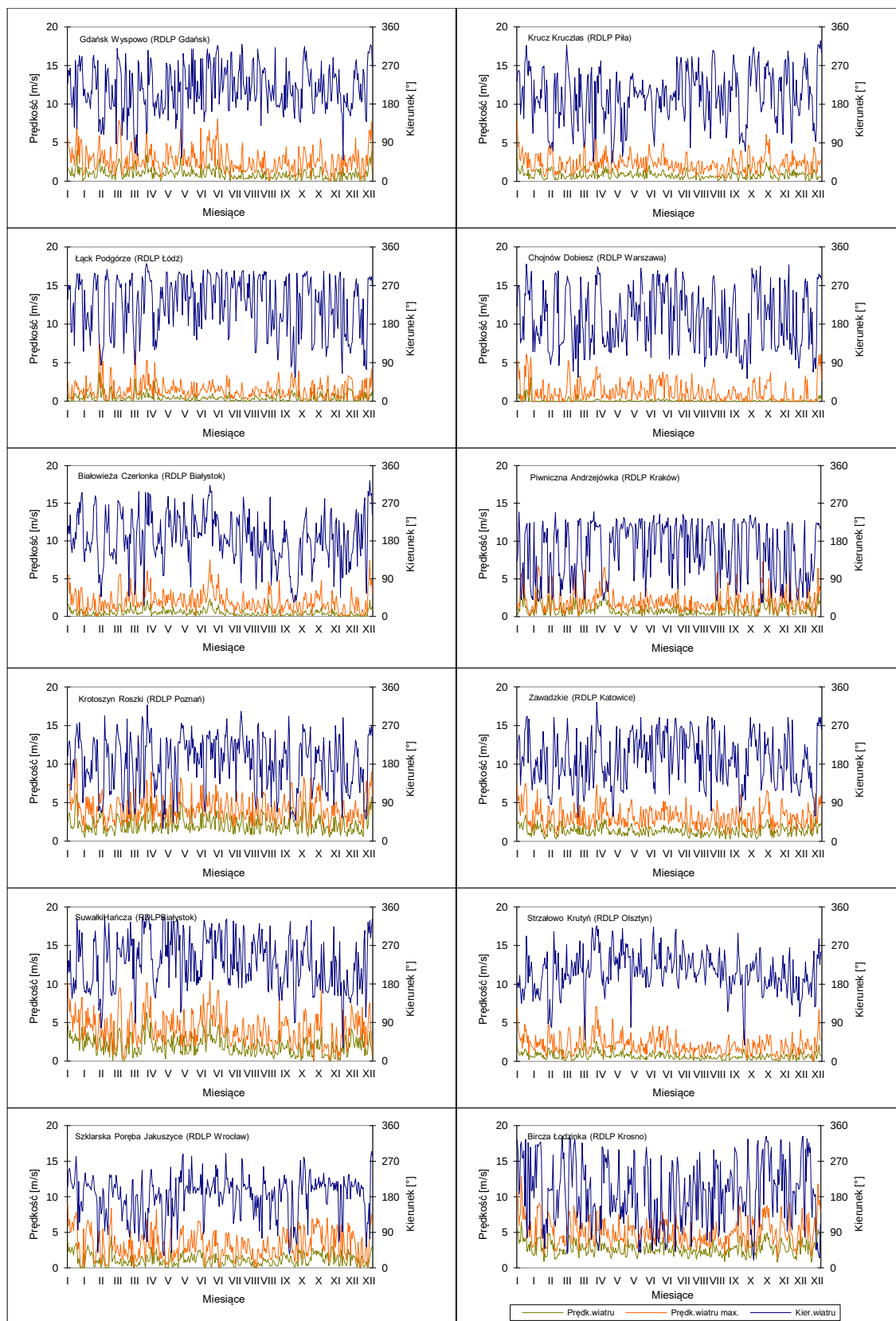
Rycina 10.2. Średnie miesięczne sumy opadów z 12 stacji w latach 2024 i 2025.



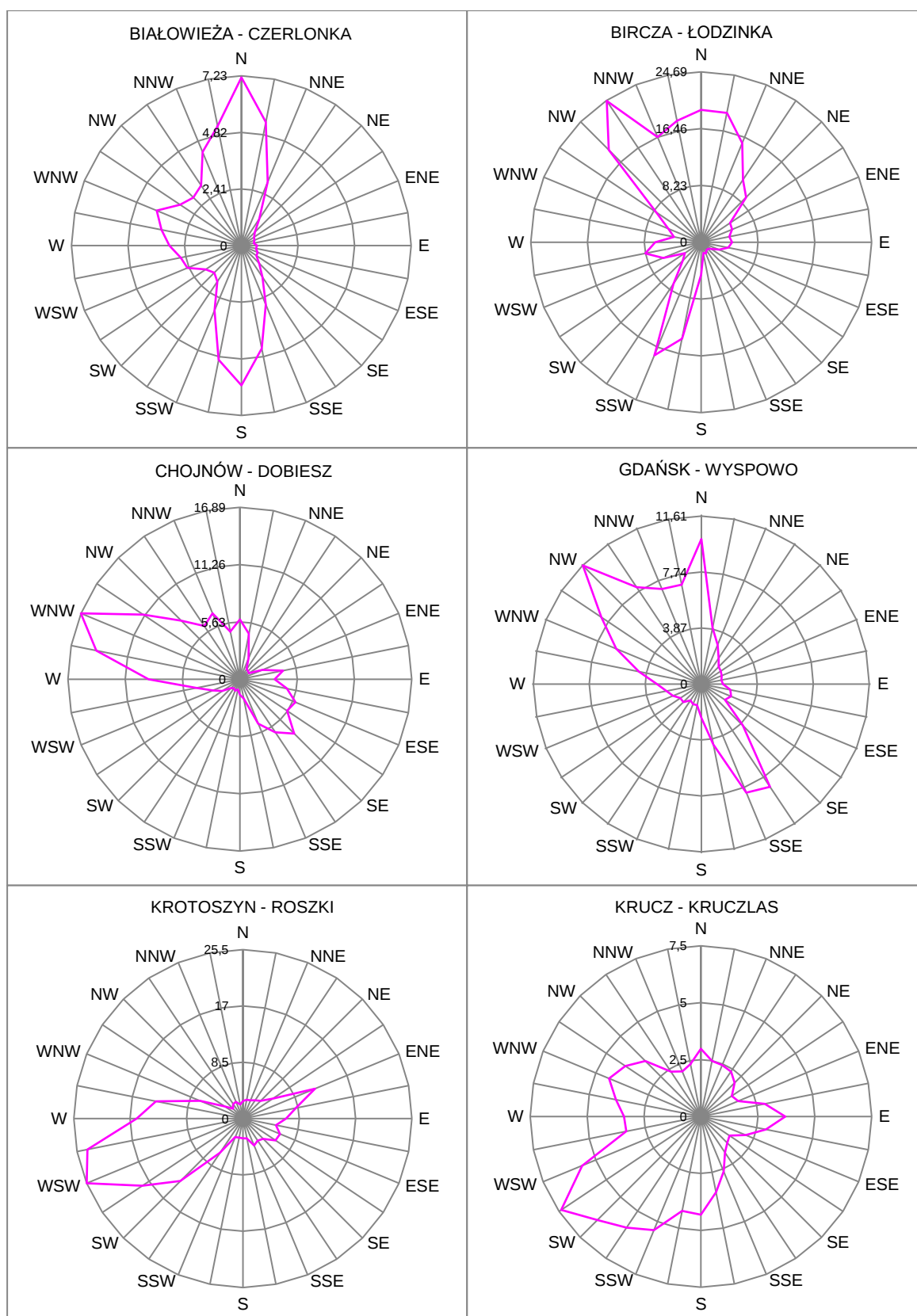
Rycina 10.3. Średnie dobowe i ekstremalne temperatury powietrza (na wys. 2 m nad ziemią) oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2025 r.



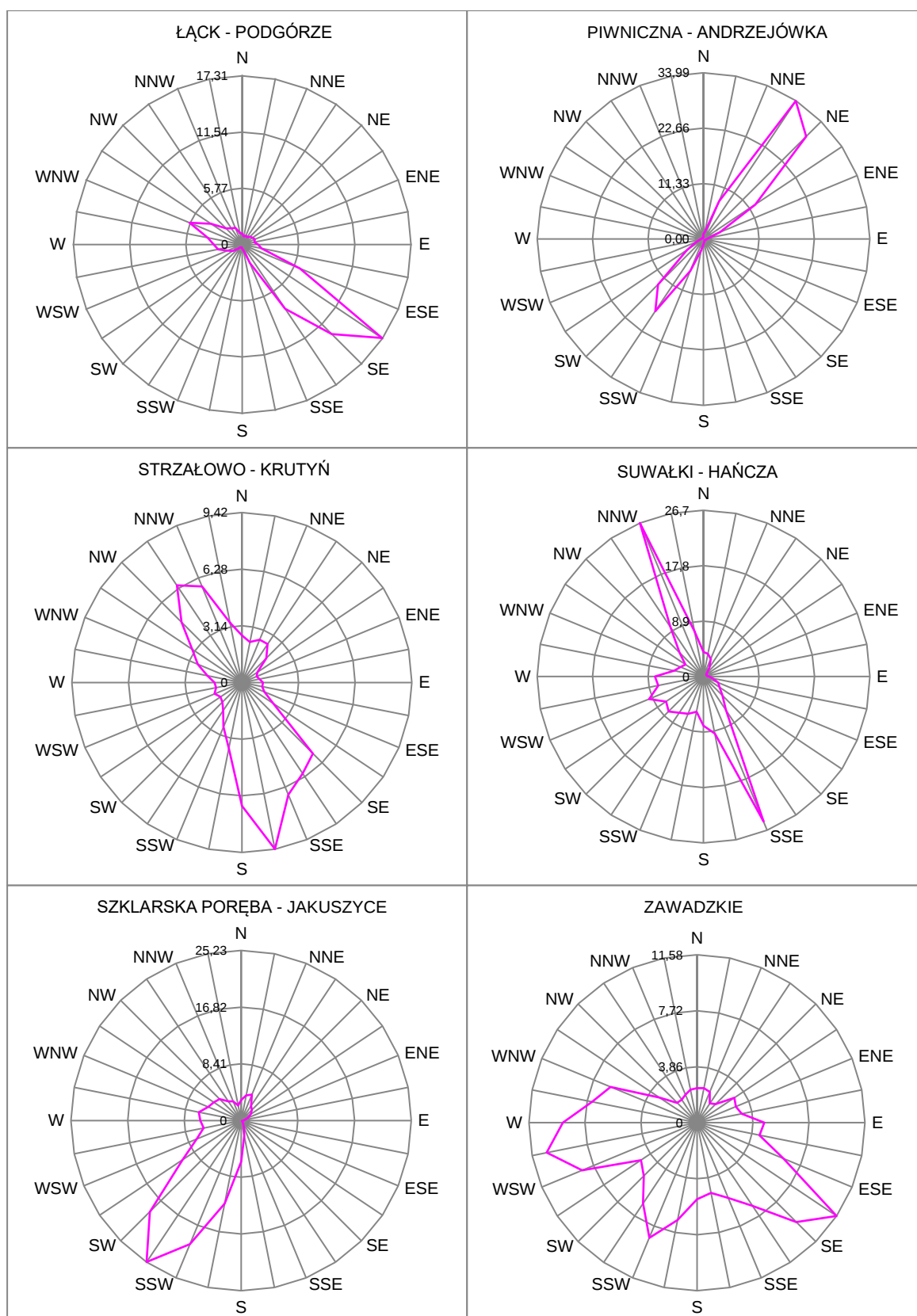
Rycina 10.4. Wilgotność względna powietrza na wysokości 2 m nad ziemią oraz całkowite promieniowanie padające, mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2025 r.



Rycina 10.5. Prędkość wiatru średnia dobowa i maksymalna oraz kierunek wiatru mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2025 r.



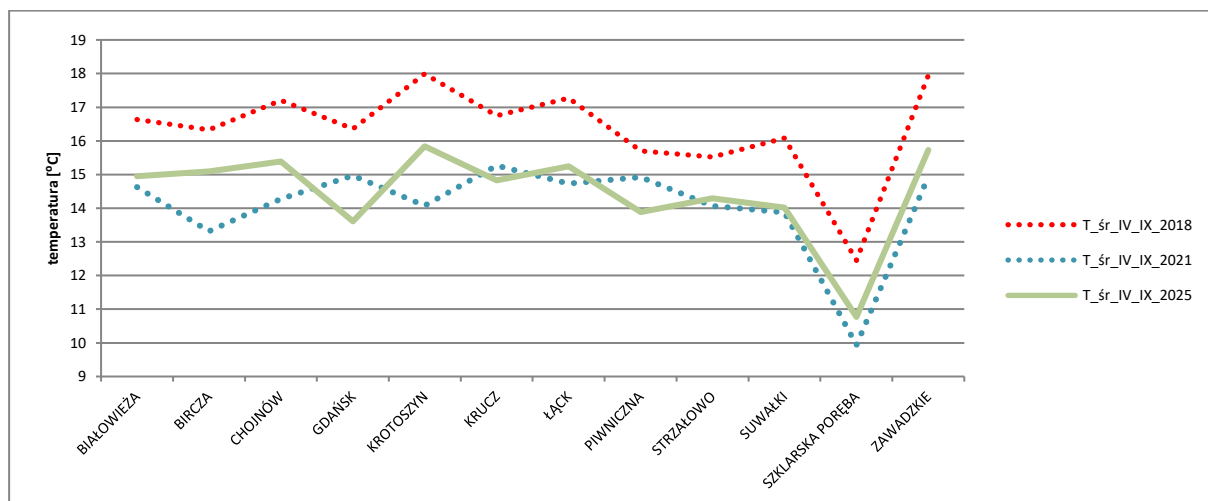
Rycina 10.6. Róża wiatrów mierzonych na automatycznych stacjach meteorologicznych MI w roku 2025.



Rycina 10.6. cd



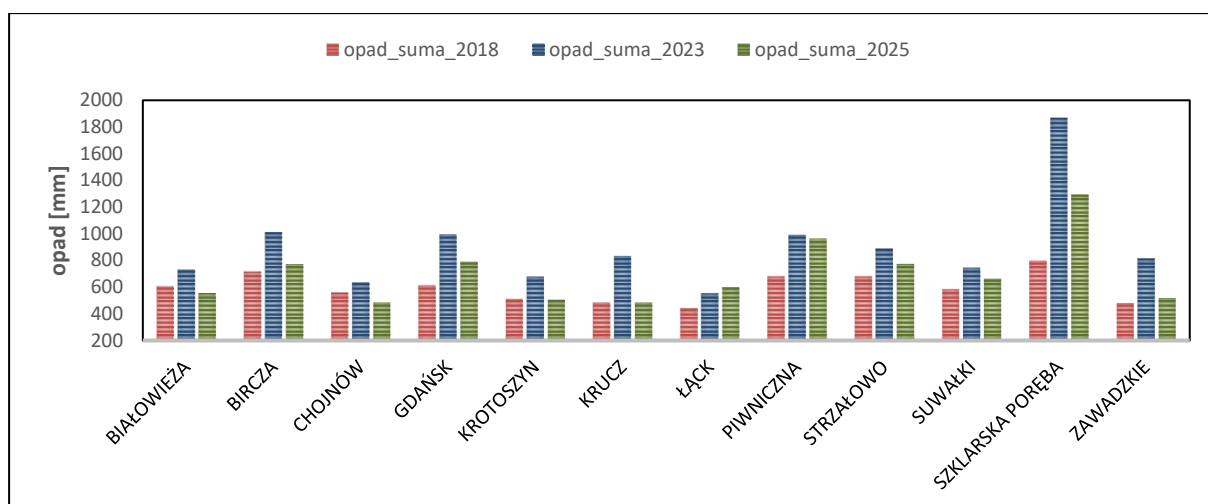
Rycina 10.7. Temperatury średnie roczne na stacjach MI w latach 2021, 2024 i 2025



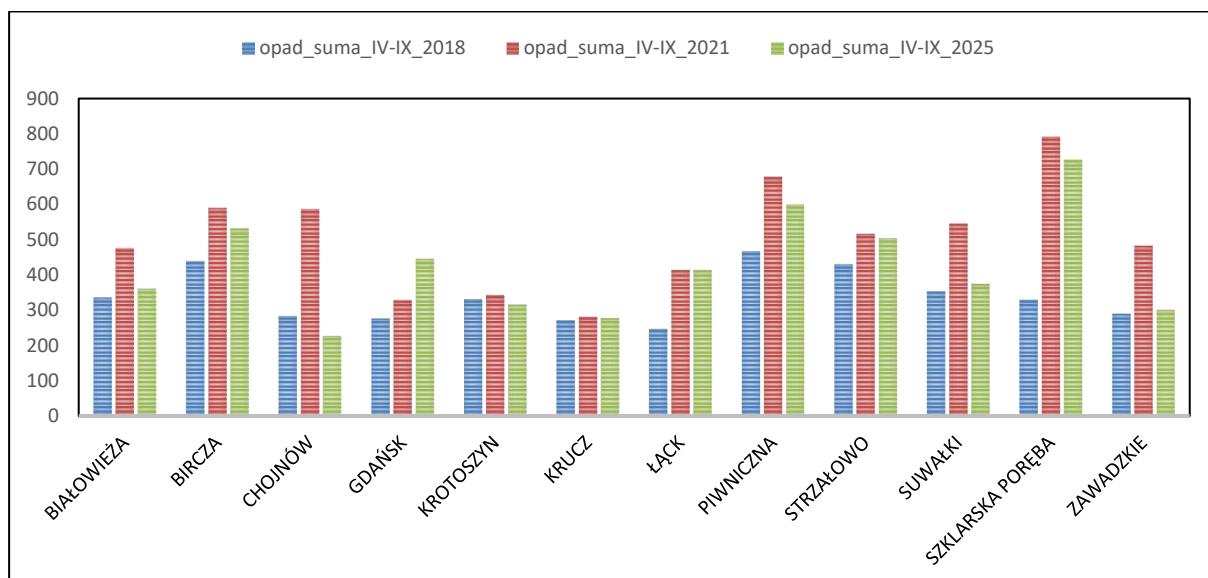
Rycina 10.8. Temperatury średnie okresu wegetacyjnego na stacjach MI w latach 2016-2025



Rycina 10.9. Temperatury maksymalne na stacjach MI w latach 2018-2025



Rycina 10.10. Sumy opadów rocznych na stacjach MI w latach 2018, 2023 i 2025



Rycina 10.11. Sumy opadów okresu wegetacyjnego na stacjach MI w latach 2018, 2021 i 2025

11. POZIOM STĘŻENIA NO₂ I SO₂ W POWIETRZU NA TERENACH LEŚNYCH – *ANNA KOWALSKA*

Zakwaszanie i eutrofizacja - dwa zjawiska niekorzystne dla ekosystemów - są skutkiem szkodliwego działania zanieczyszczeń powietrza na lasy. Według zaktualizowanych prognoz Centrum Zintegrowanych Szacunków Modelowych (CIAM) powstałych przy współpracy z Centrum Koordynacji Skutków Ładunków i Poziomów Krytycznych (CCE) w ramach Konwencji w sprawie Transgranicznego Zanieczyszczania Powietrza na Dalekie Odległości – LRTAP (Posch i in., 2018), do 2030 roku spodziewa się, że zagrożenie ekosystemów leśnych zakwaszaniem zmaleje przy pełnym wdrożeniu przepisów Dyrektywy w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych (tzw. Dyrektywy NEC). Przekroczenie ładunków krytycznych kwasowości może w tym okresie obejmować około 10% powierzchni ekosystemów lądowych Polski, głównie lasów. Eutrofizacja stanowić będzie nadal poważne zagrożenie, a przekroczenie ładunków krytycznych będzie dotyczyć połowy powierzchni ekosystemów kraju. Również na obszarach podlegających ochronie (np. Natura 2000) zagrożenie eutrofizacją dotknie 45% ich powierzchni, a zagrożenie zakwaszeniem – 8% (Posch i in. 2018).

Głównymi składnikami gazowymi powietrza odpowiedzialnymi za wymienione procesy są dwutlenek siarki i związki azotu. Są one emitowane do atmosfery z różnych źródeł. Do niedawna – gdy emisje antropogeniczne były nasilone - uważało się, że emisje naturalne (wybuchy wulkaniczne, rozkład biomasy, pożary, wyładowania atmosferyczne) dostarczały zaledwie ułamka ilości SO₂ i tlenków azotu (NO_x) w porównaniu z aktywnością człowieka (Colville 2004). Nowsze doniesienia bazujące na inwentaryzacji źródeł i emisji metodami satelitarnymi wskazują, że np. w 2014 roku emisje gazów wulkanicznych wraz z erupcjami wulkanicznymi miały około 32% udziału (wobec 25% udziału dekadę wcześniej, w 2005 roku) w globalnej emisji dwutlenku siarki (Fioletov i in. 2016), wskutek tego, że wielkość emisji np. z elektrowni i kopalń znacząco zmalała. W kontekście długoterminowych trendów antropogenicznych, źródła naturalne są zazwyczaj traktowane jako tło, chociaż w niektórych regionach i okresach mogą znacząco wpływać na lokalną jakość powietrza

Wyładowania atmosferyczne, emisje z gleb i pożary biomasy są zaliczane do naturalnych źródeł obecności tlenków azotu w atmosferze. Pomimo redukcji emisji tlenków azotu w minionych latach, źródła antropogeniczne NO_x nadal w ogromnym stopniu dominują nad naturalnymi (Lin 2012, US. EPA 2018). Emisje troposferyczne NO_x szacowane metodą obserwacji satelitarnych w silnie zaludnionych obszarach miejskich maleją w ostatniej dekadzie

przeważnie w Europie Zachodniej, pozostając na stałym poziomie w Europie Centralnej i Wschodniej (Fortems-Cheiney i in. 2021).

Według danych statystycznych w 2023 roku wyemitowano w Polsce do atmosfery 273 tys. ton dwutlenku siarki oraz 492 tys. ton tlenków azotu (wyrażone jako NO₂) (Mały Rocznik Statystyczny Polski 2025, GUS 2025). Na przestrzeni ponad 30 lat (1990-2024) emisje dwutlenku siarki zmniejszyły się o 91%, a tlenków azotu o 57% (Krajowy bilans emisji... 2026). Głównymi źródłami tlenków azotu są obecnie transport (35% emisji), przemysł energetyczny (18% emisji) oraz inne sektory (m.in. emisja z gospodarstw domowych) (21%). Podstawowym i niemal wyłącznym źródłem emisji SO₂ jest spalanie paliw, głównie węgla w źródłach stacjonarnych (Krajowy bilans emisji... 2026).

W zakres badań jakości powietrza na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych Monitoringu Intensywnego wchodzi oznaczenia stężeń głównych zanieczyszczeń gazowych: dwutlenku siarki i dwutlenku azotu metodą pasywną z użyciem próbników dyfuzyjnych typu Amaya, z trietanolaminą jako substancją aktywną (Krochmal i Kalina 1997a, 1997b). Próbniki ekspozycyjne są w cyklach miesięcznych na otwartych przestrzeniach przyłesnych. Roczne i sezonowe stężenia obliczane są jako średnie ważone długością okresów ekspozycji próbników. Średnie miesięczne stanowią średnią arytmetyczną z pomiarów trzech próbników ekspozycyjnych w tym samym okresie w jednej lokalizacji, po odrzuceniu wyników odstających i wątpliwych. Okres zimowy obejmował miesiące od października do marca, natomiast okres obejmujący pozostałe miesiące roku zdefiniowano jako sezon letni. W celu kontroli czystości stosowanych odczynników oraz wpływów środowiskowych w trakcie przechowywania i transportu próbników do badań analizowano w każdym miesiącu tzw. ślepe próby, tj. próbki nie ekspozycyjne. Wszystkie ślepe próby dostarczały wyników poniżej granic oznaczalności metody. Można zatem przyjąć, że warunki środowiskowe występujące w trakcie przygotowania próbników do badań, pobierania próbek oraz transportu i przechowywania przed badaniami nie zakłócały znacząco wyników badań.

Ze względu na charakter danych i potwierdzony testem Shapiro-Wilka brak zgodności z rozkładem normalnym dla stężeń zanieczyszczeń gazowych, w analizie statystycznej stosowano testy nieparametryczne dla potwierdzenia testowanych hipotez:

- ANOVA rang Kruskala-Wallisa, następnie wielokrotne porównanie średnich rang dla wartości miesięcznych w celu oceny różnic między powierzchniami pod względem stężeń poszczególnych gazów, tj. porównania powierzchni pod względem stężeń NO₂ i SO₂,

- test Manna-Whitneya do oceny różnic w stężeniu gazów między półroczem letnim i zimowym na poszczególnych powierzchniach.

Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft Inc. 2011).

11.1. Dwutlenek siarki

Średnie wartości stężeń dwutlenku siarki przedstawiono na rycinie 11.1. Podobnie jak w latach poprzednich, w grupie nadleśnictw zlokalizowanych w Polsce północno-wschodniej (Białowieża, Suwałki, Strzałowo i Gdańsk,) występowały niskie średnie roczne stężenia dwutlenku siarki (poniżej $0,7 \mu\text{g m}^{-3}$). W Piwnicznej, Szklarskiej Porębie, Chojnowie i Krotoszynie, Birczy i Kruczu średnio w ciągu roku stężenie SO_2 wynosiło od 0,8 do $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$. Średnio rocznie notowano co najmniej $1,0 \mu\text{g m}^{-3}$ w nadleśnictwach Łąck i Zawadzkie (odpowiednio $1,1 \mu\text{g m}^{-3}$ i $1,4 \mu\text{g m}^{-3}$). Stężenia były tam istotnie wyższe niż na powierzchniach, gdzie notowano najniższe poziomy SO_2 , tj. w Suwałkach, Strzałowie i Białowieży ($p \leq 0,05$, test Kruskala-Wallisa z wielokrotnym porównaniem średnich rang, tab. 11.2).

W porównaniu z rokiem 2024 średnie roczne stężenia SO_2 zmalały szczególnie w Krotoszynie (aż o 22%), kontynuując spadkową tendencję obserwowaną tam od kilku lat. Spadek o 6% - 10% wystąpił również w Birczy, Piwnicznej Zawadzkiem i Strzałowie. W Chojnowie, Łącku i Szklarskiej Porębie nastąpiły wzrosty stężeń od 6% do 11%, a na powierzchniach Polski północnej i wschodniej (Białowieża, Gdańsk, Suwałki) oraz w Kruczu zmiany były nie większe niż 1% - 3%. Ogólnie niski poziom stężeń SO_2 w nadleśnictwach Polski północno-wschodniej wynika m.in. z warunków demograficznych i stopnia uprzemysłowienia regionów. Województwa podlaskie i warmińsko-mazurskie mają najniższą w kraju gęstość zaludnienia oraz niską emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza, w tym emisję dwutlenku siarki z zakładów szczególnie uciążliwych dla jakości powietrza (Rocznik Statystyczny Województw 2024), co znajduje odzwierciedlenie w jakości powietrza w lasach.

Miesięczne stężenia SO_2 na SPO MI mieściły się w przedziale $0,2\text{--}2,0 \mu\text{g m}^{-3}$, jedynie w lutym w Zawadzkiem na Górnym Śląsku wystąpiło nietypowo wysokie stężenie $7,3 \mu\text{g m}^{-3}$. Rozkład stężeń w kolejnych miesiącach roku (ryc. 11.2) wykazuje bardzo niewielkie różnice między miesiącami okresu zimowego a letniego, wynikające z różnic temperatury i użycia paliw grzewczych emitujących związki siarki w chłodnej porze roku. W okresie zimowym podwyższone stężenia SO_2 występowały przeważnie w lutym i marcu (mediana odpowiednio $1,3 \mu\text{g m}^{-3}$ i $1,0 \mu\text{g m}^{-3}$), przy średnich stężeniach miesięcznych w całym okresie zimowym od października

do marca między $0,3 \mu\text{g m}^{-3}$ a $1,9 \mu\text{g m}^{-3}$ ($7,3 \mu\text{g m}^{-3}$ w Zawadzkim) i medianie dla okresu zimowego wynoszącej $0,8 \mu\text{g m}^{-3}$.

W miesiącach letnich od kwietnia do września wartości miesięczne minimalne wynosiły $0,2 \mu\text{g m}^{-3}$, maksymalne $2,0 \mu\text{g m}^{-3}$, a mediana dla okresu $0,7 \mu\text{g m}^{-3}$.

Nie zaobserwowano typowej w innych latach, poza 2019 i 2024, zależności między stężeniami SO_2 a średnią temperaturą powietrza, z wyjątkiem Birczy.

Rozkład miesięcznych stężeń SO_2 na powierzchniach SPO MI przedstawiono na rycinie 11.3. Według średnich za okres zimowy stężenia układały się w porządku malejącym dla nadleśnictw:

Zawadzkie > Bircza, Łąck > Chojnów, Krotoszyn > Piwniczna, Szklarska Poręba, Krucz > Suwałki, Gdańsk > Białowieża, Strzałowo.

Średnie sezonu letniego układały się w porządku malejącym:

Łąck > Zawadzkie, Krucz > Krotoszyn > Gdańsk, Chojnów, Szklarska Poręba > Piwniczna, Bircza > Strzałowo > Białowieża, Suwałki.

Mediany stężeń miesięcznych okresów w sezonach letnich i zimowych nie różniły się dla SPO MI, z wyjątkiem Birczy (tab.11.1).

Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. (Dz. U. z dn. 5 maja 2021 r., poz. 845) ustala poziom dopuszczalny SO_2 ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej (okres od 1 października do 31 marca) na poziomie $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Średnie roczne stężenia SO_2 na SPO MI zawierały się w granicach $0,53$ – $1,40 \mu\text{g m}^{-3}$, co stanowiło od 3% do 8% wartości dopuszczalnej. W porze zimowej zakres stężeń wynosił od $0,51 \mu\text{g m}^{-3}$ do $1,66 \mu\text{g m}^{-3}$, tj. od 3% do 7% wartości dopuszczalnej, nie stwierdzono zatem stężeń stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla ochrony roślin.

11.2. Dwutlenek azotu

Średnie wartości stężeń dwutlenku azotu na SPO MI przedstawiono na rycinie 11.4. Po okresie spadków stężeń w roku 2019 i 2020 i wzroście w roku 2022 (o 8 - 24%), stężenia pozostały na względnie stabilnym poziomie w stosunku do roku poprzedzającego, z przewagą tendencji wzrostowych. Na trzech powierzchniach: Zawadzkie, Piwniczna i Szklarska Poręba nastąpił niewielki spadek stężeń odpowiednio o 2%, 5% i 11% w stosunku do roku 2024. Na pozostałych dziewięciu zaobserwowano niewielki, maksymalnie 8% wzrost. W 2025 roku średnie roczne stężenia NO_2 stanowiły od 89 do 108% wartości z roku 2024. Warto zaznaczyć, że stężenia NO_2 w ostatnich latach – choć podlegają fluktuacjom – pozostają na względnie stałym

poziomie. W dziewięcioletnim okresie (2017 – 2025) bilans zmian przeważnie nie był większy niż 10% - ze wzrostami obserwowanymi na trzech powierzchniach: w Chojnowie, Kruczu i Suwałkach, w tym w Suwałkach aż o 16%. Największe spadki w tym okresie odnotowano w górach i na pogórzu: w Birczy (o 13%), w Piwnicznej (o 14%) i Szklarskiej Porębie (o 23%).

Powierzchnie SPO MI istotnie różniły się w 2025 roku pod względem stężeń NO_2 . Szereg istotnych różnic wystąpił pomiędzy stężeniami NO_2 w grupie powierzchni o wysokim zanieczyszczeniu tlenkami azotu: Chojnowie i Łącku, (rejon Polski centralnej), a stężeniami na powierzchniach zlokalizowanych w rejonach północno-wschodnich (Strzałowo, Białowieża, Gdańsk, Suwałki) i w górach (Piwniczna, Bircza, Szklarska Poręba), gdzie zanieczyszczenia były niższe (tab. 11.2). Podobnie jak w poprzednich latach badań, w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej: Białowieża ($3,1 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), Strzałowo ($3,4 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), Suwałki ($4,1 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i Gdańsk ($4,3 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), a także w rejonach podgórskich i górskich: Bircza, Piwniczna i Szklarska Poręba (odpowiednio $3,1$, $3,1$ i $3,0 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) występowały średnio roczne niższe stężenia NO_2 niż w Łącku i Chojnowie (odpowiednio $7,5$ i $11,0 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$).

Podobnie jak w poprzednich latach najwyższe średnie roczne stężenia NO_2 występowały w rejonach Polski centralnej: w Chojnowie ($11,0 \mu\text{g m}^{-3}$) i Łącku ($7,5 \mu\text{g m}^{-3}$) oraz Polski zachodniej w Krotoszynie ($6,5 \mu\text{g m}^{-3}$) i południowej w Zawadzkiem ($6,5 \mu\text{g m}^{-3}$). Punkt pomiarowy w Chojnowie jest zlokalizowany w pobliżu drogi wojewódzkiej nr 873 i drogi krajowej nr 79, w odległości około 20 km w kierunku południowym od aglomeracji warszawskiej, stąd poziom stężeń NO_2 może wynikać z dużego natężenia ruchu drogowego. Powierzchnia w Łącku usytuowana jest w odległości około 4–5 km w kierunku południowo-zachodnim od Płocka, dużego ośrodka przemysłu rafineryjnego. Drugim potencjalnym źródłem zanieczyszczeń powietrza jest ruch samochodowy na drodze krajowej nr 60, przebiegającej w odległości około 800 m w kierunku południowym od powierzchni. Kolejna powierzchnia o wysokim poziomie stężeń NO_2 położona jest w Nadleśnictwie Zawadzkie na Górnym Śląsku, w rejonie o największej w skali kraju gęstości zaludnienia oraz wysokiej urbanizacji i uprzemysłowieniu. Choć do wielkości emisji tlenków azotu (NO_x) przyczyniają się głównie procesy spalania paliw, znaczącym źródłem NO_x w powietrzu może być również emisja z gleb (Fowler i in. 2015). W Wielkopolsce, gdzie całkowite zużycie mineralnych nawozów azotowych oraz zużycie nawozów mineralnych jest najwyższe w Polsce oraz przy intensywnej produkcji zwierzęcej (Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS 2025), wysokie stężenia NO_2 na terenach Nadleśnictwa Krotoszyn można tłumaczyć emisją z gleb, wtórnymi procesami utleniania

w powietrzu amoniaku pochodzenia rolniczego oraz natężeniem procesów spalania w sektorze rolniczym oprócz lokalnych źródeł przemysłowych.

Średnie miesięczne stężenia dwutlenku azotu wahały się w granicach od 1,3 do 15,0 $\mu\text{g m}^{-3}$ i wykazywały sezonowość. Na większości powierzchni obserwowano istotną ($p \leq 0,05$) ujemną zależność stężenia NO_2 i temperatury: ze spadkiem temperatury wzrastało średnie miesięczne stężenie NO_2 .

Wysokie miesięczne stężenie NO_2 obserwowano w Chojnowie przez cały rok, a szczególnie od września do grudnia i od stycznia do marca (od 12,3 do 14,9 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ m-c}^{-1}$). W okresie zimowym wartości przekraczające 9 – 10 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ m-c}^{-1}$ były częste również w Zawadzkiem i Łącku (ryc. 11.5, 11.6). Z kolei stężenia niższe niż 3 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ m-c}^{-1}$ były notowane niemal wyłącznie w okresie letnim w Strzałowie i Białowieży i rzadziej w Suwałkach i Gdańsku w Polsce północno-wschodniej, w Kruczu w Wielkopolsce oraz w rejonach górskich w Birczy, Piwnicznej i Szklarskiej Porębie. Istotne różnice między medianami miesięcznych stężeń dla okresów letnich i zimowych wystąpiły na niemal wszystkich powierzchniach, z wyjątkiem Chojnowa (tab. 11.1).

Średnie stężenia NO_2 w sezonie letnim (kwiecień – wrzesień) układały się w porządku malejącym dla nadleśnictw:

Chojnów > Łąck > Zawadzkie > Krotoszyn > Krucz > Gdańsk > Suwałki > Strzałowo > Piwniczna > Bircza > Białowieża > Szklarska Poręba.

Stężenia średnie dla okresu zimowego (styczeń-marzec i październik-grudzień) były od 1,1 do 2,6 razy wyższe niż dla okresu letniego. Układały się w porządku malejącym:

Chojnów > Łąck > Zawadzkie > Krotoszyn > Krucz, Suwałki > Gdańsk > Białowieża, Szklarska Poręba, Bircza > Strzałowo > Piwniczna.

Średnie wartości stężeń NO_2 wynosiły w roku 2025 od 3,0 do 11,0 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$, tj. odpowiednio od 10 do 37% wartości dopuszczalnej poziomu tlenków azotu. Wartość dopuszczalna została określona dla tlenków azotu Obwieszczeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. (Dz. U. z dn. 5 maja 2021 r., poz. 845) dla roku kalendarzowego ze względu na ochronę roślin na poziomie 30 $\mu\text{g m}^{-3}$.

11.3. Depozycja gazowych związków siarki i azotu

Na podstawie średnich stężeń rocznych i sezonowych oszacowano ładunek N i S, jaki był deponowany na SPO MI w 2025 roku (ryc. 11.7). Obliczenia wykonano przyjmując za Thimonier i in. (2005), że prędkość osadzania SO_2 dla powierzchni leśnych wynosi 8 mm s^{-1} , zaś za Rihm

(1996), że prędkość osadzania NO_2 dla drzewostanów liściastych wynosi 3 mm s^{-1} i 4 mm s^{-1} dla drzewostanów iglastych.

Gazowa depozycja siarki wyniosła w nadleśnictwach Polski północno-wschodniej: Strzałowie, Białowieży, Suwałkach i Gdańsku $0,7 - 0,8 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W Polsce centralnej w Chojnowie, w Wielkopolsce w Kruczu i Krotoszynie, w Sudetach w Szklarskiej Porębie oraz w Karpatach w Birczy i Piwnicznej wynosiła $0,9 - 1,2 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, w Łącku $1,4 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, a w Zawadzkiem na Górnym Śląsku aż $1,8 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

Najmniejszą depozycję azotu – $0,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ – odnotowano w Birczy, w rejonie podkarpackim, a dość niską również w Gdańsku, Białowieży i Strzałowie w Polsce północno-wschodniej oraz w Karpatach w Piwnicznej i Sudetach w Szklarskiej Porębie: $1,2 - 1,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W Suwałkach odnotowano depozycję $1,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Pośrednie ilości: $1,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ – otrzymały powierzchnie w Kruczu i Krotoszynie. W Łącku depozycja wyniosła $2,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, w Zawadzkiem $2,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, a najwyższa była w Chojnowie: $4,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

Od 62 do 72% rocznej depozycji N oraz od 44 do 67% depozycji S przypadało na okres zimowy.

11.4. Podsumowanie

Wśród powierzchni monitoringu intensywnego można wyodrębnić trzy grupy różniące się sumarycznym obciążeniem zanieczyszczeniami gazowymi. Łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery jest niska w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej, tj. w Białowieży, Gdańsku, Strzałowie i Suwałkach ($1,8 - 2,3 \text{ kg N+S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Według danych GUS, emisja w ilościach bezwzględnych dwutlenku siarki i tlenków azotu z zakładów szczególnie uciążliwych w województwach podlaskim i warmińsko-mazurskim należy do najniższych w skali kraju (Rocznik Statystyczny Województw GUS 2025). Antropopresja wywoływana głównie przez źródła rolnicze i rozproszone lokalne nie jest tak dużym obciążeniem dla ekosystemów leśnych jak w innych rejonach kraju. W województwie pomorskim, gdzie położona jest SPO MI Gdańsk, emisje gazowych zanieczyszczeń powietrza również należą do niższych w kraju. Pomimo względnej bliskości aglomeracji trójmiejskiej (ok. 10 km od SPO) wpływ urbanizacji na stan powietrza na powierzchni w Nadleśnictwie Gdańsk jest umiarkowany. Wyniki prac modelowych prowadzonych w ramach CLRTAP (Slootweg i in. 2014) wskazują, że narażenie północnych rejonów Polski na przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości i eutrofizacji jest niewielkie.

Powierzchnie zlokalizowane w górach i na pogórzu: Szklarska Poręba, Piwniczna i Bircza również wyróżniają się dość niskimi wartościami sumarycznej depozycji N-NO_2 i S-SO_2

(2,0 – 2,2 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹). W województwie podkarpackim, na terenie którego położona jest SPO MI Bircza, ogólna emisja SO₂ i NO_x z zakładów szczególnie uciążliwych jest kilkukrotnie niższa niż w województwach mazowieckim, wielkopolskim i opolskim, gdzie zlokalizowane są SPO MI z grupy o wyższym poziomie zanieczyszczeń (Rocznik statystyczny województw 2025). Stosunkowo wysokiej – na tle licznych SPO MI – depozycji SO₂ w Birczy towarzyszyła szczególnie niska depozycja NO₂. Wysoka lesistość (powyżej 60%), małe zaludnienie i niski współczynnik urbanizacji na Podkarpaciu są prawdopodobnymi przyczynami ogólnie niskiego sumarycznego poziomu zanieczyszczeń gazowych, co było obserwowane na powierzchni w Birczy również w latach poprzednich.

W Wielkopolsce: w Kruczu i Krotoszynie oraz w Łącku obciążenie sumarycznym ładunkiem zanieczyszczeń gazowych było pośrednie i wyniosło odpowiednio 3,0, 3,0 i 3,5 kg N+S ha⁻¹. W stosunku do roku 2024 sumaryczna depozycja gazowa nie wykazywała większych zmian niż o ± 7%.

Od lat najbardziej obciążone zanieczyszczeniami atmosferycznymi są SPO w Zawadzkiem i w Chojnowie. W roku 2025 depozycja wynosiła tam odpowiednio 4,3 i 5,3 kg N+S ha⁻¹. W Chojnowie za wysoki depozyt gazowy (N-NO₂ + S-SO₂) odpowiadają głównie zanieczyszczenia azotowe, osiągające najwyższy poziom spośród badanych SPO MI. Przyczyną wysokich stężeń zanieczyszczeń gazowych jest prawdopodobnie komunikacja samochodowa i sąsiedztwo Warszawy, która plasuje się w czołówce miast o dużym zagrożeniu środowiska emisjami. Powierzchnia w Zawadzkiem zlokalizowana jest na granicy województw opolskiego i śląskiego, w najgęściej zaludnionej części kraju, o wysokim wskaźniku urbanizacji i uprzemysłowieniu. Poziomy emisji według danych GUS należą na Śląsku do najwyższych w Polsce, ponadto są w skali kraju w niewielkim stopniu zatrzymane w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń, tj. 22,3% zatrzymanych zanieczyszczeń gazowych w 2024 roku w zestawieniu ze średnią dla Polski 74,0% (Rocznik statystyczny województw 2025).

Do rejonów Polski, na których depozycja gazowych zanieczyszczeń była pośrednia i wysoka, należą nadleśnictwa: Chojnów, Zawadzkie, Łąck, Krotoszyn i Krucz. Pokrywają się z obszarami, na których istnieje ryzyko przekroczeń ładunków krytycznych eutrofizacji i zakwaszenia. Przekroczenia ładunków oszacowane dla roku 2020 wskazują, że w tych rejonach kraju zagrożenie dla ekosystemów ze strony zanieczyszczeń powietrza siarką i azotem utrzymuje się nawet po wdrożeniu ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga (Slootweg i in. 2014, Geupel i in. 2022). Według scenariuszy dla roku 2030 przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości nadal będą dotyczyć niektórych zachodnio-centralnych rejonów Polski (1-3%

obszarów ekosystemów), natomiast zagrożenie eutrofizacją na dużym obszarze kraju nie zniknie nawet do 2050 roku, obejmując w zależności od scenariusza od 10% do 49% obszarów ekosystemów (Geupel i in. 2022).

LITERATURA:

- Colville, R. N. (2004). Emisje, dyspersje i transformacje atmosferyczne. [W:] Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin. Red.: Bell J.N.B, Treshow M., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, pp 29-50.
- Fioletov, V.E., McLinden, C.A., Krotkov, N., Li, C., Joiner, J., Theys, N, Carn, S., & Moran, M.D. (2016). A global catalogue of large SO₂ sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 11497–11519, doi:10.5194/acp-16-11497-2016.
- Fortems-Cheiney, A., Broquet, G., Pison, I., Saunois, M., Potier, E., Berchet, A., et al. (2021). Analysis of the anthropogenic and biogenic NO_x emissions over 2008–2017: Assessment of the trends in the 30 most populated urban areas in Europe. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL092206. <https://doi.org/10.1029/2020GL092206>
- Fowler, D., Steadman, C. E., Stevenson, D., Coyle, M., Rees, R. M., Skiba, U. M., Sutton, M. A., Cape, J. N., Dore, A. J., Viena, M., Simpson, D., Zaehle, S., Stocker, B. D., Rinaldi, M., Facchini, M. C., Flechard, C. R., Nemitz, E., Twigg, M., Erisman, J. W., Butterbach-Bahl, K., and J. N. Galloway (2015). Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 13849–13893, doi:10.5194/acp-15-13849-2015.
- Geupel, M., Loran, C., Scheuschner, T., Wohlgemuth, L. (2022) CCE Status Report 2022. Coordination Centre for Effects (CCE), German Environment Agency, Dessau, Germany.
- Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2024. Raport syntetyczny (2026), Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa. [dostęp: 27 kwietnia 2026 r.] https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/51_Krajowy_bilans_emisji_SOx_NOx_CO_NH3_NMLZO_pylow_metali_ciezkich_i_TZO_raport_syntetyczny.pdf
- Krochmal, D. & Kalina A. (1997a). Technical note. A method of nitrogen dioxide and sulphur dioxide determination in ambient air by use of passive samplers and ion chromatography. *Atmospheric Environment* 31(20): 3473–3479
- Krochmal, D. & Kalina, A. (1997b). Measurements of nitrogen dioxide and sulphur dioxide concentrations in urban and rural areas of Poland using a passive sampling method. *Environmental Pollution* 96(3): 401-7.
- Lin., J.-T. (2012) Satellite constraint for emissions of nitrogen oxides from anthropogenic, lightning and soil sources over East China on a high-resolution grid. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 2881–2898, doi:10.5194/acp-12-2881-2012
- Mały Rocznik Statystyczny Polski 2025, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2025 [dostęp: 27 kwietnia 2026]. https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/1/27/1/maly_rocznik_statystyczny_polski_2025.pdf

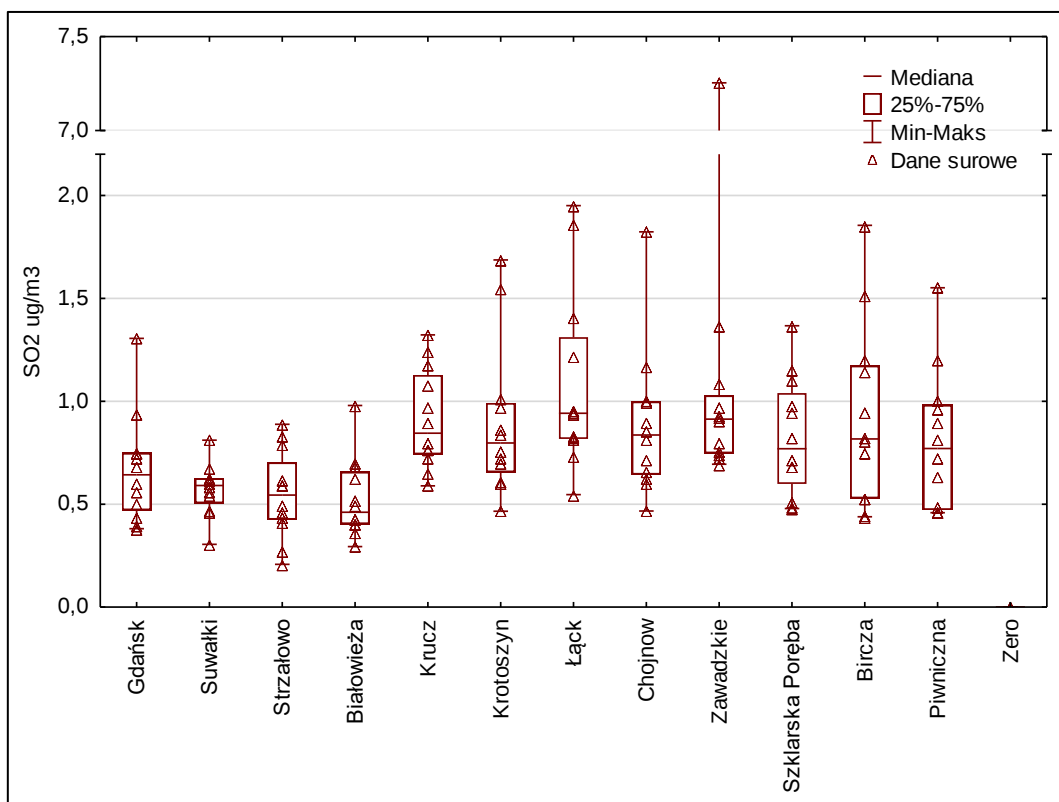
- Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dziennik Ustaw z dn. 5 maja 2021 r., poz. 845).
- Posch, M., Sander, R., Schöpp, W. & Amann, M. The 2017 critical loads data: Differences to earlier estimates and implications for current and future ecosystems protections. CIAM Report 1/2018. [dostęp: 8 maja 2025]
https://unece.org/sites/default/files/datastore/fileadmin/DAM/env/documents/2018/Air/EMEP/CIAM-2018_report.pdf
- Rihm, B. (1996). Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Eutrophying Atmospheric Deposition. Report on mapping critical loads of nutrient nitrogen for Switzerland, produced within the work programme under the Convention on Long- Range Transboundary Air Pollution of the United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE). Federal Office of Environment, Forests and Landscape (FOEFL), Berne, pp. 74.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2025, Główny Urząd Statystyczny, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2025 [dostęp: 30 kwietnia 2026]
https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/6/19/1/rocznik_statystyczny_rolnictwa_2025.pdf
- Rocznik Statystyczny Województw 2025, Główny Urząd Statystyczny, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2025 [dostęp: 30 kwietnia 2026]
https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/4/20/1/rocznik_statystyczny_wojewodztw_2025.pdf
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dziennik Ustaw z dn. 18 września 2012, poz. 1031.
- Slootweg, J., Posch, M., Hettelingh, J.-P., & Mathijssen, L. (Eds.) (2014). Modelling and Mapping impacts of atmospheric deposition on plant species diversity in Europe: CCE Status Report 2014, Coordination Centre for Effects, www.wge-cce.org
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10.
www.statsoft.com.
- Thimonier, A., Schmitt, M., Waldner, P., & Rihm, B. (2005). Atmospheric Deposition on Swiss Long-Term Forest Ecosystem Research (LWF) Plots. Environmental Monitoring and Assessment, 104(1-3), 81–118.
- US. EPA. (2018). Data from the 2014 National Emissions Inventory, Version 2. Accessed 2018.
<https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/2014-national-emissions-inventory-nei-data>.

Tabela 11.1. Wyniki testu Manna Whitneya dla średniego stężenia SO₂ i NO₂ w miesiącach okresu letniego (N=6) i zimowego (N=6). Kursywą i pogrubioną czcionką zaznaczono istotne różnice ($p \leq 0,05$) między medianą okresu letniego i zimowego

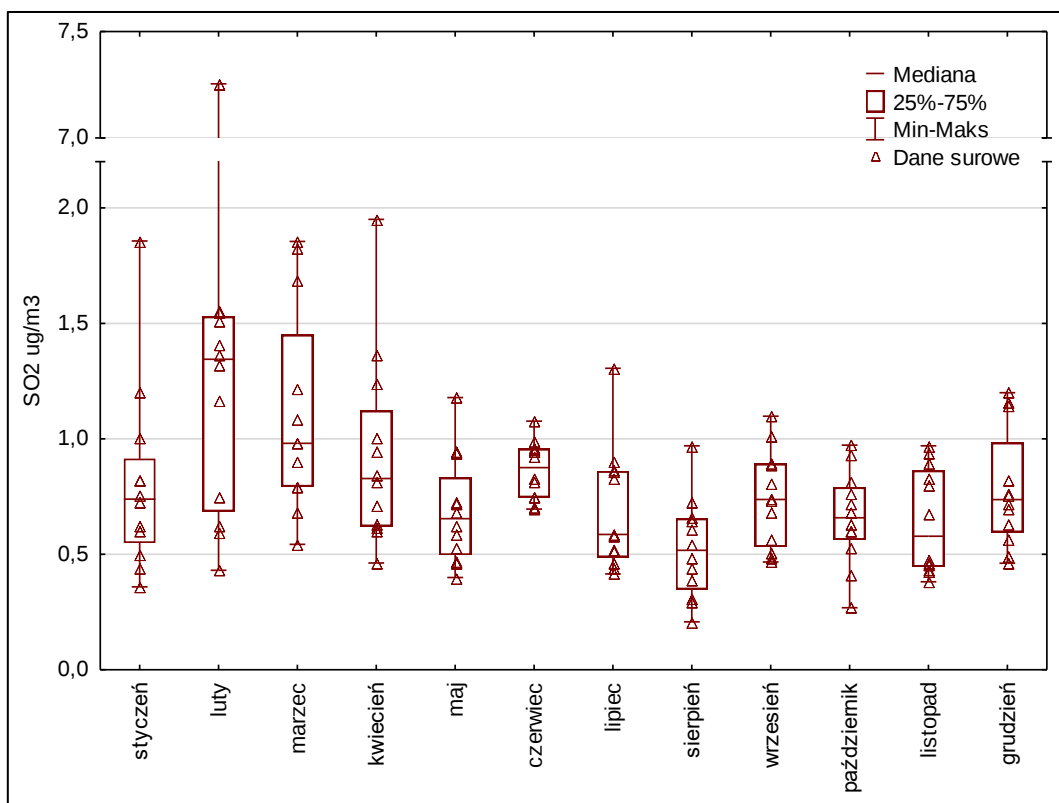
Nadleśnictwo	SO ₂		NO ₂	
	wartość statystyki U	p dla prób o małej liczebności	wartość statystyki U	p dla prób o małej liczebności
Gdańsk	13	0,4848	0	0,0022
Suwałki	8	0,1320	1	0,0043
Strzałowo	14	0,5887	0	0,0022
Białowieża	15	0,6991	0	0,0022
Krucz	17	0,9372	0	0,0022
Krotoszyn	16	0,8182	2	0,0087
Łąck	14	0,5887	0	0,0022
Chojnów	9	0,1797	6	0,0649
Zawadzkie	17	0,9372	1	0,0043
Szklarska Poręba	12	0,3939	2	0,0087
Bircza	4	0,0260	0	0,0022
Piwniczna	13	0,4848	0	0,0022

Tabela 11.2. Istotność różnic ($p \leq 0,05$) stężeń gazowych zanieczyszczeń powietrza między powierzchniami SPO MI. Wyniki testu ANOVA Kruskala-Wallisa

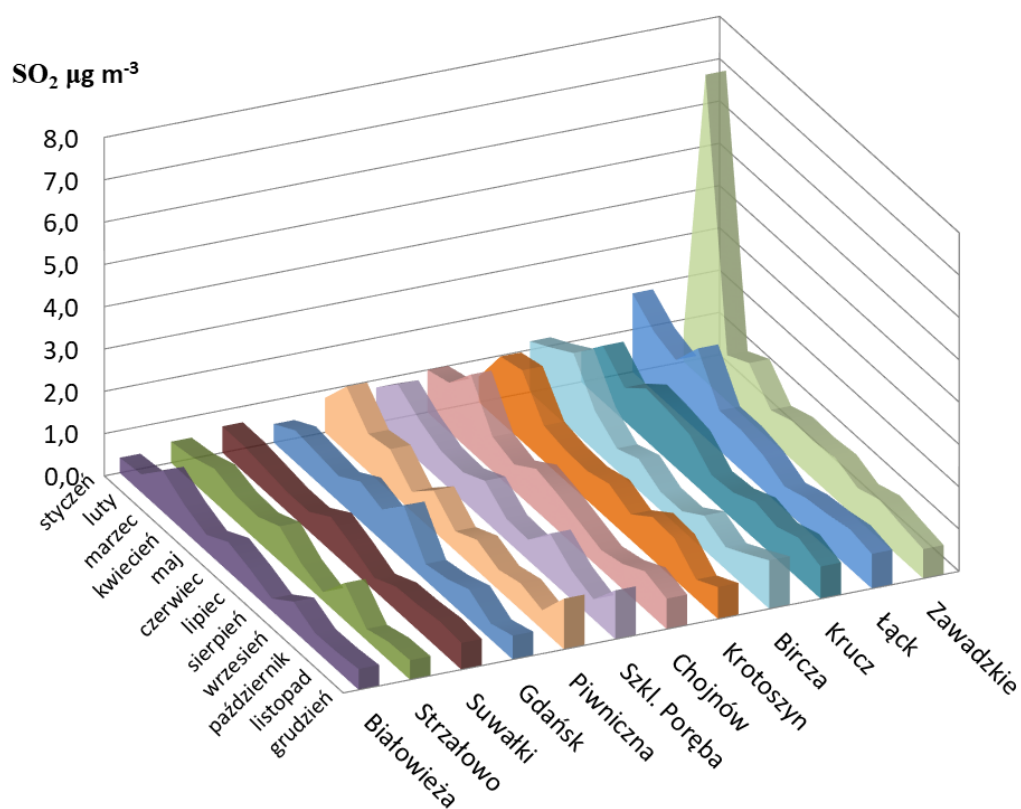
Test Kruskala-Wallisa:	NO ₂		SO ₂	
	H (11, N=144) = 65,38 p =,0000	p dla porównań dwustronnych	H (11, N=144) = 44,75 p =,0000	p dla porównań dwustronnych
	Chojnów	Gdańsk	Łąck	Suwałki
	Chojnów	Suwałki	Łąck	Strzałowo
	Chojnów	Strzałowo	Łąck	Białowieża
	Chojnów	Białowieża	Krucz	Białowieża
	Chojnów	Szklarska Poręba	Zawadzkie	Strzałowo
	Chojnów	Bircza	Zawadzkie	Białowieża
	Chojnów	Piwniczna		
	Łąck	Strzałowo		
	Łąck	Białowieża		
	Łąck	Szklarska Poręba		
	Łąck	Bircza		
	Łąck	Piwniczna		



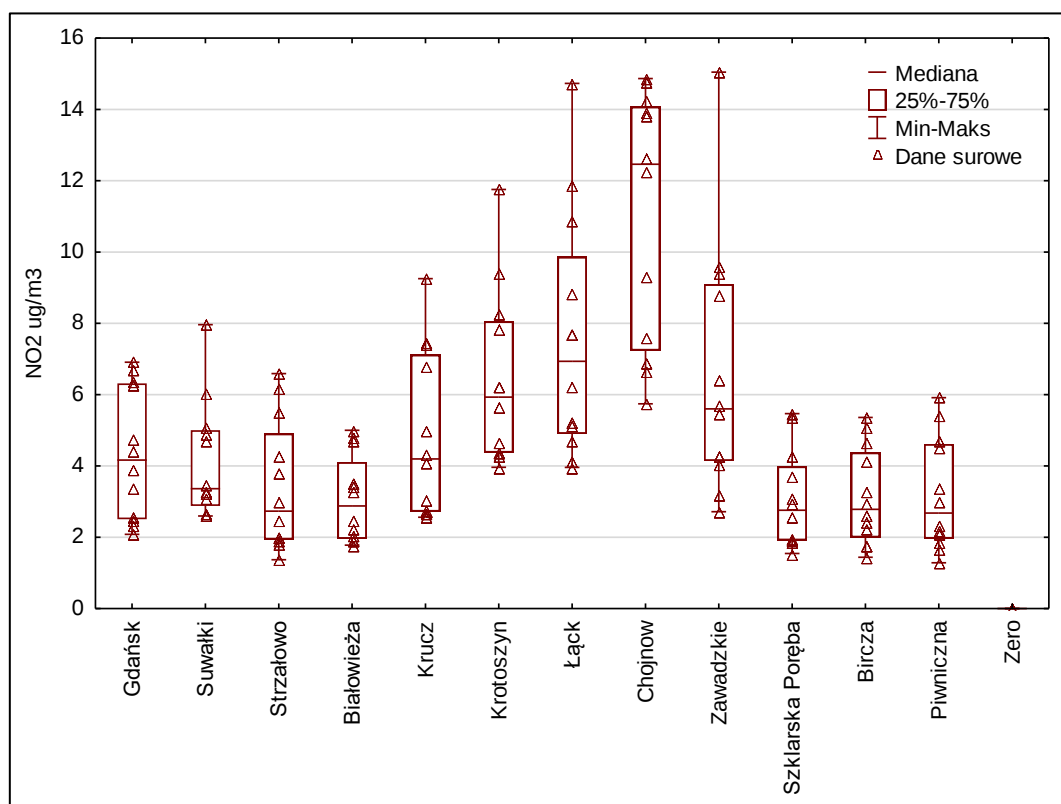
Rycina 11.1. Stężenie dwutlenku siarki w powietrzu: średnie, minima i maksima z poszczególnych miesięcy 2025 roku na SPO MI.



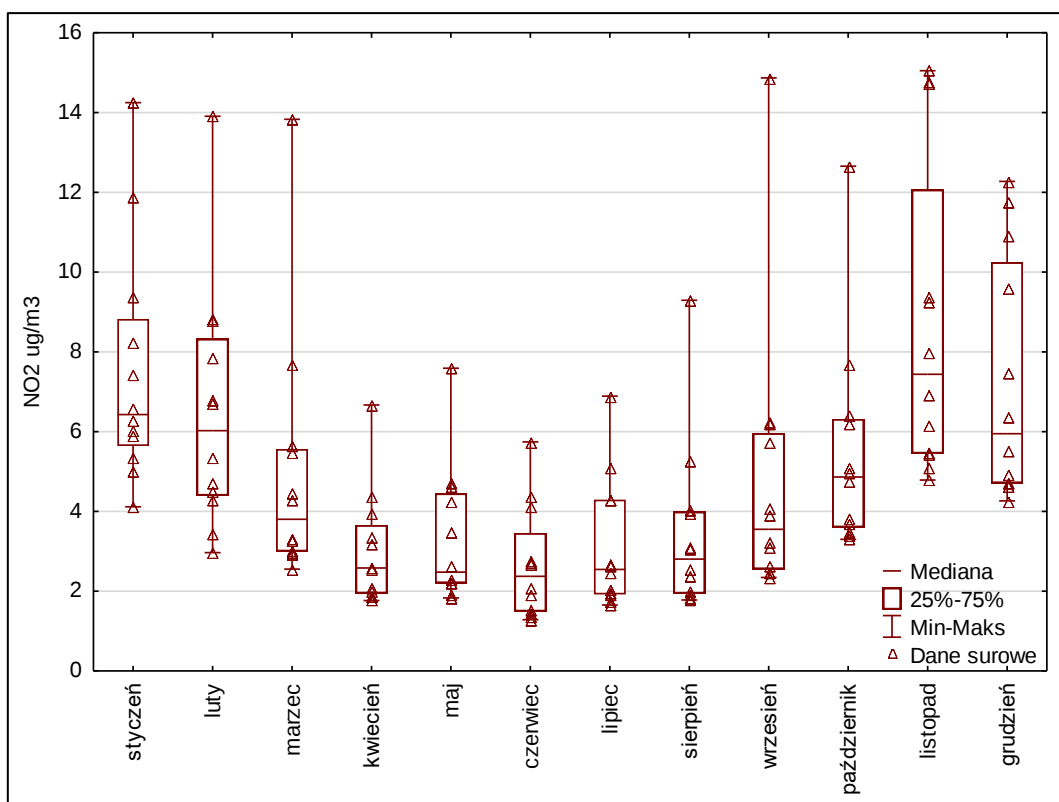
Rycina 11.2. Mediana oraz rozstęp stężenia SO₂ na SPO MI dla poszczególnych miesięcy 2025 r.



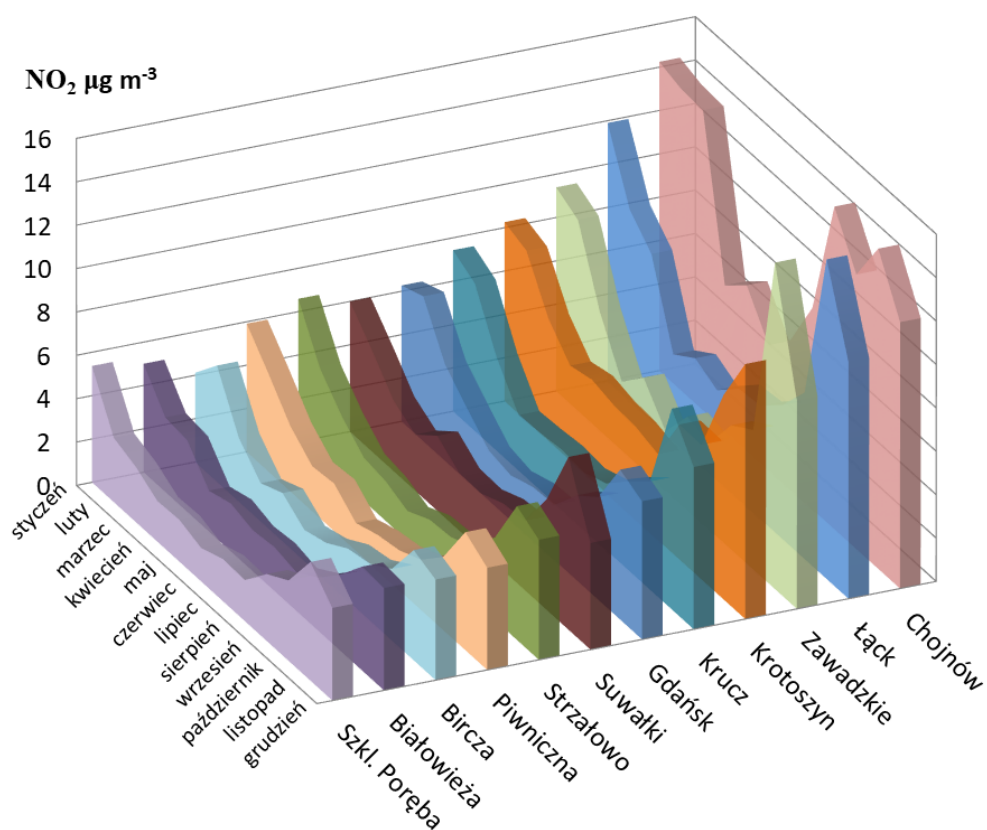
Rycina 11.3. Roczny przebieg stężenia SO_2 w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2025 r.



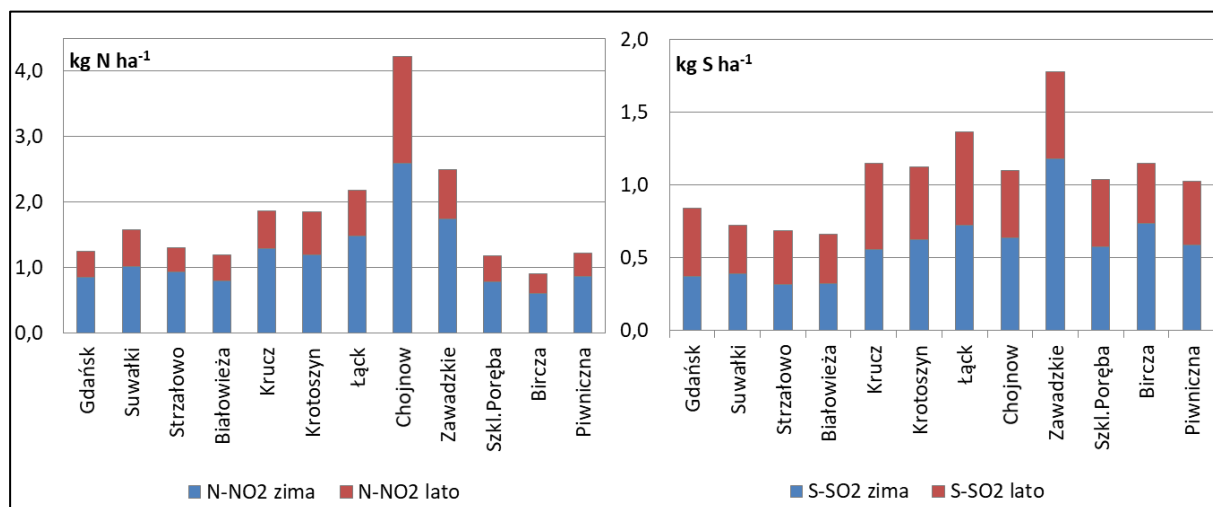
Rycina 11.4. Stężenie dwutlenku azotu w powietrzu: średnie, minima i maksima z poszczególnych miesięcy 2025 r. na SPO MI.



Rycina 11.5. Mediana oraz rozstęp stężenia NO_2 na SPO MI w poszczególnych miesiącach 2025 r.



Rycina 11.6. Roczny przebieg stężenia NO_2 w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2025 r.



Rycina 11.7. Szacunkowy roczny depozyt azotu w formie NO₂ i siarki w formie SO₂ na powierzchniach monitoringu intensywnego w 2025 r.

12. WIELKOŚĆ DEPOZYTU WNOSZONEGO Z OPADAMI ATMOSFERYCZNYMI W 2025 R. NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

Badania składu chemicznego opadów na terenach leśnych Polski prowadzone są w ramach monitoringu intensywnego w dwunastu punktach pomiarowych, zlokalizowanych w siedmiu z ośmiu krain przyrodniczo-leśnych: Bałtyckiej (Nadleśnictwo Gdańsk), Mazursko-Podlaskiej (Nadleśnictwo: Suwałki, Strzałowo, Białowieża), Wielkopolsko-Pomorskiej (Nadleśnictwo Krucz i Krotoszyn), Mazowiecko-Podlaskiej (Nadleśnictwo Łąck i Chojnów), Śląskiej (Nadleśnictwo Zawadzkie), Sudeckiej (Nadleśnictwo Szklarska Poręba) oraz Karpackiej (Nadleśnictwo Piwniczna i Bircza). Punkty pomiarowe umiejscowione są w pobliżu stałych leśnych powierzchni obserwacyjnych (SPO MI) poza zasięgiem koron drzew. Metodyka pomiarów została opracowana w roku 2009. Próbniki opadów umocowane są na wysokości około 2 m nad poziomem gruntu, na terenie wolnym od zadrzewień i innych pionowych przeszkód, z reguły w sąsiedztwie stacji meteorologicznych. Opady pobierane są do trzech niezależnych próbników, co minimalizuje ryzyko utraty próbek z powodu np. przypadkowego zanieczyszczenia lub strącenia próbника. Próbniki zbudowane są z butli z tworzywa sztucznego o pojemności 5 dm³ z lejkami o powierzchni chwytnej 201 cm². Na dnie lejków umieszczone są plastikowe siateczki o średnicy oczek 1 mm², chroniące przed zanieczyszczeniem prób szczątkami roślinnymi i owadami. Żyłki zamocowane na metalowych nierdzewnych prętach, umocowane wokół lejków, stanowią osłony przeciw ptakom. Butle gromadzące opad na czas ekspozycji umieszczone są w perforowanych osłonach – rurach z PVC, chroniących próbki przed zmianami biologiczno-chemicznymi wywoływanymi nasłonecznieniem i nadmiernym nagrzewaniem. Podejmowane środki zaradcze mają za zadanie uchronić próbki wód opadowych przed niepożądanymi przemianami składu chemicznego, które mogłyby zafałszować wyniki pomiarów depozytu. Zimą, gdy spada ryzyko zanieczyszczeń powodowanych przez ptaki, owady i wysokie temperatury, a spodziewana jest przewaga opadów w formie śniegu, próbniki zastępowane są wiadrami z polipropylenu o pojemności około 10 dm³ i powierzchni chwytnej 531 cm². Po miesięcznym okresie ekspozycji mierzona jest objętość próbek. Pobrane podpróbki umieszczone w termostatowanych pojemnikach zaopatrzonych we wkłady chłodzące są transportowane do badań do laboratorium Instytutu Badawczego Leśnictwa. Probki z trzech próbników analizowane są indywidualnie.

Wielkość opadów na otwartej przestrzeni oszacowano na podstawie objętości pobieranych próbek. Depozyt obliczono jako iloczyn stężeń poszczególnych składników i sumy opadu i wyrażono w kg ha⁻¹ oraz mol_c ha⁻¹ w jednostce czasu (miesiąc, sezon, rok). Wyrażenie stężeń i depozycji w ujęciu molowym pozwala na analizę relacji kwasowo-zasadowych w opadach,

docierających do koron drzew. Stężenia miesięczne wyznaczono z trzech równoległych próbek jako średnie arytmetyczne ważone objętością opadu. Średnie pH otrzymano na podstawie stężeń H^+ , obliczonych z przekształcenia wzoru:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

W celu oceny różnic między poszczególnymi powierzchniami pod względem wielkości opadów, ich odczynu, pojemności zobojętniania kwasów ANC oraz depozytów głównych składników (Ca, Mg, Na, K, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Al, Fe, Mn, azotu całkowitego N_{tot} , rozpuszczonego węgla organicznego RWO) zastosowano testy nieparametryczne (ANOVA rang Kruskala-Wallisa). Rozkłady danych, jak wskazały wyniki testu Shapiro-Wilka, odbiegały od normalnego. Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft Inc. 2011).

12.1. Skład chemiczny opadów

Na skład chemiczny opadów wpływa szereg czynników, na które składają się m.in. bliskość źródeł zanieczyszczeń oraz ich rozprzestrzenianie, warunki meteorologiczne (wiek i kierunek mas powietrza, temperatura, wiatr) oraz warunki topograficzne.

Cechą charakteryzującą chemizm opadów jest przewodność elektrolityczna właściwa (EC), będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości zdysocjowanych soli. Przewodność opadów osiągała średnio rocznie od 7,9 do 24,1 $\mu S\ cm^{-1}$. Miesięczne wahania wynosiły od 5,1 $\mu S\ cm^{-1}$ do 189 $\mu S\ cm^{-1}$, najniższą wartość odnotowano w Piwnicznej we wrześniu (opad 109 mm) a maksymalną w kwietniu w Kruczu (opad 6,3 mm). Wzorem lat poprzednich obserwowano tendencję do występowania wyższych wartości przewodności w okresach mniejszych sum opadów.

Mediany, rozstęp ćwiartkowy oraz minima i maksima średnich wartości miesięcznych przewodności i stężeń podstawowych składników w opadach w $mg\ dm^{-3}$ zilustrowano na rycinie 12.1.

12.2. Depozycja roczna

Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich mieścił się w granicach od 13,9 do 27,6 $kg\ ha^{-1}$ (tab. 12.1). Zmiany w stosunku do roku 2024 wyniosły od -30% do 38%. Wahań większych niż $\pm 10\%$ nie stwierdzono w Białowieży, Kruczu i Birczy. Spadek depozycji w stosunku do roku 2024 mieścił się w granicach 10-20% w Gdańsku, Suwałkach, Łącku, Zawadzkiem, Piwnicznej i Szklarskiej Porębie. Największy spadek depozycji,

o 30% nastąpił w Krotoszynie i o 21% w Chojnowie, głównie za sprawą mniejszych opadów niż rok wcześniej oraz mniejszej depozycji potasu i azotu. Wzrost o 38% w stosunku do 2024 roku odnotowano w Strzałowie, do czego przyczyniły się znacznie wyższe opady w 2025 roku wnoszące więcej potasu i azotu.

Z opadami atmosferycznymi zdeponowana została niska ilość jonów w nadleśnictwach Piwniczna, Białowieża i Bircza ($13,9 - 17,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Suma rocznej depozycji na pozostałych SPO MI z wyjątkiem Gdańska wynosiła od $18,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ do $23,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W Gdańsku depozyt był najwyższy i wynosił $27,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Na tak wysoką depozycję – wynikającą głównie z dużej sumy rocznej opadów i z cyrkulacji mas powietrza – w Gdańsku składały się przede wszystkim jony Cl^- i Na^+ pochodzenia przeważnie morskiego, stanowiące aż 40% rocznej depozycji. Na pozostałych powierzchniach ich udział wahał się od 14% do 27% depozycji i 33% w Szklarskiej Porębie.

Suma depozycji w okresie zimowym stanowiła od 17 do 47% depozycji rocznej na większości SPO MI oraz 58% w Szklarskiej Porębie, gdzie opady śniegu zazwyczaj są intensywne i obfite (ryc. 12.2). W 2025 na większości powierzchni depozycja zimowa była niższa niż w okresie letnim. Na miesiące letnie przypadało od 58% do 84% sumy rocznej opadu.

Pomiędzy niektórymi SPO MI wystąpiły istotne różnice szczególnie w depozycji Na i Cl^- (tab. 12.2). W Gdańsku składniki pochodzenia morskiego (Na i Cl^-) były zdeponowane w istotnie wyższych ilościach niż w częściach kraju bardziej oddalonych od wpływów morskich: w nadleśnictwach Chojnow, Białowieża, Piwniczna i Zawadzkie.

12.3. Depozyt pierwiastków śladowych

Sumaryczny depozyt pierwiastków śladowych, tj. żelaza, manganu, glinu oraz metali ciężkich: cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w kg ha^{-1} , wynosił od 1,1 do 2,5% depozytu rocznego wszystkich składników. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,7 do 1,8% depozytu rocznego, tj. od $0,15$ do $0,39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Największe ilości metali ciężkich zanotowano na SPO MI w Łącku i Chojnowie (odpowiednio $0,39$ i $0,31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Na powierzchniach w Gdańsku, Szklarskiej Porębie, Piwnicznej Zawadzkiem i Białowieży depozycja metali ciężkich wahała się od $0,21$ do $0,24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W Birczy, Krotoszynie, Kruczu i Suwałkach zostało zdeponowane $0,18 - 0,20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, a najmniej - $0,15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ w Strzałowie. Poniżej 1% wynosił udział metali ciężkich w depozycie w Strzałowie, Kruczu, Gdańsku i Suwałkach, natomiast w Krotoszynie, Szklarskiej Porębie, Zawadzkiem i Birczy osiągał do 1,1%. W Białowieży, Chojnowie i Piwnicznej wynosił poniżej 1,5%, a 1,8% w Łącku.

Wyniki depozycji metali ciężkich obarczone są stosunkowo dużą niepewnością, wynikającą po pierwsze z problemów analitycznych oznaczeń na poziomie stężeń śladowych, po drugie – i zapewne najważniejsze – ze stosowanej metodyki pobierania próbek. Wpływ sposobu pobierania próbki (szklane vs. plastikowe pojemniki) i przygotowania jej do badań (zakwaszenie lub niezakwaszenie przed pobraniem próbki do analiz) ma kluczowe znaczenie dla uzyskiwanych wyników, zwłaszcza kadmu, ołowiu i cynku (Degórska i in. 2011). W przypadku SPO MI można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że oszacowana depozycja metali śladowych jest zaniżona.

12.4. Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych

Właściwości charakteryzujące status kwasowo-zasadowy wód opadowych są mierzone i wyrażane w różnoraki sposób. Podstawową najpowszechniej oznaczaną cechą wód jest odczyn wyrażony w jednostkach pH.

W opadach na SPO MI średnie pH mieściło się w granicach od 5,2 do 6,1, z medianami dla poszczególnych lokalizacji od 5,5 do 6,4 (ryc. 12.3). Minimalną wartość osiągnęło we wrześniu w Zawadzkiem a maksymalną w kwietniu w Kruczu.

Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 wyniósł 6% i z ponad dziesięcioletnich pomiarów wynika, że udział ten sukcesywnie spada. Co charakterystyczne i raczej niezmiennie od lat, opady o pH niższym od 5,5 przeważają w miesiącach zimowych (ryc. 12.4). Średnio w okresie zimowym na większości powierzchni pH opadów było niższe niż w okresie letnim (ryc. 12.5), z wyjątkiem Suwałk, Krotoszyna, Zawadzkiego i Birczy. W Kruczu, Piwnicznej i Białowieży różnica odczynu opadów zimą i latem była nieznaczna.

Najwyższa kwasowość opadów mierzona średnią roczną wartością pH wystąpiła na Śląsku w Zawadzkiem (pH 5,2), w rejonach górskich: w Sudetach w Szklarskiej Porębie (pH 5,5) i w Beskidach w Piwnicznej (pH 5,3) i Birczy (pH 5,6), a także w Kruczu (pH 5,5) (ryc. 12.5). W Strzałowie, Gdańsku i Suwałkach pH opadów wynosiło średnio 5,8, w Białowieży i Krotoszynie 5,9, w Łącku 6,0, a w Chojnowie 6,1.

Pojemność zubożniania kwasów (ANC, [$\mu\text{eq dm}^{-3}$]) jest miarą zdolności roztworów do zubożniania mocnych kwasów. Jest wyliczana z równania:

$$ANC = \sum \text{kationy mocnych zasad} - \sum \text{aniony mocnych kwasów}$$

gdzie:

$$\sum \text{kationy mocnych zasad} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^{+}] + [\text{K}^{+}],$$

$$\sum \text{aniony mocnych kwasów} = [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^{-}] + [\text{Cl}^{-}].$$

Dokładność wyznaczenia ANC jest zatem w znacznym stopniu zależna od dokładności oznaczenia stężeń jonów mocnych kwasów i mocnych zasad w próbkach opadów. W porównaniu do pH pojemność zobojętniania kwasów (ANC) nie jest zależna od wymiany CO₂ z powietrzem, od reakcji z jonami glinu czy obecności jonów organicznych (Neal i in. 1999), co czyni ten wskaźnik szczególnie użytecznym w ocenie zakwaszenia środowiska (Neal i in. 1999, Chapman i in. 2008).

Ujemne wartości ANC są wskaźnikiem nadmiarowej ilości jonów mocnych kwasów w opadach, zaś dodatnie – nadmiarowej ilości mocnych zasad. Na SPO MI ponad połowa miesięcznych opadów przyjmowała ujemne wartości ANC (ryc. 12.6), z czego więcej przypadało na okres zimowy (34% próbek pobranych w ciągu roku) niż letni (23% próbek pobranych w ciągu roku). ANC półrocza zimowego było przeważnie niższe niż w półroczu letnim (ryc. 12.7). Średnio rocznie ANC osiągnęło wartość dodatnią w Chojnowie, Łącku, Gdańsku, Suwałkach, Strzałowie i Białowieży. Na pozostałych powierzchniach średnio rocznie ANC było ujemne, a niskie wartości wystąpiły w Zawadzkiem i Kruczu (odpowiednio -23,0 i -14,8 $\mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$).

Udział jonów o charakterze zakwaszającym (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ i NH₄⁺) w depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego (H⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Ca, Na, K, Mg, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd i Pb) wynosił od 47% do 71%. Spośród SPO MI powierzchnie w Kruczu, Zawadzkiem, Krotoszynie, Szklarskiej Porębie i Strzałowie miały szczególnie wysoki udział jonów o charakterze zakwaszającym (66 – 71%). W Łącku i Chojnowie udział ten przekraczał 60%, a zjawisku temu towarzyszył dość niski udział jonów o charakterze zasadowym (do 38%). Niższy udział depozycji jonów o charakterze zakwaszającym występował w Białowieży, Piwnicznej, Gdańsku, Suwałkach i Birczy (47% – 57%), przy jednocześnie dość wysokim udziale jonów o charakterze zasadowym (39% – 50%).

Na każdej powierzchni, z wyjątkiem Białowieży, w depozycie rocznym w roku 2025, podobnie jak w roku poprzednim, dominowały jony kwasotwórcze (ryc. 12.8), a ich przewaga nad jonami zasad była ponad dwukrotna w Strzałowie, Kruczu, Krotoszynie, Szklarskiej Porębie i Zawadzkiem.

LITERATURA:

- Chapman, P. J., Clark, J. M., Reynolds, B & Adamson, J. K., (2008). The influence of organic acids in relation to acid deposition in controlling the acidity of soil and stream waters on a seasonal basis. *Environmental Pollution*, 152, 110-120.
- Degórska, A., Białoskórska, U., & Typiak-Nowak, D., (2011). Metodyczne aspekty pobierania próbek opadów do oznaczania zawartości metali ciężkich. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 12, 21–29.
- Neal, C., Reynolds, B. & Robson, A. J., (1999). Acid neutralising capacity measurements within natural waters: towards a standardised approach. *The Science of the Total Environment*, 243/244, 233-241.
- StatSoft, Inc., (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10.
www.statsoft.com.

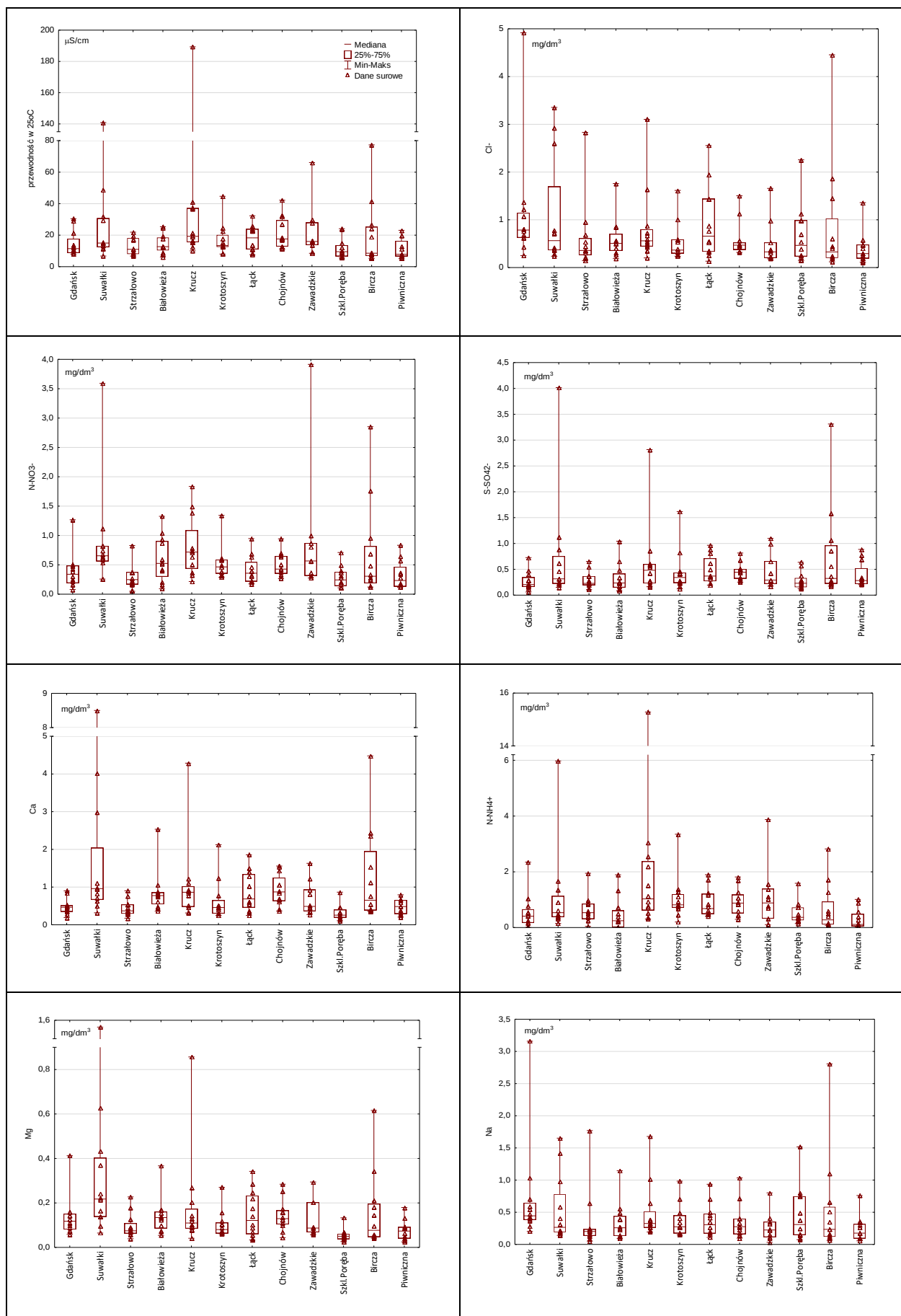
Tabela 12.1. Depozyt roczny [kg ha⁻¹] (bez RWO) wniesiony z opadami na SPO MI w 2025 r. RWO - rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity

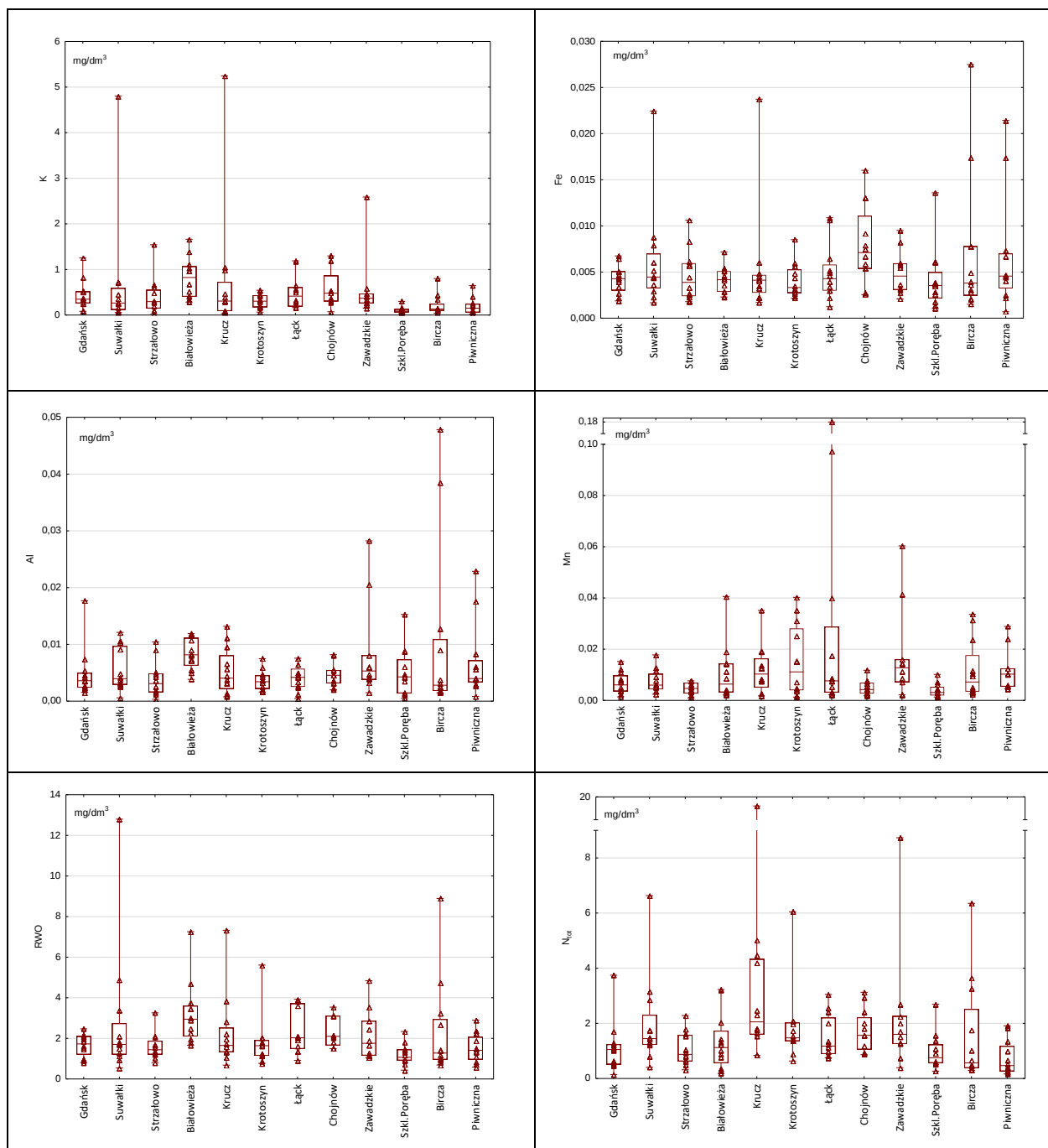
Parametr	Gdańsk	Suwałki	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Krotoszyn	Łąck	Chojnów	Zawadzkie	Szkl. Poręba	Bircza	Piwniczna
Opad [mm]	788	529	708	504	431	568	558	426	549	1067	647	776
H ⁺	0,012	0,009	0,01	0,007	0,014	0,007	0,006	0,003	0,033	0,033	0,015	0,036
Cl ⁻	6,78	3,24	3,16	2,10	2,48	2,30	4,35	2,20	1,70	4,44	2,85	2,02
N-NO ₃ ⁻	2,27	2,95	1,54	1,93	3,00	2,51	1,59	2,07	3,57	2,13	2,07	1,58
S-SO ₄ ²⁻	1,63	1,65	1,74	1,05	1,68	1,67	1,93	1,84	1,64	2,25	2,41	2,13
N-NH ₄ ⁺	3,47	2,75	5,15	1,11	6,28	4,22	3,88	4,37	4,20	4,61	1,96	1,15
Ca	3,13	4,78	2,73	3,24	3,16	2,95	4,01	4,24	2,62	2,72	4,47	3,15
Mg	0,94	1,06	0,59	0,53	0,58	0,49	0,64	0,68	0,48	0,50	0,54	0,44
Na	4,31	1,72	1,67	1,15	1,51	1,51	1,41	1,16	1,02	2,91	1,73	1,25
K	3,58	1,43	2,70	4,13	2,13	1,68	2,22	3,32	2,52	1,07	0,86	1,07
Fe	0,030	0,024	0,029	0,019	0,017	0,021	0,020	0,038	0,021	0,031	0,025	0,030
Al	0,033	0,025	0,022	0,036	0,018	0,020	0,017	0,022	0,031	0,048	0,029	0,033
Mn	0,044	0,037	0,028	0,032	0,047	0,091	0,113	0,019	0,081	0,044	0,043	0,063
Cd	0,0005	0,0002	0,0003	0,0004	0,0003	0,0006	0,0005	0,0003	0,0008	0,0003	0,0006	0,0004
Cu	0,032	0,020	0,020	0,028	0,024	0,027	0,049	0,028	0,025	0,035	0,018	0,026
Pb	0,005	0,004	0,005	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002	0,005	0,010	0,004	0,006
Zn	0,205	0,161	0,125	0,177	0,166	0,168	0,337	0,278	0,177	0,195	0,179	0,182
RWO	11,3	7,9	9,9	12,7	7,2	7,8	9,6	10,0	8,6	10,4	8,4	8,7
N _{tot}	6,9	6,7	7,7	4,0	11,5	7,9	6,4	8,0	8,7	8,1	4,7	3,5
Depozyt całkowity	27,6	20,8	20,6	16,6	23,3	18,9	21,5	21,8	19,1	22,4	17,9	13,9

Tabela 12.2. Wyniki testów istotności różnic między SPO MI pod względem wielkości opadu na otwartej przestrzeni i depozycji głównych składników. Czcionką pogrubioną zaznaczono wartości prawdopodobieństwa testowego p mniejsze od poziomu istotności $\alpha=0,05$

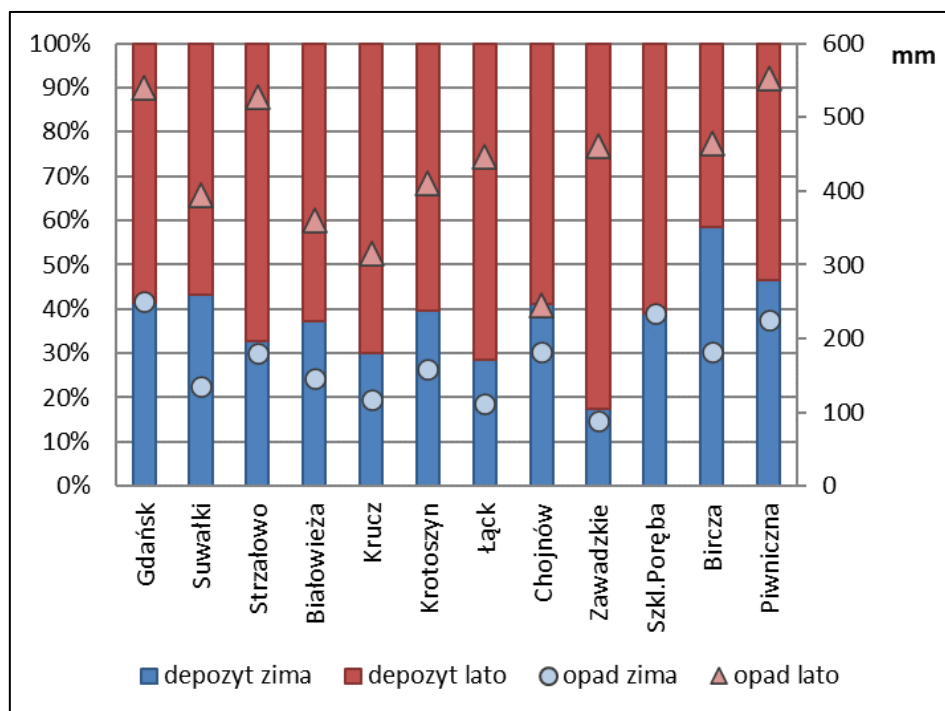
*- wymieniono pary powierzchni o różnicach istotnych przy $\alpha=0,05$

	Test Kruskala-Wallisa H(11, N= 144)	Porównania wielokrotne (dwustronne)*		
	p	Nadleśnictwo		p
opad	0,3236	-	-	
H ⁺	0,0002	Chojnów	Szkl.Poręba	0,0028
		Chojnów	Piwniczna	0,0008
		Łąck	Piwniczna	0,0350
Cl ⁻	0,0055	Gdańsk	Piwniczna	0,0407
N-NO ₃ ⁻	0,1450	-	-	-
S-SO ₄ ²⁻	0,0527	Bircza	Białowieża	0,0172
N-NH ₄ ⁺	0,0000	Krotoszyn	Białowieża	0,0027
		Krotoszyn	Piwniczna	0,0026
		Krucz	Piwniczna	0,0099
		Krucz	Białowieża	0,0103
		Szkl.Poręba	Piwniczna	0,0497
Ca	0,2753	-	-	-
Mg	0,1212	-	-	-
Na	0,0008	Gdańsk	Białowieża	0,0303
		Gdańsk	Chojnów	0,0204
		Gdańsk	Zawadzkie	0,0217
		Gdańsk	Piwniczna	0,0365
K	0,0466	-	-	-
Fe	0,3710	-	-	-
Al	0,0301	-	-	-
Mn	0,0959	-	-	-
RWO	0,5691	-	-	-
N _{tot}	0,0099	Krotoszyn	Piwniczna	0,0358
		Krucz	Piwniczna	0,0386
Zasadowość	0,0304	-	-	-
ANC	0,0024	-	-	-

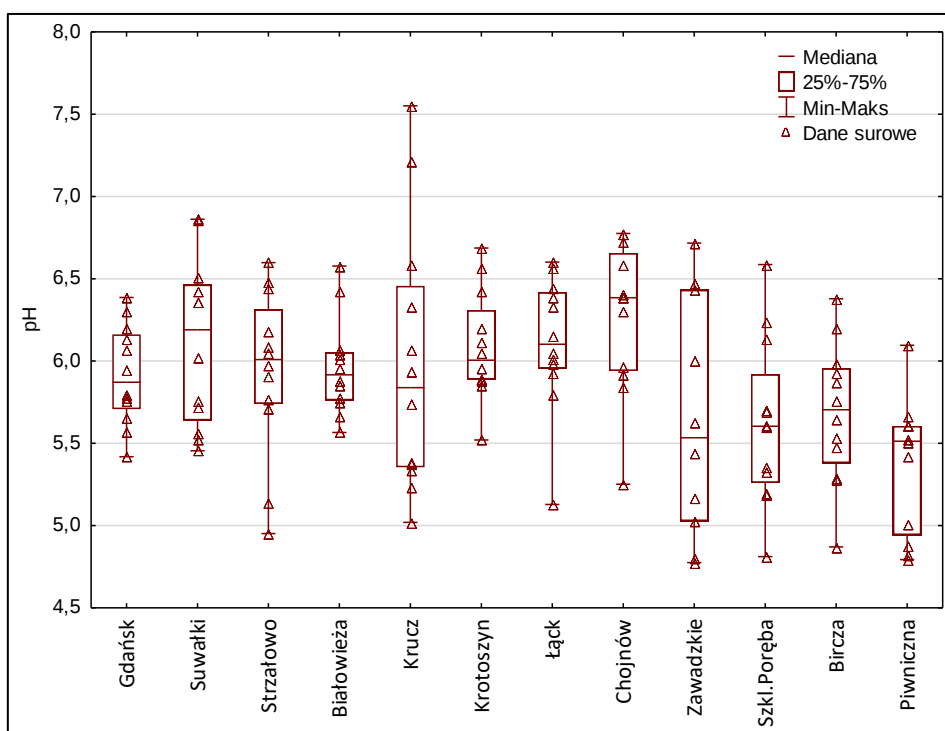




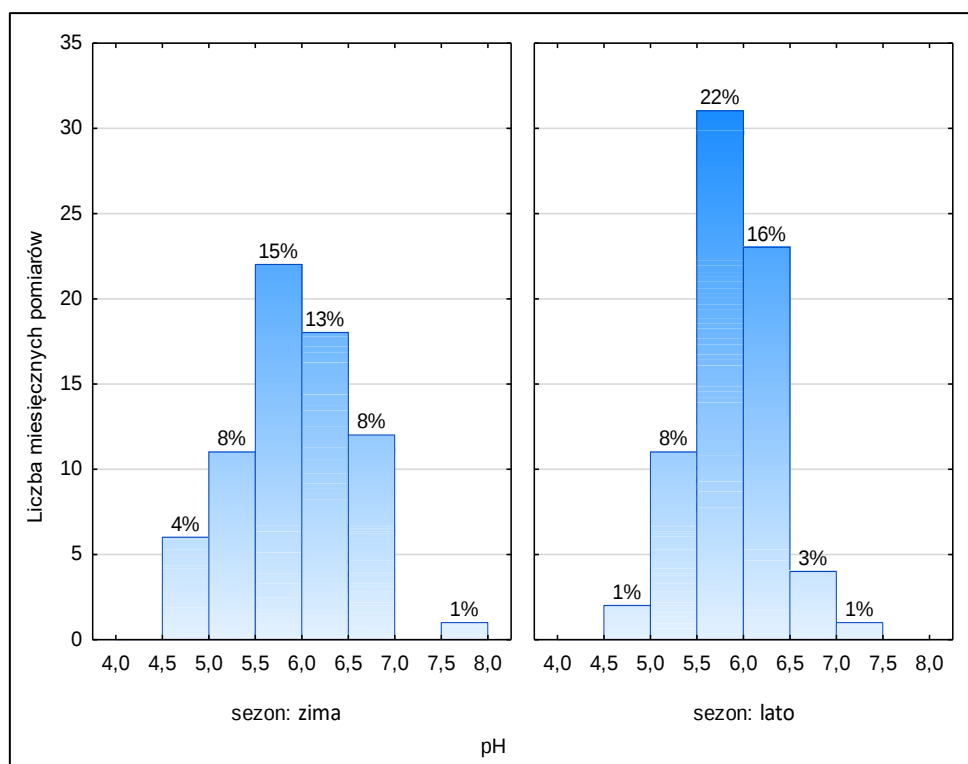
Rycina 12.1. Przewodność [$\mu\text{S cm}^{-1}$] i stężenie składników: Cl^- , S-SO_4^{2-} , N-NO_3^- , N-NH_4^+ , Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Mn, rozpuszczonego węgla organicznego RWO i azotu całkowitego Ntot [mg dm^{-3}] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2025 r.



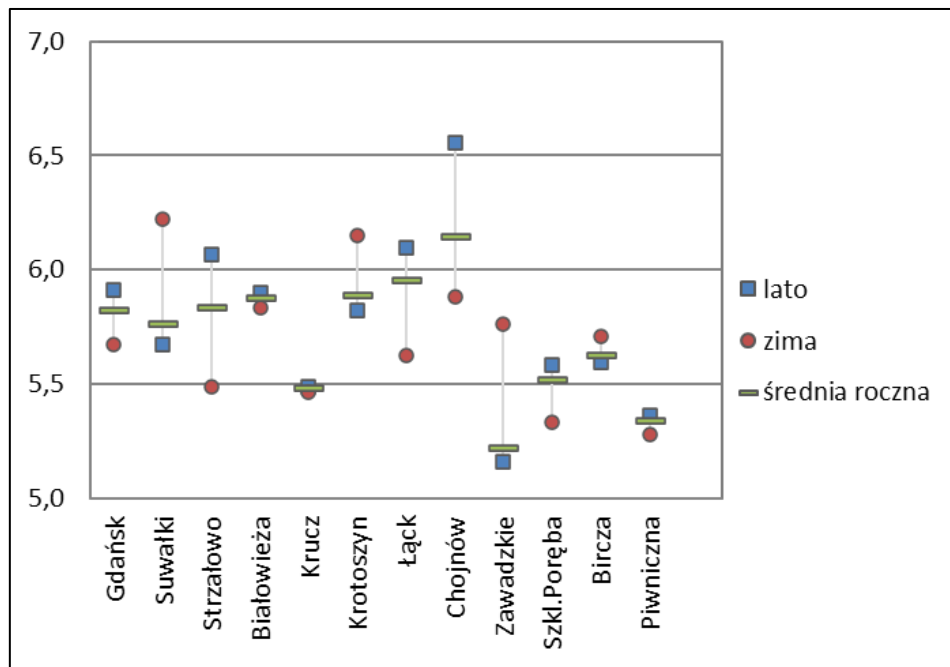
Rycina 12.2. Suma opadu bezpośredniego [mm] (prawa oś) oraz udział depozytu w sezonie letnim (V-X) i zimowym (I-IV, XI-XII) na SPO MI w 2025 r.



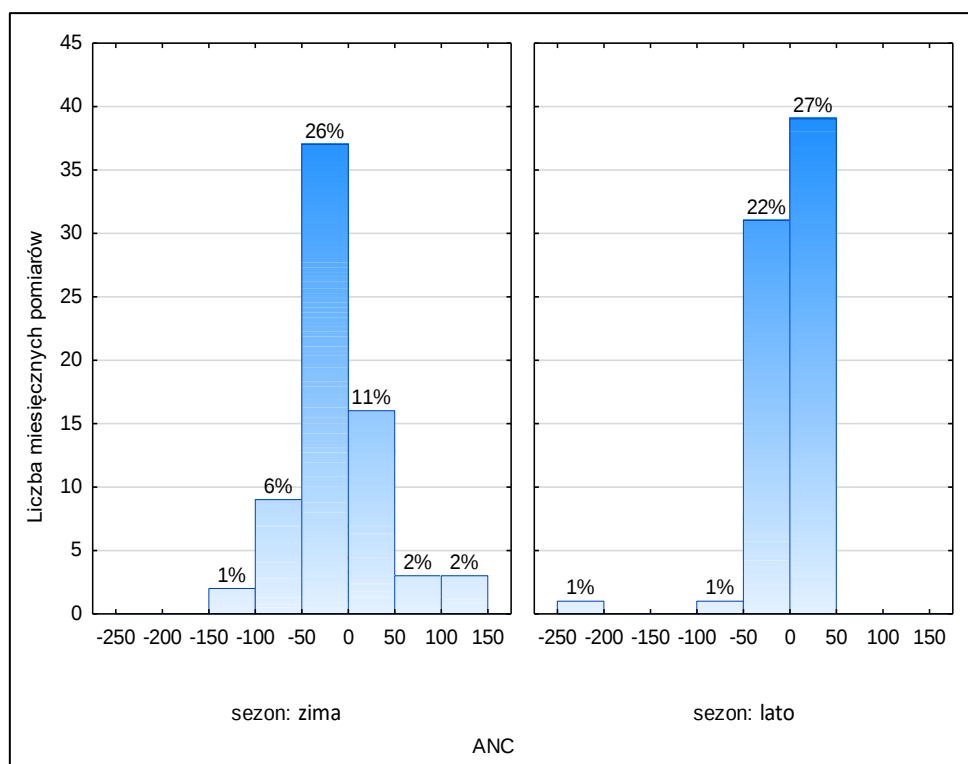
Rycina 12.3. pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2025 r.



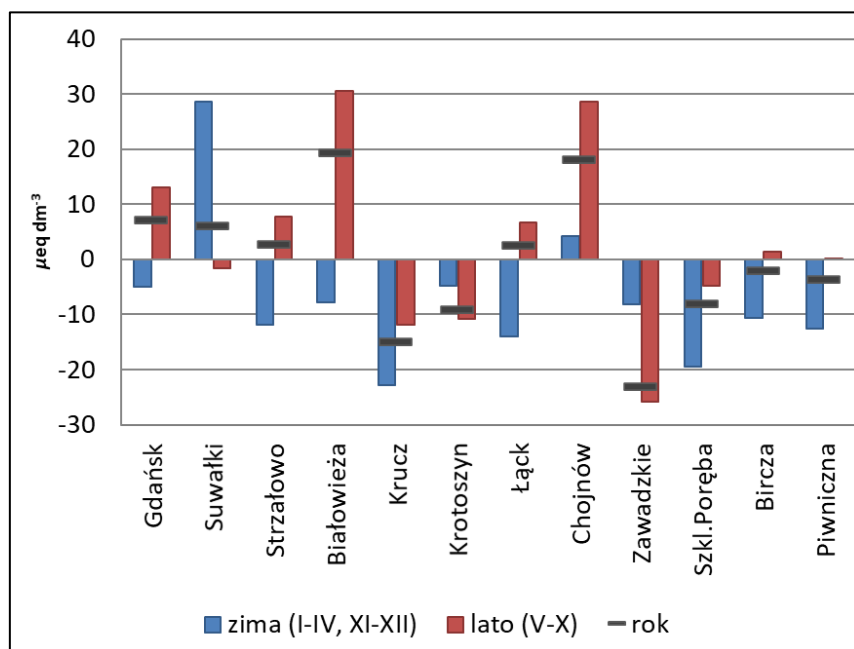
Rycina 12.4. Histogram pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w sezonie letnim (maj-październik) i zimowym (styczeń-kwiecień, listopad-grudzień) w 2025 r.



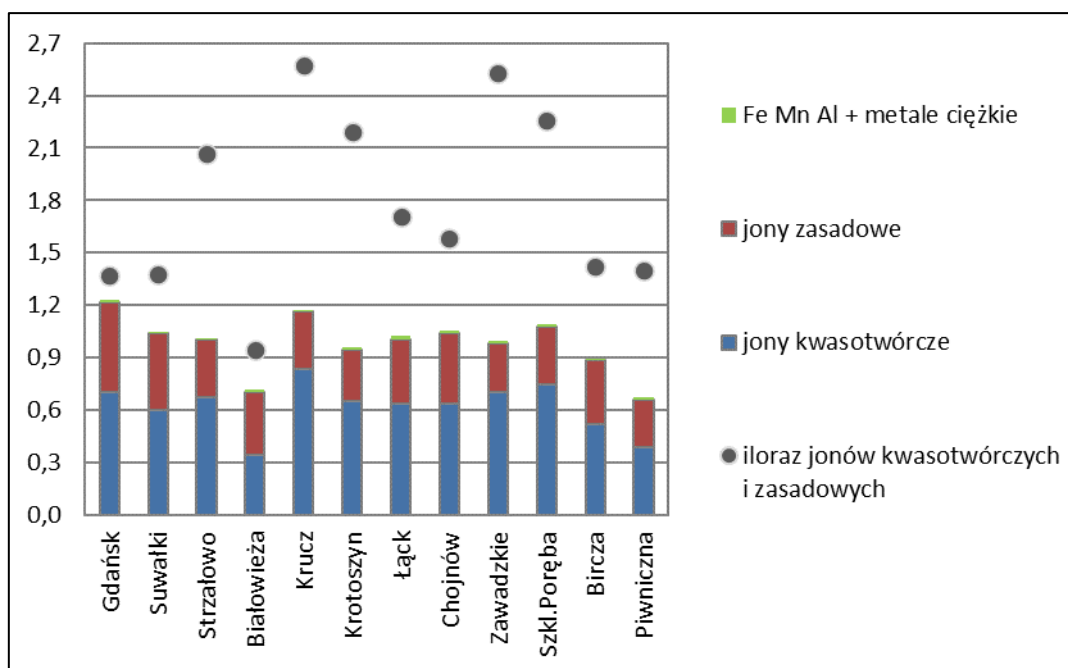
Rycina 12.5. Średnie pH roczne, sezonu letniego (V-X) i zimowego (I-IV i XI-XII) na SPO MI w 2025 r. w opadach na otwartej przestrzeni



Rycina 12.6. Histogram ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni w sezonie letnim (maj-październik) i zimowym (styczeń-kwiecień, listopad-grudzień) w 2025 r.



Rycina 12.7. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI średnio od stycznia do grudnia, średnio w okresie zimowym (miesiące I-IV i XI-XII) i letnim (V-X) w 2025 r.



Rycina 12.8. Ładunek jonów [kmol_c ha⁻¹] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2025 r.

13. OPADY PODKORONOWE W 2025 R. NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

Substancje transportowane przez opady atmosferyczne są dostarczane do dna lasu w formie opadów podkoronowych. Dodatkowo trafia do gleby pewna pula pierwiastków, których źródłem są procesy interakcji opadów z koronami drzew. Opady są wzbogacane poprzez wymywanie części składników z tkanek roślinnych i zmywanie z powierzchni aparatu asymilacyjnego suchej depozycji. Równocześnie pierwiastki są pobierane z opadów przez tkanki roślinne bądź sorbowane na powierzchniach roślin, zwłaszcza na korze pni i gałęzi (ryc. 13.1). Opady podkoronowe różnią się od opadów atmosferycznych zarówno pod względem ilości, jak i składu chemicznego. Ich badanie dostarcza istotnych informacji o obiegu pierwiastków w środowisku leśnym.

W 2025 roku kontynuowano badania ilości opadu, stężeń składników oraz ich depozycji na dwunastu stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI). Pięć powierzchni zlokalizowano w drzewostanach z sosną jako gatunkiem panującym (nadleśnictwa: Strzałowo, Białowieża, Krucz, Chojnów i Zawadzkie), trzy w drzewostanach świerkowych (nadleśnictwa: Suwałki, Szklarska Poręba i Piwniczna), dwie w dębowych (nadleśnictwa Łąck i Krotoszyn) oraz dwie w bukowych (nadleśnictwa Gdańsk i Bircza).

Próbki opadu pobierano z miesięczną częstotliwością do 25 próbników rozmieszczonych w sposób systematyczny na każdej SPO MI. Próbniki zbudowane są z polietylenowych butli o pojemności 5 dm³ z lejkami o powierzchni chwytnej 201 cm². Liczba próbników jest uzasadniona wysoką zmiennością przestrzenną składników dostarczanych z opadami (Kowalska i in. 2016). Siateczki z tworzywa sztucznego o drobnych oczkach, umieszczone w dnie lejków, chronią zawartość butli przed zanieczyszczeniami organicznymi. Butle umocowane są w osłonie rur PCV, które mają za zadanie podtrzymywać próbki oraz chronić próbki wody przed światłem słonecznym, wywołującym niepożądane zmiany składu chemicznego. W okresie zimowym, przy spodziewanej przewadze opadów śniegu, próbki zastępowane są sześcioma wiadrami z tworzywa sztucznego o pojemności około 24 dm³ i powierzchni chwytnej 784 cm². Próbkę wody po pobraniu są transportowane do laboratorium Instytutu Badawczego Leśnictwa w termostatowanych pojemnikach zaopatrzonych we wkłady chłodzące. Próbkę opadu w okresie letnim były łączone do badań do pięciu prób zbiorczych, zaś próbki zimowe analizowano indywidualnie.

Wielkość opadów podkoronowych została określona na podstawie objętości zebranych prób i powierzchni chwytnej próbników. W sytuacjach uniemożliwiających określenie objętości

próbek, np. podczas ekstremalnych opadów przy przelaniu próbników, objętości próby szacowano według jednej z możliwych procedur:

- przyjęcie za objętość próby maksymalnej pojemności kolektora,
- określenie objętości przez porównanie z wielkością opadów na otwartej przestrzeni, lub
- określenie objętości przez porównanie z danymi meteorologicznymi ze stacji automatycznych.

Stężenia miesięczne wyznaczono jako średnie ważone objętością opadu z pięciu (latem) bądź sześciu (zimą) próbek pobieranych równolegle. Średnie pH obliczono ze stężenia H^+ , otrzymanego z przekształcenia wzoru:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Iloczyn stężeń poszczególnych składników i sumy opadu posłużył do obliczenia depozycji wyrażonej w $kg\ ha^{-1}$ oraz $mol_c\ ha^{-1}$ w jednostce czasu (miesiąc, sezon, rok). Wyrażenie stężeń i depozycji w formie ładunków molowych umożliwia analizę stosunków kwasowo-zasadowych w opadach. Okres zimowy umownie odnosi się do miesięcy od stycznia do kwietnia oraz od listopada do grudnia, zaś okres letni trwa od maja do października.

W celu oceny różnic między poszczególnymi powierzchniami pod względem wielkości opadów oraz depozytów głównych składników (H^+ , Ca, Mg, Na, K, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Al, Fe, Mn, RWO, Ntot) zastosowano testy nieparametryczne (ANOVA rang Kruskala-Wallisa) ze względu na brak zgodności rozkładów danych z rozkładem normalnym (test Shapiro-Wilka). Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft Inc. 2011).

13.1. Skład chemiczny opadów podkoronowych

Średnia przewodność elektrolityczna właściwa będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości jonów w wodach w 2025 roku przyjmowała miesięcznie wartości od 11,4 do 117 $\mu S\ cm^{-1}$ (ryc. 13.2). W opadach podkoronowych w niemal wszystkich przypadkach wartości przewodności były wyższe niż w opadach docierających do koron (por: rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych”). Wartości przewodności były zależne od ilości opadów w badanym okresie. Dla okresów z sumą opadów mieszczącą się w dolnym kwartyle (poniżej 17,5 mm $m\cdot c^{-1}$) mediana przewodności wynosiła 52,8 $\mu S\ cm^{-1}$, podczas gdy w okresach z sumą opadów w zakresie górnego kwartyle (powyżej 56,9 mm $m\cdot c^{-1}$) przewodność była o wiele niższa (mediana równa 19,8 $\mu S\ cm^{-1}$). W okresach niskich opadów zanieczyszczenia dostarczane

z wodą opadową i spłukiwane oraz wymywane z liści były obecne w próbkach w dużych stężeniach, zaś wysokim opadom towarzyszył tzw. efekt rozcieńczenia.

Zakresy stężeń miesięcznych [$\text{mg dm}^{-3} \text{ m}^{-1}$], mediany i zakres kwartylowy dla podstawowych składników opadów podkoronowych przedstawiono na rycinie 13.2.

13.2. Depozyt podkoronowy

Roczny depozyt podkoronowy wyliczono jako sumę depozycji azotu całkowitego (N_{tot}), jonów wodorowych, chlorków, siarczanów (VI), jonów wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich.

Do gleby wpłynął ładunek substancji od 1,3 do 3,6 razy większy niż z opadem na otwartej przestrzeni (por. rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych”). Stosunkowo niskie wzbogacenie pod okapem miało miejsce w drzewostanach sosnowych w Chojnowie i w Kruczu (1,3 – 1,7-krotnie), w Strzałowie (sosna), w dąbrowie w Łącku, buczynie w Gdańsku i w świerczynie w Szklarskiej Porębie (2,0 – 2,2-krotnie), a także w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem i Białowieży oraz w buczynie w Birczy (2,4 – 2,8-krotnie). Opady podkoronowe były bardziej wzbogacone w stosunku do opadów bezpośrednich (od 3,2 do 3,6-krotnie) w drzewostanach świerkowych w Piwnicznej i Suwałkach i w dąbrowie w Krotoszynie.

Depozyt podkoronowy na SPO MI mieścił się w zakresie od 30,0 do 73,2 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (tab. 13.1). Był wysoki w świerczynie w Suwałkach i w dąbrowie w Krotoszynie – odpowiednio 73,2 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ i 68,1 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W buczynie w Gdańsku wynosił 54,2 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (łącznie ze spływem po pniu), a w drzewostanie bukowym w Birczy (również łącznie ze spływem po pniu), w świerczynach w Szklarskiej Porębie i w Piwnicznej, drzewostanach sosnowych w Białowieży, Zawadzkiem i Strzałowie oraz w dąbrowie w Łącku mieścił się w zakresie 42,4 – 48,9 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W Kruczu i Chojnowie (sosna) osiągał wartości odpowiednio: 30,0 i 38,0 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

W opadach podkoronowych występowało więcej istotnych różnic pomiędzy SPO MI niż w opadach na otwartej przestrzeni (tab.13.2). Różnice dotyczyły nieco innych składników niż w opadach na otwartej przestrzeni, uwidaczniając wpływ koron na skład depozycji. Powierzchnie w Krotoszynie, na Śląsku (Zawadzkie), w podkarpackiej Birczy i w Sudetach w Szklarskiej Porębie różniły się istotnie od powierzchni Polski północno-wschodniej (Białowieża, Strzałowo) i od SPO Krucz w Wielkopolsce pod względem depozycji S-SO_4^{2-} , tj. składnika, wskazującego na zakwaszenie opadów.

Wpływy depozycji morskiej zauważane w opadach na otwartej przestrzeni w rejonach nadmorskich (Gdańsk) oraz w mniejszym stopniu w Sudetach (Szklarska Poręba) zaznaczają się także pod okapem drzewostanów w istotnie wyższej depozycji Cl^- i Na^+ niż na obszarach np. Podkarpacia (Bircza), Beskidów (Piwniczna) czy Mazowsza (Łąck). Znaczną depozycję soli pochodzenia morskiego odnotowano również pod okapem w Suwałkach.

13.3. Depozyt pierwiastków śladowych w opadach podkoronowych

Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,44 do 1,53 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, co odpowiadało od 0,9% do 3,4% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Najwyższy udział omawianych metali w depozycie ogólnym stwierdzono w Łącku, przy czym w depozycie metali śladowych ponad 60% udziału miał Mn. Mangan jest pierwiastkiem łatwo ulegającym wymywaniu z koron drzew i jego stężenia w opadach podkoronowych mogą wielokrotnie przewyższać stężenia w opadach atmosferycznych (Kowalska i Janek 2009). Wysoki udział Mn w depozycie podkoronowym tłumaczy się częściowo dużym udziałem tego składnika w depozycie na otwartej przestrzeni w Łącku, w porównaniu do innych powierzchni (por. rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych”, tab. 12.1).

Udział samych metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, i Cd) stanowił w sumie rocznego depozytu od 0,3 do 1,0%. Na poszczególnych powierzchniach depozyt metali ciężkich wyniósł od 0,16 do 0,41 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, z czego od 82 do 88% stanowił Zn.

13.4. Właściwości kwasowo-zasadowe opadów podkoronowych

Obniżone pH, tj. niższe niż 5,0 występowało na przestrzeni roku stosunkowo rzadko, bo jedynie w 6% miesięcznych próbek opadów. Opady o pH poniżej 5,5 występowały dwukrotnie częściej w okresie zimowym niż letnim (ryc. 13.3), a szczególnie w styczniu, lutym i grudniu. Latem miały miejsce przeważnie między lipcem a wrześniem.

Średnio rocznie pH poniżej 5,5 występowało jedynie w Białowieży (pH 5,3). W Łącku i Suwałkach średnie roczne pH przekraczało 6,0, a na pozostałych SPO MI przyjmowało wartości z zakresu 5,5 – 5,9 (ryc. 13.4).

Odczyn opadów w kilku drzewostanach był przeważnie mniej kwaśny niż w roku poprzednim. W opadach podkoronowych pH było wyższe niż w roku 2024 w Zawadzkiem (o 0,7 jednostki pH), Birczy (o 0,5 jednostki), Strzałowie (o 0,4 jednostki), Suwałkach i Chojnowie (o 0,3 jednostki), Łącku, Kruczu i Krotoszynie (o 0,2 jednostki). W Białowieży pH średnio rocznie było

niższe o 0,2 jednostki, natomiast w Gdańsku, Szklarskiej Porębie i Piwnicznej przyjmowało wartości zbliżone do tych, które wystąpiły w roku 2024.

Pojemność zobojętniania kwasów (ANC), obliczona jako różnica stężeń kationów mocnych zasad (Ca, Mg, Na, K) i anionów mocnych kwasów (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) w $\mu\text{eq dm}^{-3}$, jest wskaźnikiem pozwalającym ocenić, czy w wodach występuje nadmiar wolnych mocnych kwasów ($\text{ANC} < 0$), czy zasad ($\text{ANC} > 0$). Inaczej mówiąc, ANC charakteryzuje zdolność wody do zobojętniania kwasów (por. rozdz. "Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych").

W porównaniu z wodami opadowymi, udział opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC występował rzadziej, bo w około 18% przypadków. Ujemne wartości ANC związane z przewagą jonów wolnych kwasów występowały przeważnie w okresie zimowym (ryc. 13.5), co można przypisać zmniejszonej aktywności biologicznej drzew i mniejszej wymianie jonowej niż w okresie wegetacyjnym, ale także wzmożonym emisjom zanieczyszczeń w sezonie grzewczym. Na powierzchniach obserwacyjnych ANC półroczna zimowego było przeważnie niższe niż w półroczu letnim, z wyjątkiem Birczy i Piwnicznej (ryc. 13.6).

Średnio rocznie dodatnią wartość ANC (przewagę wolnych zasad) w opadach podkoronowych obserwowano we wszystkich badanych drzewostanach. Wysoką przewagę wolnych zasad odnotowano w opadach w Suwałkach, Białowieży i Chojnowie (odpowiednio 226, 174 i 134 $\mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), a także w Krotoszynie, Łącku i Strzałowie (odpowiednio 129, 121 i 118 $\mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), natomiast w pozostałych drzewostanach ANC przyjmowało wartość od 27 $\mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$ (Szklarska Poręba) do 74 $\mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$ (Zawadzkie).

Wpływ okapu w różnych gatunkowo drzewostanach wyrażał się w podniesieniu wartości ANC średnio w roku w opadach podkoronowych w stosunku do opadów docierających do koron (ryc. 13.7). W skali miesięcznej, przede wszystkim w okresie zimowym, notowano również nieliczne przypadki obniżenia ANC opadów w koronach, a dotyczyły one niemal wszystkich powierzchni.

Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) stanowiły od 31 do 53% rocznego molowego depozytu (sumy azotu mineralnego, chlorków, siarczanów (VI), kationów zasadowych, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich oraz wodoru wyrażonej w molc ha^{-1}). W opadach w drzewostanach iglastych Nadleśnictw Krucz, Szklarska Poręba i Zawadzkie stwierdzono najwyższy udział jonów o charakterze zakwaszającym (odpowiednio 53%, 50% i 50%), podobnie jak w poprzednich latach. Udział ten zbliżał się do połowy całkowitej depozycji podokapowej również w Krotoszynie (49% - dąbrowa), a przekraczał 40% w Gdańsku

i Birczy (45% - 47% - drzewostany bukowe), w Łącku (43% - drzewostan dębowy), Chojnowie (44% - drzewostan sosnowy) oraz Piwnicznej (45% - świerczyna). Najniższy był w Suwałkach (31%), Strzałowie (38%) i Białowieży (39%), tam też depozyt molowy jonów o charakterze zasadowym (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} i Na^+) znacznie przewyższał depozyt jonów zakwaszających (ryc. 13.8).

Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowym zilustrowano na rycinie 13.9, na przykładzie czterech głównych gatunków drzew.

13.5. Spływ po pniu

Depozycja składników z opadami w drzewostanach byłaby znacząco niedoszacowana, gdyby pominięto jedną ze ścieżek dopływu wód opadowych do gleb leśnych, czyli wody spływające po pniach drzew. W monitoringu lasów ta frakcja wód opadowych jest badana jedynie w drzewostanach bukowych, gdyż budowa buka: architektura koron, typ i ułożenie liści oraz struktura kory w większym stopniu sprzyjają odprowadzaniu opadu po pniach, niż u innych gatunków. Spływ po pniu stanowi wobec tego w buczynach istotną formę transportu wody, substancji pokarmowych oraz zanieczyszczeń zawartych w opadach, modyfikując warunki glebowe w strefach wokół pni (Chang i Matzner 2000, Staelens i in. 2007). Wokół korzeni buków tworzą się korytarze, sprzyjające preferencyjnemu odpływowi wody wraz z rozpuszczonymi substancjami, oddziałujące w istotnym stopniu na wielkość przepływów hydrologicznych i odpływ substancji ze strefy korzeniowej (Johnson i Lehmann 2006, Schwärzel i in. 2012, Metzger i in. 2021, Michalzik i in. 2021, Llorens i in. 2022, Hemr i in. 2023).

Pobór próbek spływu po pniu prowadzono w nadleśnictwach Gdańsk i Bircza w okresie bezmroźnym. Po przerwie zimowej 2024/2025 wznowiono badania w marcu w Gdańsku i w kwietniu w Birczy i kontynuowano pobór próbek do listopada w Gdańsku i do grudnia w Birczy. Próbki pobierano w tych samych terminach, co opady podkoronowe. Opad spływający po pniach był indywidualnie odprowadzany z sześciu drzew na każdej powierzchni, reprezentujących sześć równolicznych klas pierśnic. Wydzielenie klas pierśnic posłużyło wstępnie do pogrupowania wszystkich żywych drzew na SPO MI i wyboru drzew o cechach reprezentatywnych dla danej powierzchni.

Wielkość spływu po pniach mierzono w dwojaki sposób. Na mniejszych drzewach, o pierśnicach poniżej 20 cm, ilość spływającego opadu wyznaczano na podstawie objętości wody zgromadzonej w połączonych szeregowo lub pojedynczych pojemnikach o pojemności nominalnej 90 dm³. Na pozostałych drzewach objętość spływu po pniu mierzono automatycznie z elektroniczną rejestracją wyników. Na podstawie objętości spływającej wody oraz

pierśnicowego pola przekroju próbkowanych drzew i pierśnicowego pola przekroju drzewostanu na badanej powierzchni, z uwzględnieniem pola powierzchni SPO MI, wnioskowano o wielkości odprowadzonego po pniach opadu w mm.

Szacuje się, że ilość spływu po pniu przekroczyła w okresie badań 10,5 mm w Nadleśnictwie Gdańsk i 42 mm w Nadleśnictwie Bircza. Pomimo niskich temperatur i przewagi opadów śniegu pewna ilość wody w okresie, gdy nie prowadzono pomiarów, tj. zimą, również mogła być odprowadzona po pniach. Roczna suma spływu po pniu prawdopodobnie przekraczała więc ilość oszacowaną dla badanych miesięcy. W miesięcznych okresach badań spływ po pniach stanowił od 0,5% do 4% opadu bezpośredniego (na otwartej przestrzeni) w Gdańsku oraz od 3 do 10% w Birczy, co odpowiada wartościom przytaczanym w literaturze (Chang i Matzner 2000, Johnson i Lehmann 2006, Germer i in. 2012).

W składzie chemicznym spływu po pniu zauważalny był wpływ aerozoli morskich: w Gdańsku średnie stężenia jonów chlorkowych i sodu były większe niż w Birczy (ryc. 13.10).

Na obu powierzchniach w miesięcznych pomiarach pojemność zobojętniania kwasów (ANC) przeważnie była większa niż w opadach podkoronowych i na otwartej przestrzeni.

Depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu przedstawiono w tabeli 13.1. Wyniósł on w okresie badań 1,3 kg ha⁻¹ w Gdańsku i 6,2 kg ha⁻¹ w Birczy. Stanowiło to około 2,5% depozytu podkoronowego w Gdańsku i 14% w Birczy. Mimo że suma opadu odprowadzonego po pniach stanowiła średnio zaledwie 2% opadu podkoronowego w Gdańsku i 8% w Birczy, depozyt rozpuszczonego węgla organicznego w spływie po pniu wynosił w Gdańsku 10%, a w Birczy 24% depozycji podokapowej RWO. Woda opadowa wzbogaca się w związki organiczne w większym stopniu spływając po pniach niż przepływając przez warstwę koron (Van Stan i Stubbins 2018).

LITERATURA:

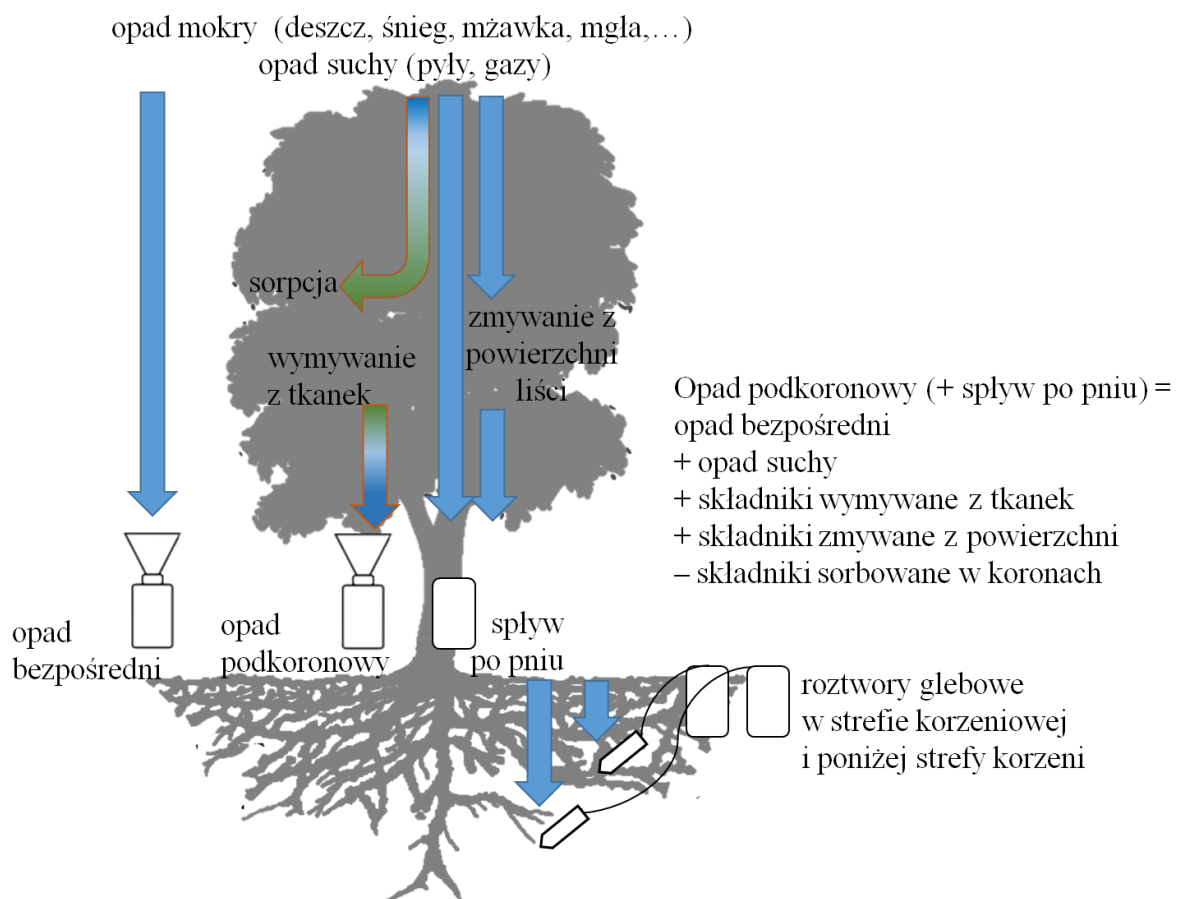
- Chang S.-C. & Matzner E., (2000). The effect of beech stemflow on spatial patterns of soil solution chemistry and seepage fluxes in a mixed beech/oak stand. *Hydrological Processes*, 14, 135-144.
- Germer, S., Blume, T., André, F., Jonard, M., Caignet, I., & Coenders-Gerrits, M. (2012). Pan-European beech (*Fagus sylvatica*) stemflow data comparison. The EGU General Assembly, 14, 12761. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012EGUGA..1412761G/abstract>
- Hemr, O., Vichta, T., Brychtová, M., Kupec, P., Žižlavská, N., Tomášová, G., & Deutscher, J. (2023). Stemflow infiltration hotspots near-tree stems along a soil depth gradient in a mixed oak–beech forest. *European Journal of Forest Research*, 142, 1385–1400. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01592-7>
- Johnson, M. S., & Lehmann, J. (2006). Double-funneling of trees: Stemflow and root-induced preferential flow. *Écoscience*, 13(3), 324–333.
- Kowalska A. & Janek M. (2009). Precipitation chemistry in a forested study area of the Chojnów Forest District in the years 2004-2007. *Journal of Water and Land Development*, 13a, 283-297.
- Kowalska A. , Boczoń A., Hildebrand R., Polkowska Ž., (2016). Spatial variability of throughfall in a stand of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with deciduous admixture as influenced by canopy cover and stem distance. *Journal of Hydrology*, 538, 231-242.
- Le Mellec A., Meessenburg H., Michalzik B., (2010). The importance of canopy-derived dissolved and particulate organic matter (DOM and POM) – comparing throughfall solution from broadleaved and coniferous forests. *Ann. For. Sci.*, 67: 411
- Llorens, P., Latron, J., Carlyle-Moses, D. E., Nätke, K., Chang, J. L., Nanko, K., Iida, S., & Levia, D. F. (2022). Stemflow infiltration areas into forest soils around American beech (*Fagus grandifolia* Ehrh.) trees. *Ecohydrology*, 15(2), e2369. <https://doi.org/10.1002/eco.2369>
- Metzger, J. C., Filipzik, J., Michalzik, B., Hildebrandt, A., & Hildebrandt, A. (2021). Stemflow Infiltration Hotspots Create Soil Microsites Near Tree Stems in an Unmanaged Mixed Beech Forest. 4. <https://doi.org/10.3389/FFGC.2021.701293>
- Michalzik, B., Tischer, A., Potthast, K., & Lotze, R. (2021). Non-uniform but highly preferential stemflow routing along bark surfaces and actual smaller infiltration areas than previously assumed: A case study on European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.). <https://doi.org/10.5194/EGUSPHERE-EGU21-3108>
- Schwärzel, K., Ebermann, S., & Schalling, N. (2012). Evidence of double-funneling effect of beech trees by visualization of flow pathways using dye tracer. *Journal of Hydrology*, 470-471, 184–192.
- Staelens, J., De Schrijver, A., & Verheyen, K. (2007). Seasonal variation in throughfall and stemflow chemistry beneath a European beech (*Fagus sylvatica*) tree in relation to canopy phenology. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(8), 1359–1372. <https://doi.org/10.1139/X07-003>
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- Van Stan, J.T., Stubbins, A. (2018) Tree-DOM: Dissolved organic matter in throughfall and stemflow. *Limnology and Oceanography Letters*, 3: 199-214.

Tabela 13.1. Depozyt [kg ha⁻¹] wniesiony z opadami w drzewostanach na SPO MI w 2025 r. (bez RWO). RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, Ntot – azot całkowity, PK – depozyt podkoronowy, PP – depozyt wniesiony ze spływem po pniu

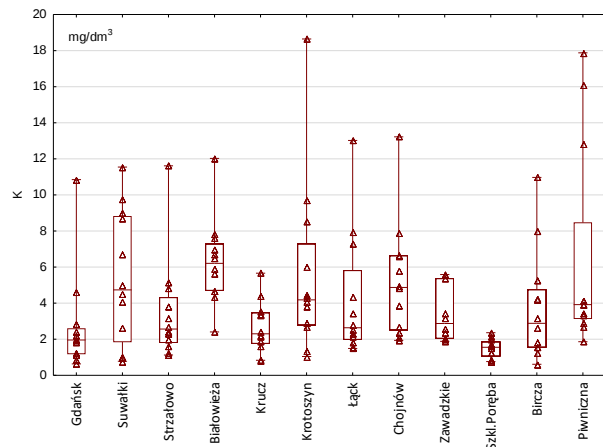
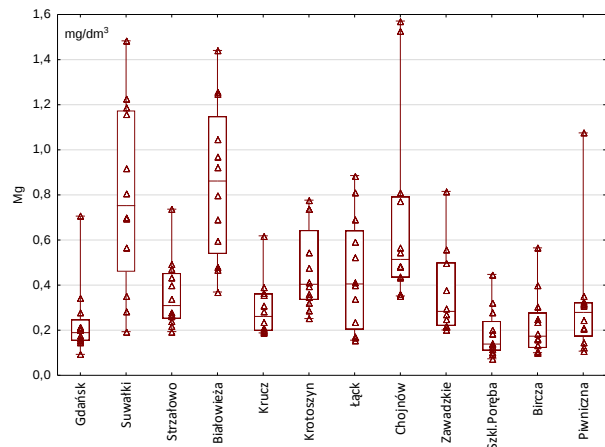
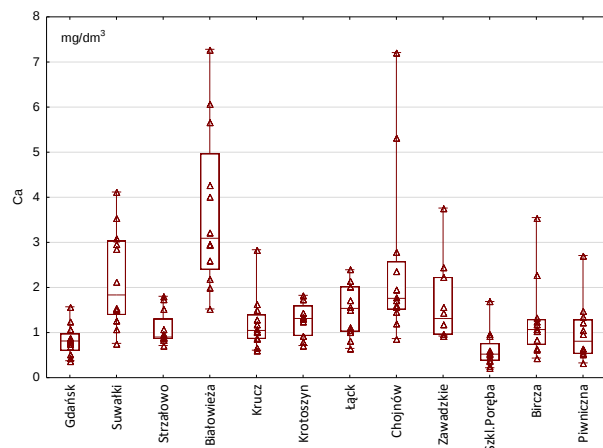
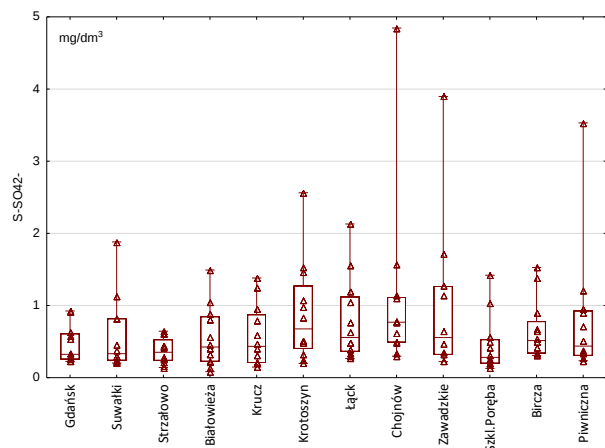
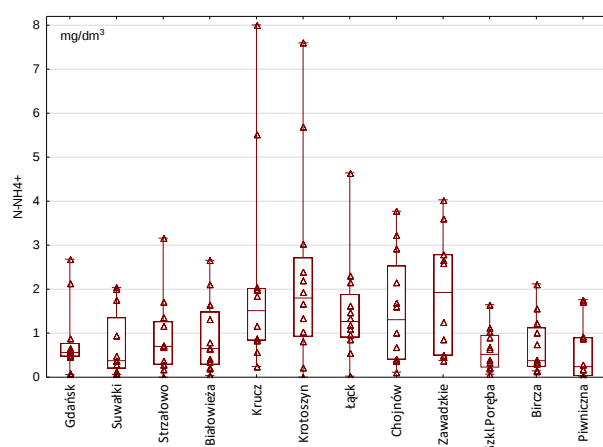
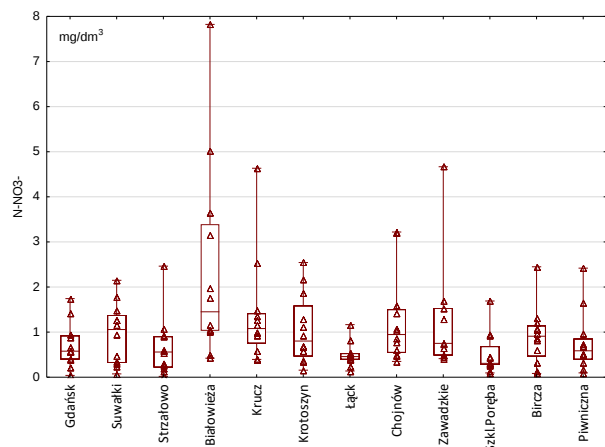
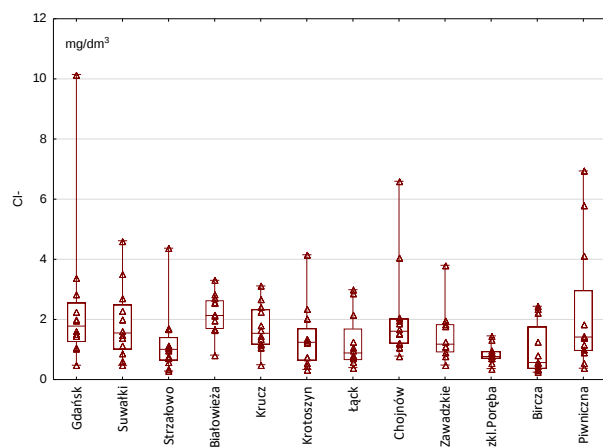
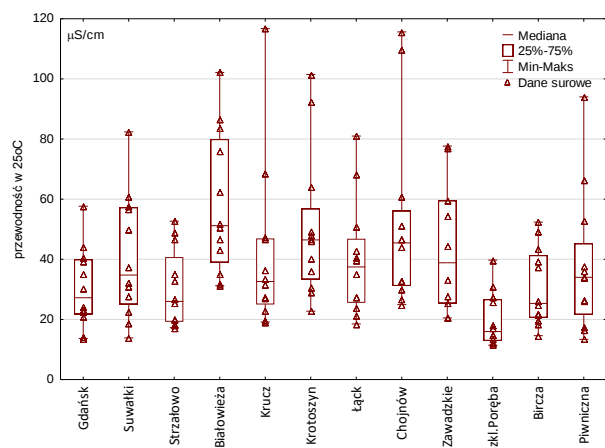
	Buk				Dąb		Sosna					Świerk		
	Gdańsk		Bircza		Krotoszyn	Łąck	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Chojnów	Zawadzkie	Suwałki	Szklarska Poręba	Piwniczna
	PK	PP	PK	PP	PK									
Opad [mm]	624	10	547	42	467	466	504	296	318	284	454	565	1031	518
H	0,010	0,000	0,011	0,002	0,013	0,004	0,007	0,014	0,008	0,006	0,009	0,002	0,031	0,015
Cl-	11,93	0,17	3,92	0,66	6,03	4,56	4,49	5,00	4,48	4,54	4,98	8,51	7,57	5,87
N-NO ₃ ⁻	3,40	0,05	4,14	0,58	5,43	1,62	2,71	5,30	3,03	2,61	3,63	4,16	3,27	3,12
S-SO ₄ ²⁻	2,19	0,04	2,70	0,24	2,79	2,21	1,43	1,05	1,14	2,12	2,61	2,37	3,00	2,23
N-NH ₄ ⁺	3,45	0,08	3,19	0,61	8,81	5,37	2,98	2,23	3,87	3,35	5,76	2,72	4,96	3,26
Ca	4,33	0,06	5,70	0,32	5,79	5,54	5,38	8,44	3,43	5,26	5,78	12,02	4,89	4,42
Mg	1,19	0,02	1,12	0,06	2,18	1,68	1,74	1,98	0,86	1,57	1,32	4,67	1,41	1,16
Na	6,15	0,11	2,00	0,20	2,01	1,67	2,50	1,86	2,37	1,94	2,78	3,91	4,10	1,42
K	17,71	0,66	19,29	3,12	30,37	17,81	18,95	17,07	8,21	13,70	14,94	31,56	14,76	18,69
Fe	0,049	0,004	0,050	0,011	0,104	0,091	0,050	0,084	0,057	0,068	0,087	0,058	0,147	0,100
Al	0,045	0,004	0,061	0,009	0,112	0,081	0,090	0,207	0,133	0,128	0,221	0,063	0,187	0,141
Mn	0,412	0,011	0,263	0,021	0,696	0,942	0,140	0,685	0,387	0,293	0,335	0,290	0,174	0,387
Cd	0,0003	0,0000	0,0004	0,0000	0,0004	0,0003	0,0003	0,0004	0,0002	0,0003	0,0010	0,0002	0,0005	0,0003
Cu	0,029	0,001	0,025	0,002	0,039	0,052	0,020	0,024	0,026	0,047	0,031	0,034	0,051	0,031
Pb	0,004	0,000	0,004	0,000	0,007	0,006	0,004	0,003	0,003	0,003	0,007	0,005	0,012	0,005
Zn	0,174	0,003	0,183	0,013	0,206	0,355	0,136	0,195	0,167	0,328	0,180	0,196	0,294	0,186
RWO	22,62	2,17	24,78	5,97	58,31	47,59	47,90	84,3	52,08	53,15	75,79	46,56	81,69	65,19
N _{tot}	8,65	0,25	9,23	1,53	17,71	9,30	7,49	10,05	8,70	8,03	12,20	9,52	11,79	9,32
Depozyt w drzewostanie	52,9	1,3	44,6	6,2	68,1	44,3	42,4	46,7	30,0	38,0	45,5	73,2	48,4	44,0

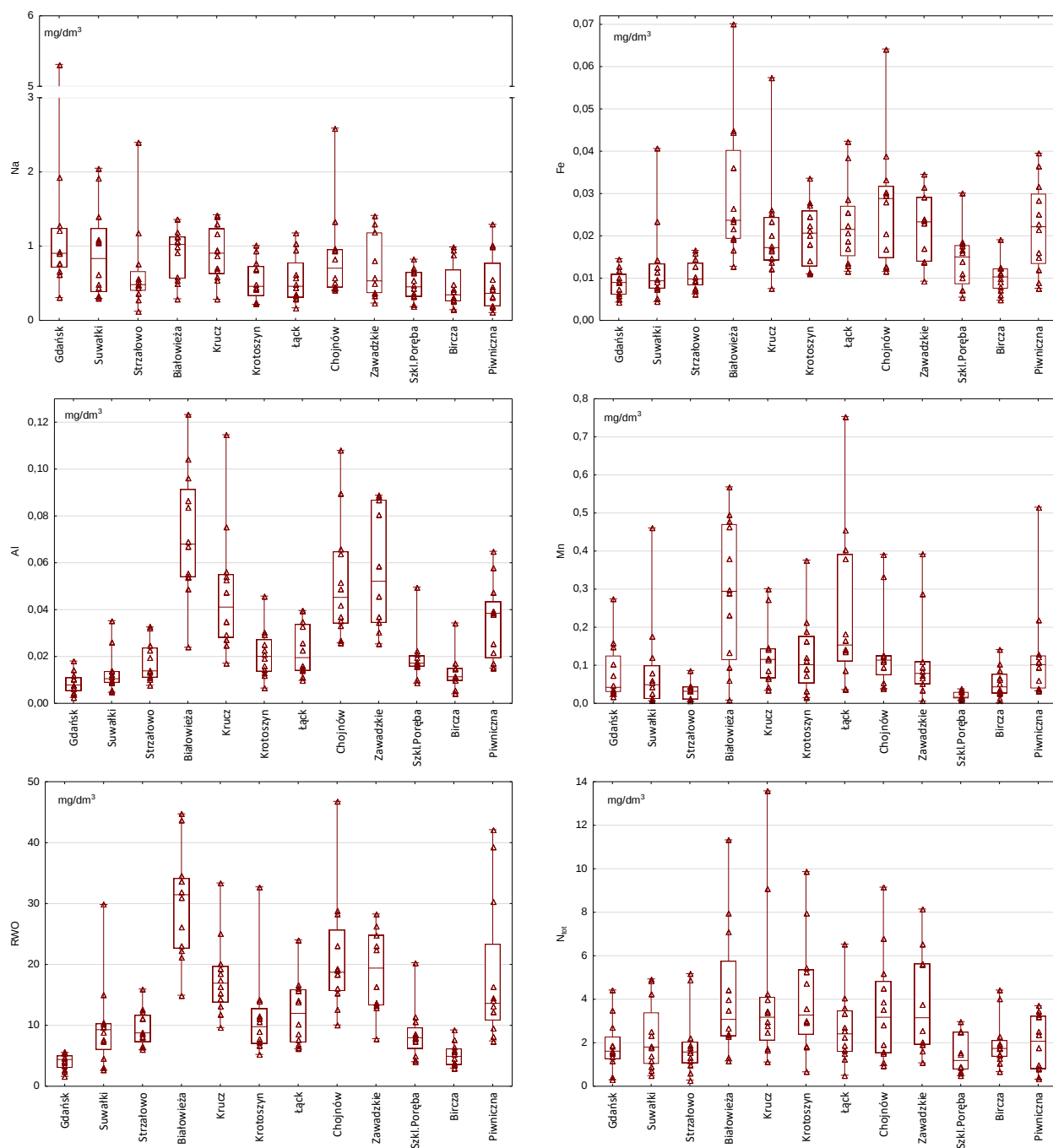
Tabela 13.2. Wyniki testów istotności różnic między SPO MI pod względem wielkości opadu podkoronowego i depozycji głównych składników. Czcionką pogrubioną zaznaczono wartości prawdopodobieństwa testowego p mniejsze od poziomu istotności $\alpha=0,05$. *wymieniono pary powierzchni o różnicach istotnych przy $\alpha=0,05$

	Test Kruskala-Wallis H(11, N= 144)	Porównania wielokrotne (dwustronne)*		
	p	Nadleśnictwa		p
opad	0,0113	Szkl.Poręba	Białowieża	0,0127
H+	0,0088	Szkl.Poręba	Suwałki	0,0015
		Szkl.Poręba	Łąck	0,0140
Cl-	0,0001	Gdańsk	Strzałowo	0,0372
		Gdańsk	Łąck	0,0022
		Gdańsk	Bircza	0,0039
		Suwałki	Łąck	0,0196
		Suwałki	Bircza	0,0327
N-NO3-	0,0570	Zawadzkie	Łąck	0,0409
S-SO42-	0,0000	Krotoszyn	Strzałowo	0,0463
		Krotoszyn	Białowieża	0,0023
		Krotoszyn	Krucz	0,0039
		Zawadzkie	Białowieża	0,0215
		Zawadzkie	Krucz	0,0336
		Szkl.Poręba	Białowieża	0,0042
		Szkl.Poręba	Krucz	0,0070
		Bircza	Białowieża	0,0041
		Bircza	Krucz	0,0069
N-NH4+	0,0452	-	-	
Ca	0,0064	Suwałki	Krucz	0,0107
Mg	0,0024	Suwałki	Krucz	0,0019
		Suwałki	Bircza	0,0224
Na	0,0000	Gdańsk	Białowieża	0,0266
		Gdańsk	Łąck	0,0015
		Gdańsk	Chojnów	0,0266
		Gdańsk	Bircza	0,0073
		Gdańsk	Piwniczna	0,0001
		Suwałki	Łąck	0,0446
		Suwałki	Piwniczna	0,0058
		Szkl.Poręba	Piwniczna	0,0196
K	0,3474	-	-	
Fe	0,0943	-	-	
Al	0,0000	Zawadzkie	Gdańsk	0,0014
		Zawadzkie	Suwałki	0,0259
		Zawadzkie	Bircza	0,0225
		Białowieża	Gdańsk	0,0261
		Szkl.Poręba	Gdańsk	0,0339
Mn	0,0046	Białowieża	Strzałowo	0,0224
		Łąck	Strzałowo	0,0175
RWO	0,0059	Białowieża	Gdańsk	0,0485
		Szkl.Poręba	Gdańsk	0,0271
Ntot	0,2304	-	-	
ANC	0,3321	-	-	

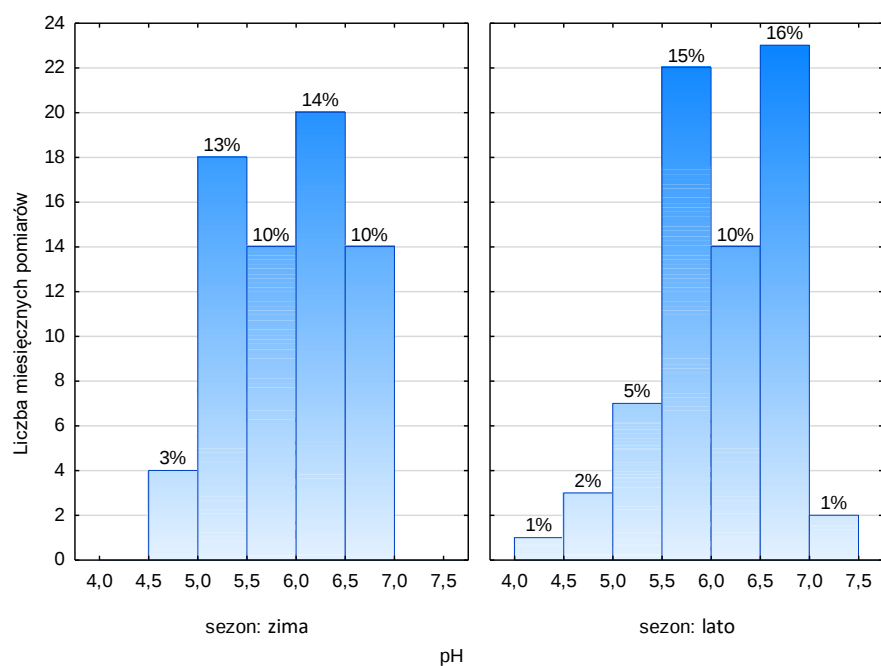


Rycina 13.1. Schemat koncepcyjny badań depozytu i przepływu składników w środowisku leśnym na SPO MI

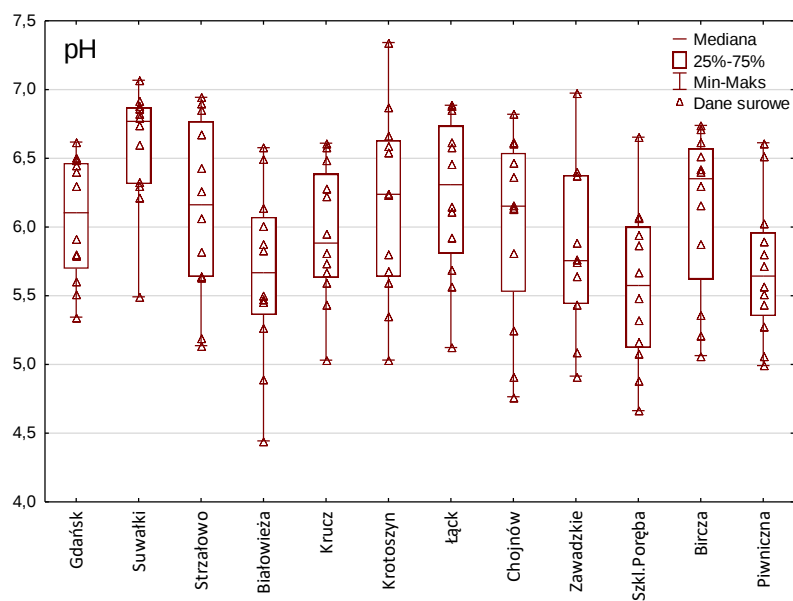




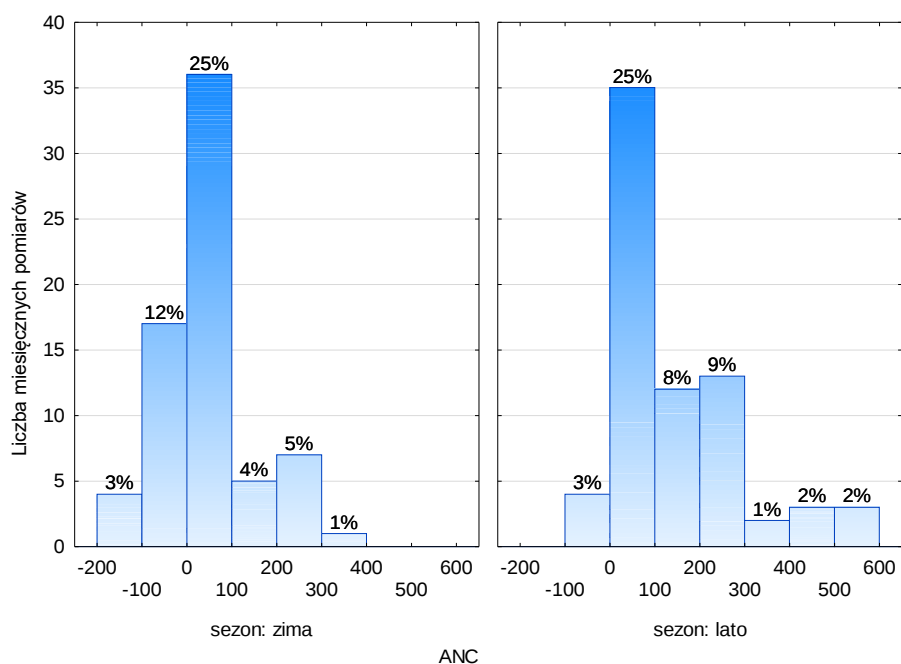
Rycina 13.2. Przewodność [$\mu\text{S cm}^{-1}$] i stężenie głównych składników [mg dm^{-3}] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2025 r. RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity



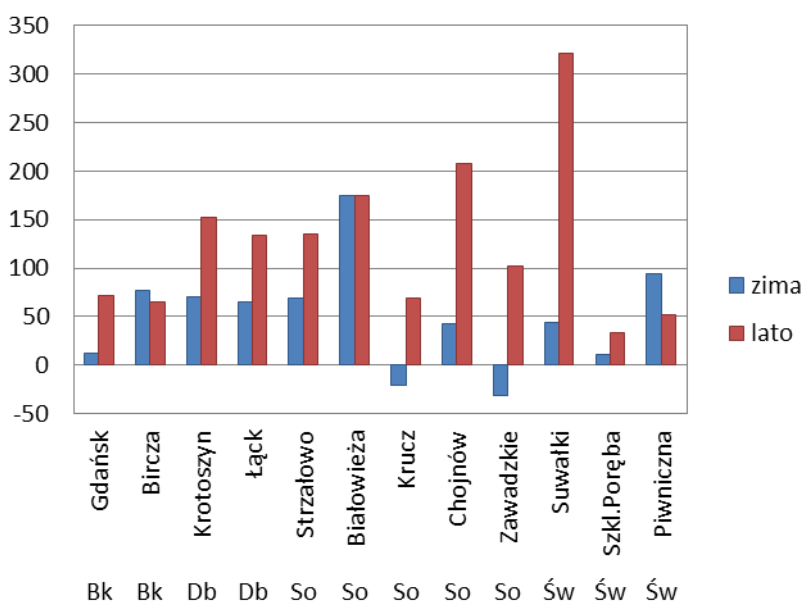
Rycina 13.3. Histogram pH opadów podkoronowych na SPO MI w okresie letnim oraz zimowym 2025 r.



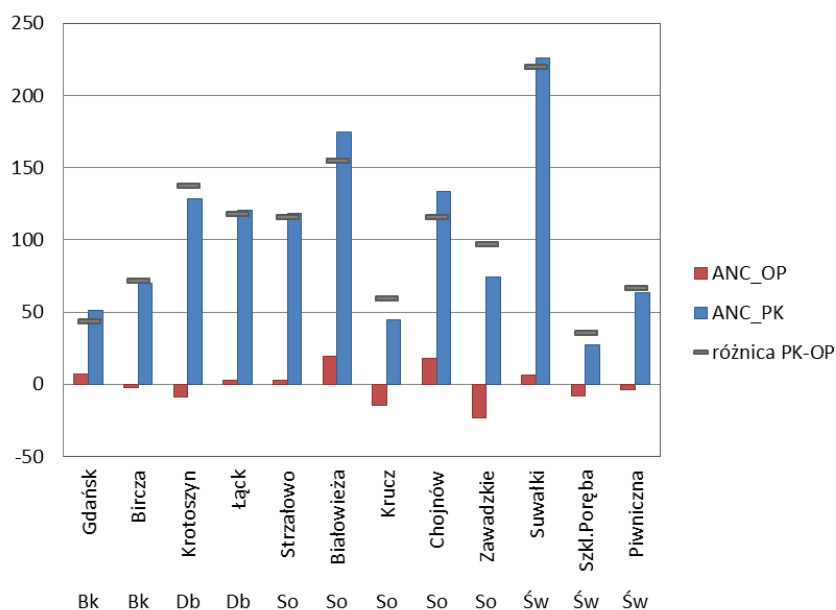
Rycina 13.4. pH opadów podkoronowych na SPO MI w 2025 r.



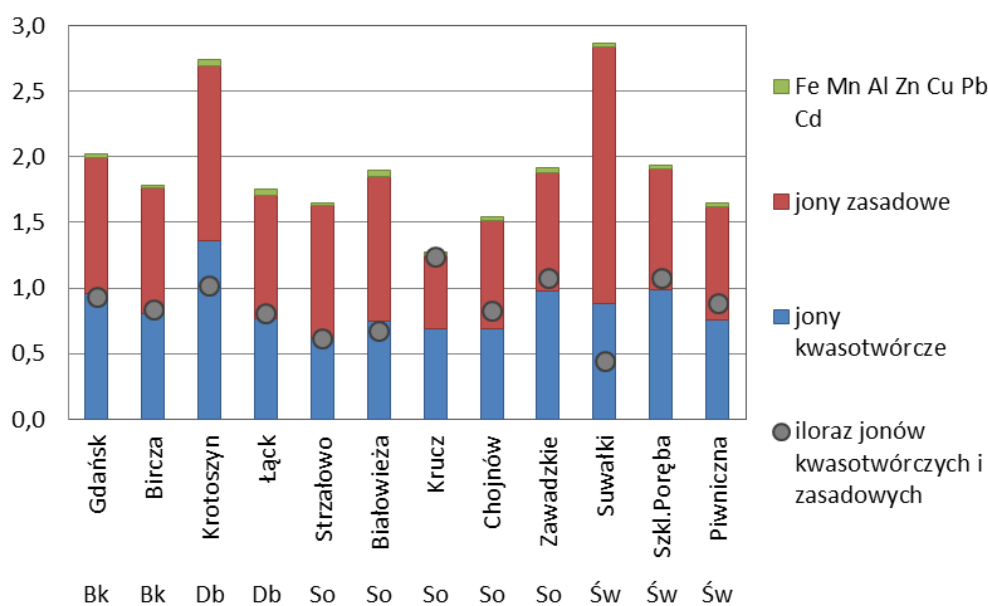
Rycina 13.5. Histogram pojemności zobojętniania kwasów ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w sezonie zimowym oraz letnim 2025 r.



Rycina 13.6. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq} \cdot \text{dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2025 r. Średnie dla okresu zimowego (miesiące I-IV, XI i XII) i letniego (V-X).

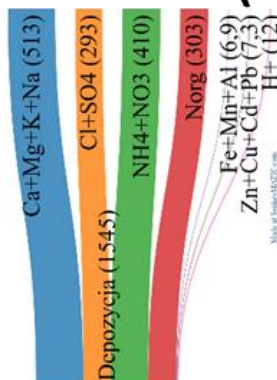


Rycina 13.7. Średnia roczna pojemność zobojętniania kwasów (ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$]) w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i podkoronowych (PK) na SPO MI w 2025 r.

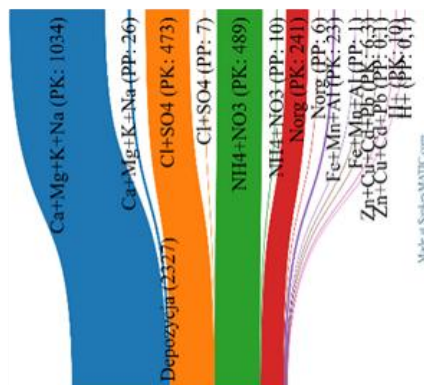


Rycina 13.8. Ładunek jonów [$\text{kmol}_c \text{ ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach podkoronowych na SPO MI w 2025 r.

Gdańsk (buk)

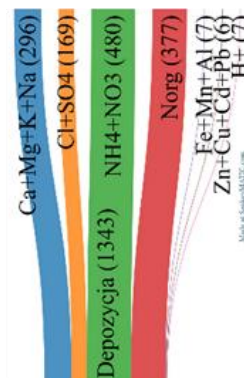


Opady atmosferyczne (OP)

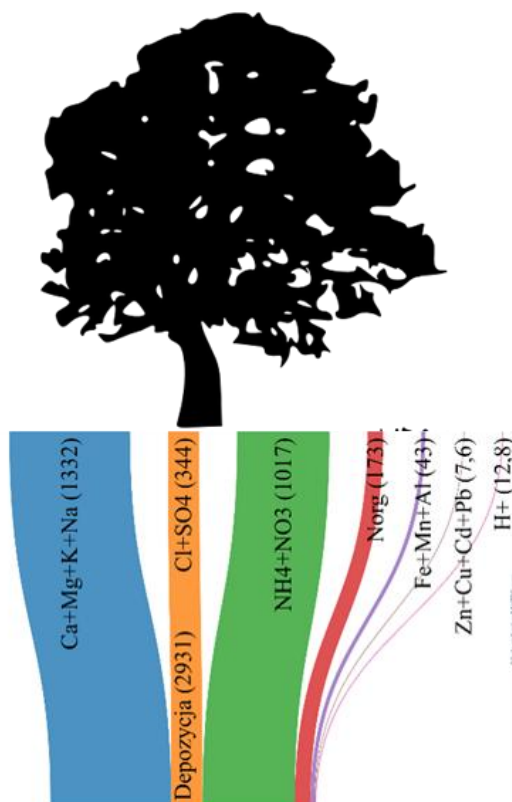


Opady podkoronowe (PK) + spływ po pniu (PP)

Krotoszyn (dąb)

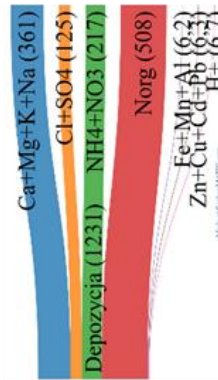


Opady atmosferyczne (OP)

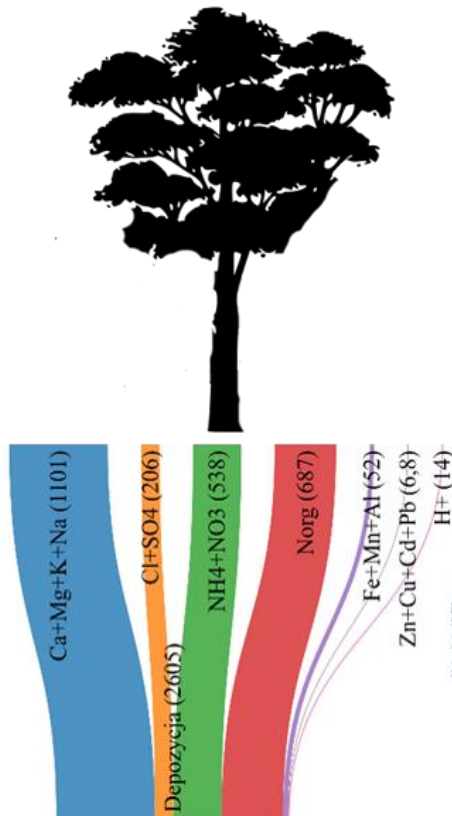


Opady podkoronowe (PK)

Krucz (sosna)

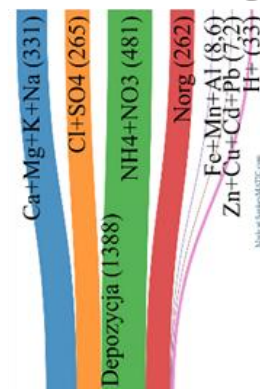


Opady atmosferyczne (OP)

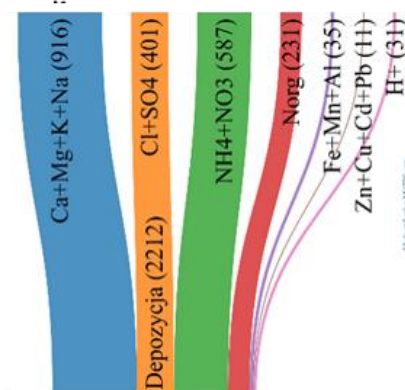


Opady podkoronowe (PK)

Szklarska Poręba (świerk)

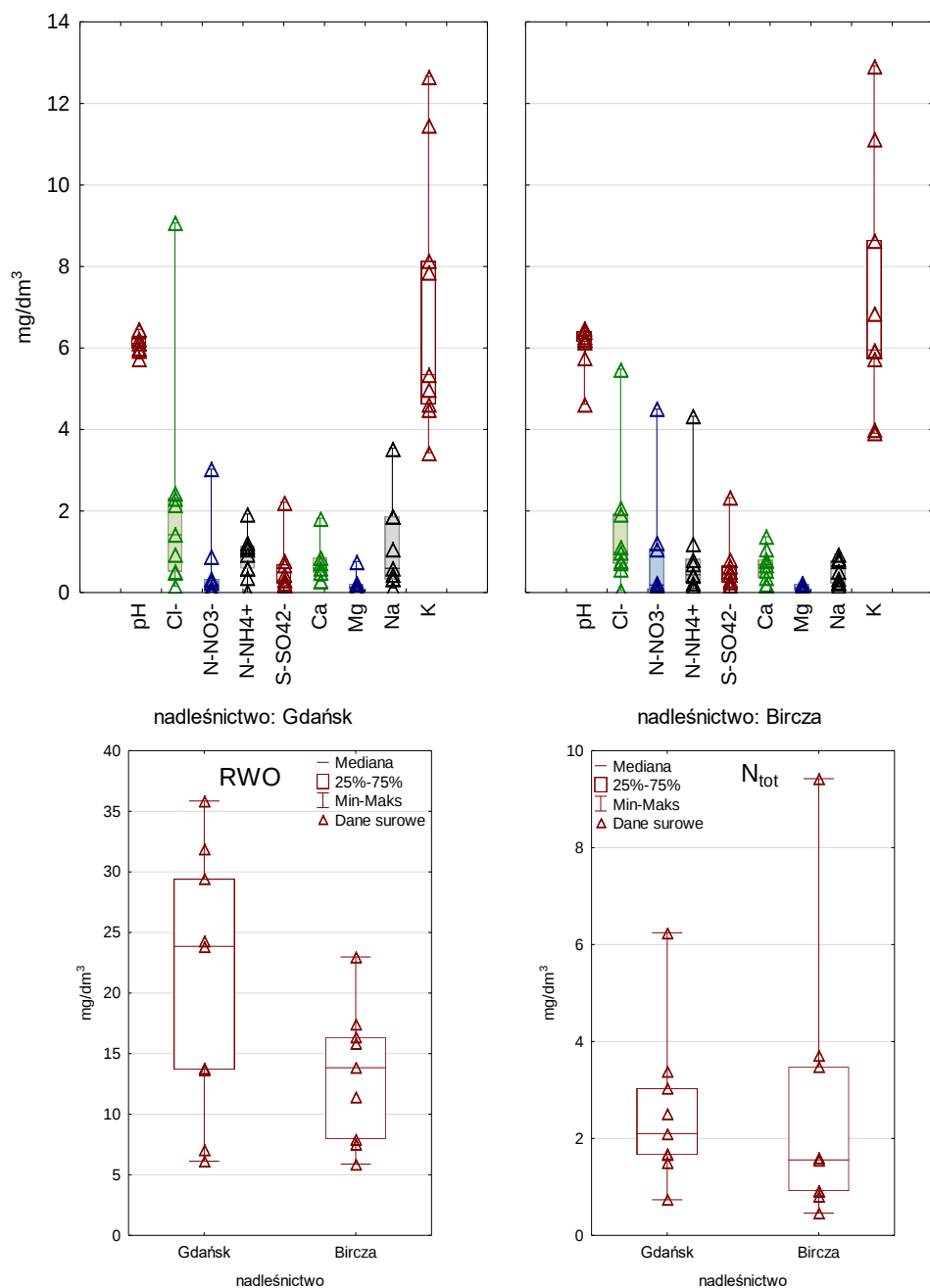


Opady atmosferyczne (OP)



Opady podkoronowe (PK)

Rycina 13.9. Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowymi (i po pniu w drzewostanie bukowym) w mol_e ha⁻¹ w 2025 r. na wybranych SPO MI: w drzewostanie bukowym w Nadleśnictwie Gdańsk, dębowym w Nadleśnictwie Krotoszyn, sosnowym w Nadleśnictwie Krucz i świerkowym w Nadleśnictwie Szklarska Poręba



Rycina 13.10. Stężenie głównych składników w mg dm⁻³ oraz pH w wodach spływających po pniach drzew w 2025 r. Poziomą linią zaznaczono medianę, wąsami – zakres wartości miesięcznych oraz ramką – zakres kwartyłowy.

14. CHEMIZM ROZTWORÓW GLEBOWYCH W 2025 R. – ANNA KOWALSKA

Roztwory glebowe stanowią drogę transportu składników odżywczych i substancji toksycznych między fazą stałą gleby a korzeniami roślin. Skład chemiczny roztworów glebowych jest więc źródłem informacji istotnych dla oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza oraz innych czynników stresowych na ekosystemy leśne (Nieminen 2011).

W 2025 roku na powierzchniach monitoringu intensywnego pobierano roztwory glebowe z miesięczną częstotliwością, stosując kwarcowo-teflonowe podciśnieniowe lizymetry PRENART®. Podciśnienie zakładano 5–7 dni przed poborem próbek. Próbkę pobierano poza okresami, gdy gleba była zamrznięta i pokryta warstwą śniegu, co uniemożliwiałoby obsługę aparatury zainstalowanej w glebie. Na każdej powierzchni funkcjonowało po 10 lizymetrów na dwóch głębokościach gleby: 25 cm i 50 cm od powierzchni. Jedynie w Szklarskiej Porębie lizymetry zainstalowano na głębokości 20 i 40 cm z uwagi na małą miąższość gleby i kamieniste podłoże. Takie umiejscowienie próbników umożliwia monitorowanie stężeń składników odżywczych w strefie obecności głównej masy korzeniowej roślin oraz poniżej tej strefy, skąd przy sprzyjających warunkach wodnych rozpuszczone substancje są transportowane w głąb profilu. Objętość pobieranych próbek mierzono wolumetrycznie. Próbkę roztworów glebowych były łączone w stosunku objętościowym przed analizami tak, by otrzymać po dwie próbki z obu głębokości na każdej badanej powierzchni, o ile pozwalała na to pobrana objętość. Z próbkami roztworów glebowych postępowano dalej jak z próbkami wód opadowych; zakres badań chemicznych dla roztworów glebowych był taki jak dla próbek opadów podkoronowych i opadu bezpośredniego.

Pobieranie próbek w styczniu odbywało się wskutek łagodnych warunków pogodowych na wszystkich powierzchniach nizinnych, poza obszarami górskimi, na których wznowiono pobór po okresie zimowym 2024/2025 w kwietniu. W lutym ze względu na zimowe warunki nie pobrano próbek na powierzchniach Polski północno-wschodniej w Suwałkach i Białowieży.

W rejonach górskich: w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej oraz w Gdańsku i Strzałowie próbki pobierano do końca października, w Suwałkach i Łącku do końca listopada, a na pozostałych SPO MI (Białowieża, Krucz, Chojnów i Zawadzkie) do końca roku, z wyjątkiem Krotoszyna, gdzie wskutek braku opadów próbki pozyskano ostatni raz w lipcu. W Birczy, gdzie gleba podobnie jak w Krotoszynie, charakteryzuje się dużym udziałem frakcji ilastej, przy stosunkowo niskich opadach woda nie była dostępna do badań w całym okresie prac. Gleby ciężkie, mimo wysokiej pojemności wodnej, charakteryzują się większym udziałem wody związanej siłami kapilarnymi

i adsorpcyjnymi, przez co w warunkach suszy dostępność wody dla roślin, a tym samym dla lizymetrów, ulega ograniczeniu.

Na przestrzeni roku, szczególnie latem występowały miesiące, gdy wskutek niskich opadów na niektórych SPO MI woda glebowa nie była dostępna i nie było możliwe pobieranie wystarczających ilości próbek do badań. Taka sytuacja sporadycznie występowała między kwietniem a październikiem na kilku SPO MI. Na większości obszaru badań – poza obszarami góorskimi w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej - w niektórych miesiącach od wczesnej wiosny aż do końca roku z powodu małej objętości łączono próbki do analiz, uzyskując po jednej próbce z każdej głębokości lub w ogóle nie było możliwe wykonanie pełnego zestawu analiz chemicznych.

Średnie pH na SPO MI w 2025 roku w badanych roztworach glebowych wynosiło od 4,2 do 7,8 na głębokości 25 cm oraz od 4,5 do 7,1 na głębokości 50 cm (ryc. 14.1). Zmiany większe niż $\pm 0,2$ jednostki pH w porównaniu z rokiem poprzednim wystąpiły w dwóch przypadkach (Strzałowie i Suwałki) i mogły być spowodowane niewystarczającą dostępnością wody glebowej. Gdy próbki pobierane są w drzewostanie z jednego lub dwóch punktów – co zdarzało się w suchszych okresach roku – zamiast z wszystkich zainstalowanych lizymetrów, rośnie ryzyko, że próbka połączona nie jest w pełni reprezentatywna dla panujących warunków.

Kwaśne roztwory występowały w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem, Kruczu i Chojnowie (pH na głębokości 25 cm 4,2 – 4,3 a na głębokości 50 cm od 4,5 – 4,6). W świerczynach w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej, w drzewostanie dębowym w Łącku, bukowym w Gdańsku i sosnowym w Białowieży pH roztworów glebowych na obu głębokościach mieściło się w zakresie 4,5 – 4,9. W Strzałowie (sosna) i w Suwałkach (świerk) pH osiągało średnie wartości w zakresie 6,0 – 7,8. W dąbrowie w Krotoszynie w płytszym poziomie pH było niskie i wynosiło tylko 4,3. Z reguły w górnej części profilu glebowego występowało nieznaczne zakwaszenie roztworów w stosunku do głębszych poziomów, szczególnie widoczne w dąbrowie w Krotoszynie i borze w Strzałowie i Kruczu, gdzie różnica między pH na głębokości 50 i 25 cm wynosiła odpowiednio 0,6, 1,0 i 0,4 jednostki pH.

W składzie roztworów glebowych w Suwałkach i Strzałowie znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły na obu głębokościach odpowiednio ponad 80% i ponad 55% sumy jonów (ryc. 14.2). Udział kationów o charakterze zasadowym w sumie jonów był niski (22–25%) na powierzchni świerkowej w Szklarskiej Porębie i w borze sosnowym w Zawadzkiem. W drzewostanie sosnowym w Białowieży, Chojnowie i Kruczu, w dąbrowie w Łącku, w buczynie w Gdańsku i świerczynie w Piwnicznej był nieco

wyższy i wynosił od 28 do 43%. W dąbrowie Krotoszyńskiej w płytszej warstwie gleby udział zasad osiągnął 38%, natomiast w głębszej warstwie wynosił 52%.

Stosunek molowy jonów o charakterze zasadowym (Ca, Mg i K) do glinu stosowany jest jako wskaźnik stopnia zagrożenia gleby przez czynniki zakwaszające. Przyjmuje się, że przy wartościach $(Ca+Mg+K)/Al \geq 1$ korzenie drzew są chronione przed skutkami zakwaszania gleb. Wskaźnik ten był również stosowany jako podstawa wyznaczania ładunku krytycznego kwasowej depozycji dla gleb leśnych (np. Akselsson i in. 2004, Johnson i in. 2018).

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al, ryc. 14.1) przyjął znacznie niższe od jedności wartości, mieszczące się w zakresie od 0,2 do 0,5 w roztworach glebowych na obu głębokościach w nadleśnictwach: Szklarska Poręba (świerk), Chojnów (sosna), Zawadzkie (sosna) i Krucz (sosna). W Gdańsku (buk) mieścił się w granicach 0,3 – 0,8. W Łącku (dąb) i Piwnicznej (świerk) wynosił 0,6 na głębokości 25 cm i wzrastał do 0,8 – 1,1 w głębszym poziomie gleby. Na pozostałych powierzchniach: Strzałowo, Białowieża (sosna), Krotoszyn (dąb), Suwałki (świerk) przekraczał – niekiedy znacznie – przyjętą wartość krytyczną, wskazując na brak zagrożenia korzeni ze strony toksycznych form glinu. Jedynie w płytszej warstwie gleby w Białowieży BC/Al przyjmował wartość 0,7.

Obecność azotanów w roztworach glebowych z reguły stanowi wskaźnik tzw. wysycenia ekosystemu azotem, czyli sytuacji, gdy podaż azotu przekracza zapotrzebowanie roślin i mikroorganizmów (np. Aber i in. 1989, Gundersen i Rasmussen 1995, Kristensen i in. 2004, De Vries i in 2007, Flechard i in. 2020, Xie i in. 2023, Waldner i in. 2024, Xie i in. 2024). Zakładając, że woda zawarta w glebie na głębokości 50 cm znajduje się poza główną strefą wzrostu korzeni drzew i w sprzyjających warunkach hydrometeorologicznych opuszcza tę strefę wraz z rozpuszczonymi substancjami, przyjmuje się, że obecność mineralnych form azotu w roztworach glebowych na 50 cm głębokości może wskazywać na nadmierną dostawę azotu i ryzyko wymywania azotu z tych gleb.

W okresie badań jony NO_3^- występowały w roztworach glebowych poniżej głównej strefy korzeniowej roślin na głębokości 50 cm w Białowieży w stężeniu od 0,1 do 1,2 mg N dm⁻³ (ryc. 14.3). W Krotoszynie stężenia jonów NO_3^- , były znacznie niższe niż w roku 2023 i 2024 i wahały się od 0,1 do 0,8 mg N dm⁻³. Na zbliżonym poziomie występowały również w Strzałowie i w Kruczu.

Na SPO w Białowieży w poprzednich latach wystąpiły wiatrowały i inne uszkodzenia od wiatru, co może przyczyniać się do gorszej kondycji drzew, punktowego odsłonięcia gleby

sprzyjającego przyspieszonej mineralizacji i uwalnianiu azotanów do roztworów glebowych. Drugą potencjalną przyczyną osłabienia drzew jest obecność opieńki.

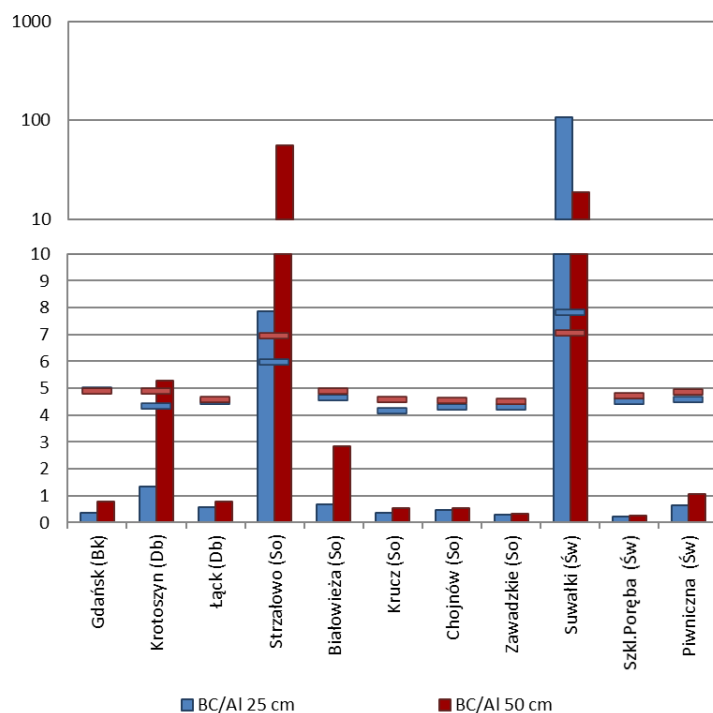
W Krotoszynie po cięciach sanitarnych w 2017 roku obserwowano wzmożone uwalnianie N-NO_3^- do roztworów glebowych w ubiegłych latach wskutek zwiększonej mineralizacji materii organicznej. Dodatkowo drzewostan wykazywał w przeszłości oznaki uszkodzeń spowodowanych różnymi czynnikami; występowały wiatrowały, a zamierające i powalone drzewa powiększały powierzchnię gleby nieosłoniętą okapem, przez co mogło przyspieszać tempo mineralizacji w glebie. Obecnie zjawisko uwalniania azotanów do fazy płynnej w glebie nie jest szczególnie nasilone w Białowieży i Krotoszynie (przy czym w Krotoszynie obserwowano podwyższone stężenia N-NO_3^- w płytszym poziomie gleby, ryc. 14.3), z czego można wnioskować o stabilizacji warunków glebowych i tempa przemian materii organicznej.

Obecność jonów amonowych w roztworach glebowych w Strzałowie, Białowieży i Zawadzkim (sosna) (ryc. 14.4) może świadczyć zarówno o nadmiernym dopływie azotu z depozycją atmosferyczną, jak i o wysokim tempie mineralizacji materii organicznej, będącym następstwem np. odsłonięcia gleby wskutek obumarcia drzew, wiatrowałów lub przeprowadzonych cięć sanitarnych.

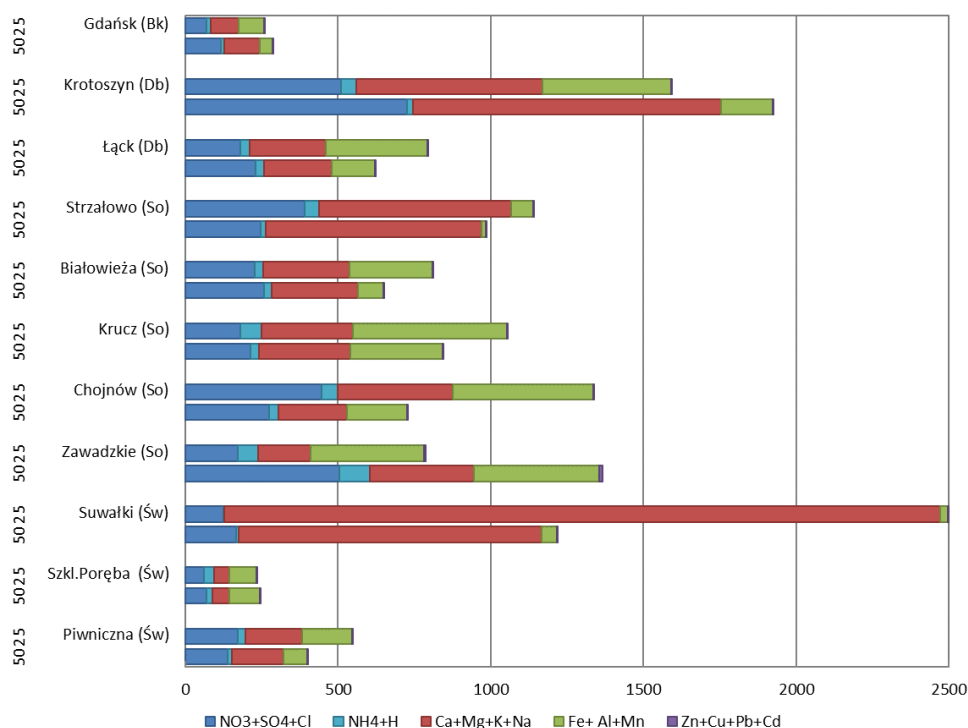
Zjawiska prowadzące do uszkodzeń drzewostanów znajdują odzwierciedlenie w chemizmie roztworów glebowych, w których pojawiają się podwyższone poziomy azotanów (V). Przyspieszone tempo mineralizacji materii organicznej i wzmożona nitryfikacja towarzyszące degradacji siedliska, przy jednocześnie wysokim ładunku azotu dopływającego z opadami, skutkują uwolnieniem azotanów do roztworu glebowego i wymywaniem poza profil gleby (Aber i in. 1989, Rasmussen 1998, de Vries i in. 2007). Zwiększa się również wymywanie innych składników odżywczych z gleb (Kopáček i in. 2023).

LITERATURA:

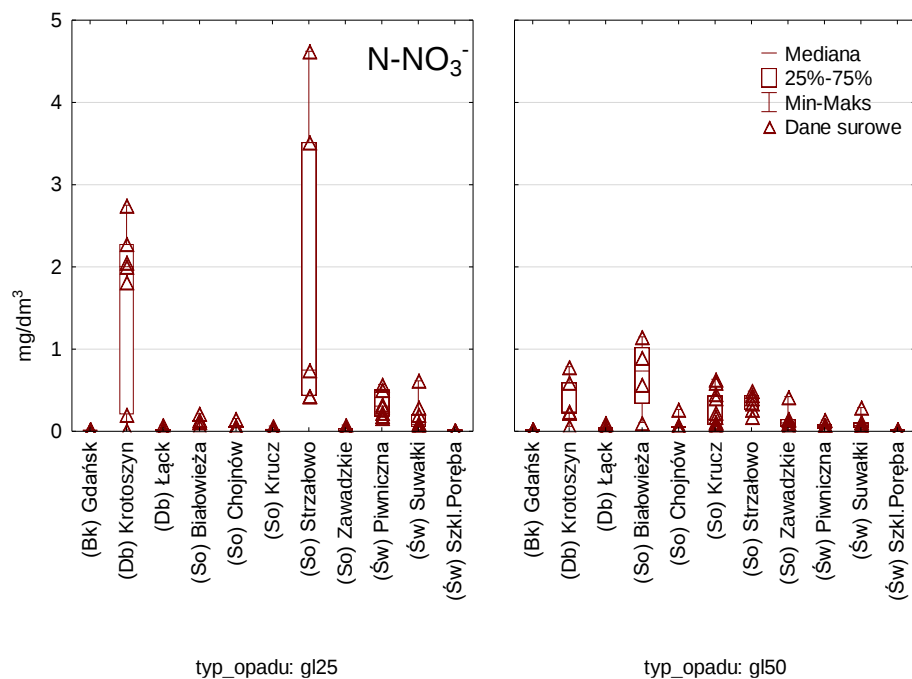
- Aber J.D., Nadelhoffer K.J., Steudler P., Melillo J.M., (1989). Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. *BioScience* 39: 378–386.
- Akselsson C., Ardö J., Sverdrup H. (2004). Critical loads of acidity for forest soils and relationship to forest decline in the northern Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment* 98: 363–379.
- de Vries, W., Hans Kros, Gert Jan Reinds, Wieger Wamelink, Janet Mol, Han van Dobben, Ronald Bobbink, Bridget Emmett, Simon Smart, Chris Evans, Angela Schlutow, Philipp Kraft, Salim Belyazid, Harald Sverdrup, Arjen van Hinsberg, Maximilian Posch, Jean-Paul Hettelingh, (2007) Developments in deriving critical limits and modelling critical loads of nitrogen for terrestrial ecosystems in Europe. Alterra, Alterra-rapport 1382. 206 pp.
- Flechard, C., Ibrom, A., Skiba, U., de Vries, W., van Oijen, M., Cameron, D., Dise, N. B., Korhonen, J., Buchmann, N., Legout, A., Simpson, D., Simpson, D., Sanz, M. J., Aubinet, M., Loustau, D., Montagnani, L., Neiryck, J., Janssens, I. A., Pihlatie, M., Sutton, M. A. (2020). Carbon-nitrogen interactions in European forests and semi-natural vegetation - Part 1: Fluxes and budgets of carbon, nitrogen and greenhouse gases from ecosystem monitoring and modelling. *Biogeosciences*, 17(6), 1583–1620. <https://doi.org/10.5194/BG-17-1583-2020>
- Gundersen, P., & Rasmussen, L. (1995). Nitrogen mobility in a nitrogen limited forest at Klosterhede, Denmark, examined by NH₄NO₃ addition. *Forest Ecology and Management*, 71, 75–88.
- Johnson, J., Graf Pannatier, E., Carnicelli, S., et al. (2018) “The response of soil solution chemistry in European forests to decreasing acid deposition,” *Global Change Biology*, 2018;24:3603–3619, doi: 10.1111/GCB.14156.
- Kopáček, J., Bače, R., Choma, M., Hejzlar, J., Kaňa, J., Oulehle, F., Porcal, P., Svoboda, M., & Tahovská, K. (2023). Carbon and nutrient pools and fluxes in unmanaged mountain Norway spruce forests, and losses after natural tree dieback. *Science of The Total Environment*, 903, 166233. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166233>
- Kristensen H. L., Gundersen P., Callesen I., Reinds G. J., (2004). Throughfall nitrogen deposition has different impacts on soil solution nitrate concentration in European coniferous and deciduous forests. *Ecosystems*, 7: 180–192
- Nieminen, T., (2011). Soil Solution Collection and Analysis. Manual Part XI, 30 pp. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1.
- Rasmussen, L. (1998). Effects of afforestation and deforestation on the deposition, cycling and leaching of elements. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 67, 153–159.
- Waldner, P., Musso, A., Moreno Duborgel, M., Minich, L. I., Thimonier, A., Schmitt, M., Rigling, A., Brunmayr, A., & Meusburger, K. (2024). Nitrogen deposition effects on forest ecosystems: Linking N leaching patterns to long-term dynamics of soil C/N ratios in Swiss ICP Forests Level II Plots. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-18305>
- Xie, D., Duan, L., Du, E., & de Vries, W. (2024). Indicators and thresholds for nitrogen saturation in forest ecosystems. W: *Atmospheric Nitrogen Deposition to Global Forests*. Elsevier, pp. 249–261 doi: 10.1016/b978-0-323-91140-5.00021-x.
- Xie, D., Yang, D., & Duan, L. (2023). Response of Forest Ecosystems to Decreasing Atmospheric Nitrogen Deposition. 44 5(5), 2681–2693. <https://doi.org/10.13227/j.hjxx.202206274>



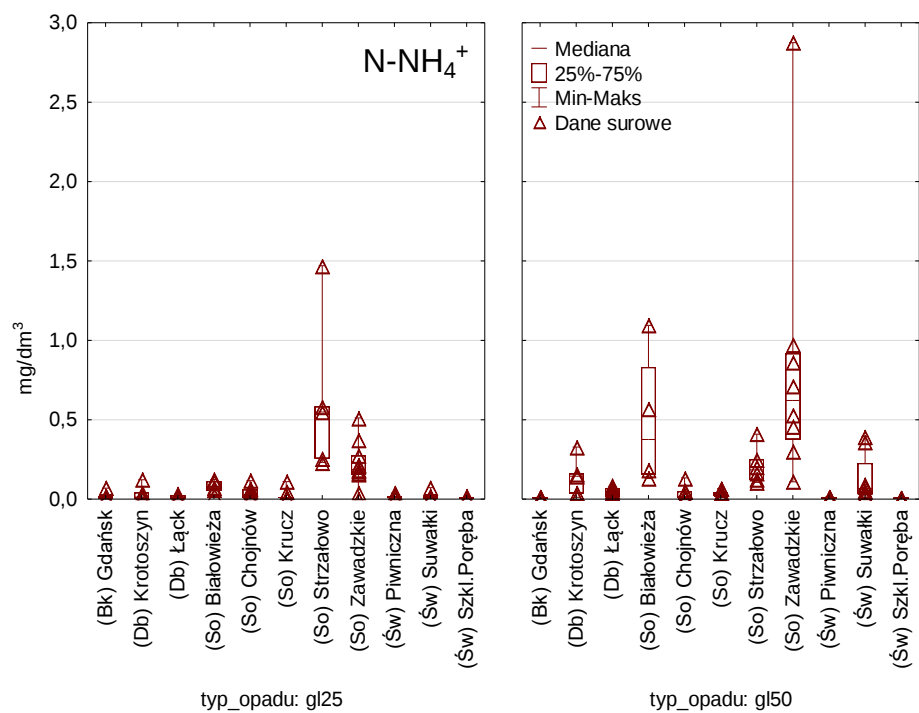
Rycina 14.1. Stosunek molowy kationów zasadowych do glinu (BC/Al) w roztworach glebowych na SPO MI w 2025 r. Poziomymi kreskami zaznaczono średnią roczną wartość pH na głębokości 25 cm (kolor niebieski) i 50 cm (kolor czerwony)



Rycina 14.2. Suma stężeń jonów $[\mu\text{molc dm}^{-3}]$ w roztworach glebowych na głębokości 25 i 50 cm (oznaczenie na lewej pionowej osi wykresu) na SPO MI w 2025 r.



Rycina 14.3. Stężenia azotanów (V) w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2025 r.



Rycina 14.4. Stężenia jonów amonowych [mg N dm⁻³] w roztworach glebowych na głębokościach 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2025 r.

15. ZMIANY STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH, DEPOZYCJI ORAZ SKŁADU ROZTWORÓW GLEBOWYCH PO 2010 R. – ANNA KOWALSKA

Stężenia NO_2 i SO_2 w powietrzu poddano analizie występowania trendów w latach 2011–2025 dla SPO Gdańsk, Suwałki, Strzałowo, Białowieża, Krucz, Krotoszyn, Łąck, Chojnow, Zawadzkie, Szklarska Poręba i Bircza, a od jesieni roku 2013 również dla SPO Piwniczna. Ponadto przeprowadzono analizę trendów dla wielkości opadów na otwartej przestrzeni i pod okapem, pH, zasadowości oraz depozycji SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ i Ca w latach 2011–2025, a dla Chojnowa od 2004. Analizy wykonano również dla objętości oraz stężeń wybranych składników w roztworach glebowych. Wykonano testy na zgodność z rozkładem normalnym oraz na występowanie sezonowości metodami opisanymi przez Waldnera i in. (2014). Do oceny istotności trendów zastosowano nieparametryczny sezonowy test Manna-Kendalla według metodologii zaproponowanej przez Hirscha i Slacka (1984) uzupełniony estymatorem nachylenia Sena. Test ten stanowi rozszerzenie klasycznego testu Manna-Kendalla, uwzględniając sezonową strukturę danych poprzez obliczanie statystyki testowej oddzielnie dla każdego sezonu (w tym przypadku miesiąca), a następnie agregowanie wyników. W roztworach glebowych analizę przeprowadzono z użyciem testu Manna-Kendalla (MK). Obliczenia wykonano w projekcie R wersja 4.5.0 (R Core Team 2025) z użyciem pakietów Kendall (McLeod 2022) oraz rkt (Marchetto 2024).

Wszystkie 12 badanych powierzchni monitoringowych wykazały istotny statystycznie trend malejący stężenia SO_2 w okresie 2011–2025 ($p \leq 0,001$, tab. 15.1). Wartości standaryzowanej statystyki testowej Z wahały się od $-5,29$ (Strzałowo) do $-9,48$ (Bircza), co wskazuje na bardzo silną istotność statystyczną obserwowanych trendów. Współczynnik Kendalla τ reprezentujący siłę trendu, przyjmował wartości od $-0,298$ (Strzałowo) do $-0,533$ (Bircza), co świadczy o umiarkowanej do silnej sile trendu malejącego. Ujemne wartości τ potwierdzają kierunek spadkowy stężenia SO_2 na wszystkich powierzchniach. Nachylenie Sena, będące miarą tempa zmian, wykazało znaczne zróżnicowanie przestrzenne. Najwolniejszy spadek stężenia SO_2 zaobserwowano w Strzałowie ($-0,0328 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), natomiast najszybszy w Birczy ($-0,1287 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) (ryc. 15.1). Inne powierzchnie o szczególnie szybkim tempie redukcji to Zawadzkie ($-0,1150 \mu\text{g/m}^3/\text{rok}$) i Szklarska Poręba ($-0,1095 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$). W rejonach o ogólnie niższym poziomie zanieczyszczeń gazowych (Polska północno-wschodnia): w Suwałkach, Strzałowie i Białowieży spadek stężenia SO_2 był wyraźnie słabiej zaznaczony.

Stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w badanym okresie również wykazywały trendy spadkowe na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI (tab. 15.1). Wartości standaryzowanej statystyki testowej Z wahały się od $-3,79$ (Suwałki) do $-9,78$ (Szklarska Poręba),

potwierdzając bardzo silną istotność statystyczną obserwowanych trendów. Współczynnik Kendalla τ reprezentujący siłę trendu, przyjmował wartości od $-0,214$ (Suwałki) do $-0,550$ (Szkłarska Poręba), co świadczy o umiarkowanej do silnej sile trendu malejącego. Ujemne wartości τ potwierdzają kierunek spadkowy stężenia NO_2 na wszystkich powierzchniach. Nachylenie Sena dla NO_2 wykazało znaczne zróżnicowanie przestrzenne, przy czym wartości bezwzględne były wyraźnie wyższe niż dla SO_2 . Najwolniejszy spadek stężenia NO_2 zaobserwowano w Białowieży i Suwałkach ($-0,0908 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), a także w Strzałowie ($-0,106 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), gdzie od lat stężenia dwutlenku azotu w powietrzu utrzymują się na niskim poziomie w porównaniu z pozostałymi SPO MI (ryc. 15.1). Najszybszy spadek stężenia występował w Chojnowie ($-0,3882 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$). Inne powierzchnie o szczególnie szybkim tempie redukcji to Łąck ($-0,2913 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) i Zawadzkie ($-0,2558 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$).

Stężenia gazowych zanieczyszczeń powietrza w latach 2011–2025 przedstawiono na rycinach 15.2–15.4.

W latach 2010–2025 wysokość opadów na powierzchniach SPO MI nie podlegała istotnym trendom (tab. 15.2, ryc. 15.5a). W opadach na otwartej przestrzeni wzrost pH jest powszechny i istotny statystycznie na większości powierzchni (ryc. 15.5b). Wyjątkiem są Suwałki, gdzie nie ma istotnego trendu rosnącego. W Białowieży występuje nieistotny trend ujemny pH ($-0,030 \text{rok}^{-1}$) w opadach na otwartej przestrzeni, być może odzwierciedlając lokalne procesy buforujące. Najszybciej odkwasza się opad w Szkłarskiej Porębie ($+0,064 \text{pH rok}^{-1}$) i Krotoszyń ($+0,059 \text{pH rok}^{-1}$), najwolniej w Zawadzkim i Kruczu ($+0,022 - +0,026 \text{pH rok}^{-1}$). W opadach podkoronowych wzrost pH jest również powszechny i występuje na jedenastu spośród dwunastu powierzchni, choć o nieco niższym tempie niż w opadach na otwartej przestrzeni. Jedynie w Piwnicznej test Manna-Kendalla wykazał brak trendu, co może być spowodowane krótszym okresem badań – od 2013 roku.

Wzrostowi pH opadów towarzyszyło zmniejszanie się depozycji siarki w formie siarczanów (VI): depozycja S-SO_4^{2-} na wszystkich SPO MI na otwartej przestrzeni oraz pod okapem wykazywała tendencję malejącą (ryc.15.5c). W opadach na otwartej przestrzeni tempo spadku wynosi od $-0,65 \text{mol}_c \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ (Suwałki) do $-1,46 \text{mol}_c \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ (Szkłarska Poręba). W opadach podkoronowych spadki są wyraźnie silniejsze – od $-0,69 \text{mol}_c \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ w Gdańsku do $-3,81 \text{mol}_c \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ w Szkłarskiej Porębie, gdzie obserwuje się najsilniejszy trend spośród wszystkich parametrów i obu typów opadów. Duże wartości w opadach podkoronowych w Zawadzkim ($-1,98 \text{mol}_c \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$) i Piwnicznej ($-1,69 \text{mol}_c \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$) wskazują

na szczególnie silne wymywanie siarczanów z koron drzew lub zmywanie z powierzchni igieł w rejonach historycznie bardziej zanieczyszczonych.

Zmniejszającemu się zakwaszeniu opadów i spadkowi depozycji związków siarki towarzyszył trend wzrostu zasadowości opadów w drzewostanie świerkowym w Szklarskiej Porębie ($+0,25 \text{ eq ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i na otwartej przestrzeni ($+0,39 \text{ eq ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) oraz na otwartej przestrzeni w Gdańsku ($+0,31 \text{ eq ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) (ryc. 15.5c). Na licznych SPO MI (Strzałowo, Białowieża, Suwałki, Piwniczna, Krotoszyn) opady bądź na otwartej przestrzeni bądź pod okapem wykazywały malejącą zasadowość na przestrzeni lat badań. W opadach podkoronowych spadek zasadowości jest najsilniejszy w Białowieży ($-3,34 \text{ eq ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Rozbieżność między powszechnym wzrostem pH a lokalnymi spadkami zasadowości sugeruje, że na części SPO MI buforowanie opadów odbywa się kosztem rezerw zasadowości.

Depozycja mineralnych związków azotu w mniejszym stopniu niż S-SO_4^{2-} podlegała trendom, lecz przeważnie również ulegała zmniejszeniu na terenie Polski, choć zdarzały się lokalizacje o nieistotnych tendencjach wzrostu lub spadku depozycji azotu (ryc. 15.5c).

W opadach na otwartej przestrzeni dziewięć powierzchni wykazuje istotny spadek N-NO_3^- ($-0,45$ do $-1,42 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$); Szklarska Poręba i Bircza notują największe redukcje. Brak trendu lub nieistotny wzrost obserwowany jest w Suwałkach, Białowieży i Zawadzkiem. W opadach podkoronowych trend malejący jest istotny na siedmiu powierzchniach, wśród których szczególnie wyróżnia się Szklarska Poręba ($-2,60 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Wyjątek stanowi Białowieża z wyraźnym wzrostem ($+0,85 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, $p < 0.001$), co może odzwierciedlać nasilone procesy wymywania azotu z koron lub lokalne zmiany w depozycji.

Spadek formy amonowej w opadach występuje na dziesięciu SPO MI w obu typach opadów. W opadach na otwartej przestrzeni największy spadek notuje Bircza ($-2,02 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i Krucz ($-1,33 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$), natomiast brak istotnego trendu w Krotoszynie i Łącku. W opadach podkoronowych trend spadkowy dominuje w Zawadzkiem ($-1,83 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i Szklarskiej Porębie ($-1,70 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$), prawdopodobnie odzwierciedlając silne zatrzymywanie NH_4^+ przez korony drzew w rejonach pozostających pod wpływem przemysłowych źródeł zanieczyszczeń. Brak trendu lub trend nieistotny w Łącku i Kruczu może świadczyć o lokalnych źródłach rolniczych kompensujących redukcję emisji. Azot jest składnikiem podlegającym wymianie w warstwie koron, zatem zmiany depozycji na otwartej przestrzeni mogą nie korespondować ze zmianami depozycji podokapowej. Część azotu jest konsumowana w kontakcie z listowiem i trafia do ekosystemu drogą pośrednią, wbudowywana w biomasę zanim dotrze z opadem do gleby. Ostatecznie wielkość depozycji z atmosfery do gleby

ustala się w wyniku bilansu procesów sorpcji, wymywania oraz wychwytywania związków wnoszonych z opadem, pyłami i gazami do koron drzew (Ferraretto i in. 2022, Liu i in. 2023, Guerrieri i in. 2024).

Trendy wapnia są słabsze i mniej powszechne niż dla związków siarki i azotu (ryc. 15.5c). W opadach na otwartej przestrzeni istotny spadek notuje się na sześciu SPO MI ($-0,16$ do $-1,49$ $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$), przy czym Białowieża wyróżnia się wyjątkowo silnym spadkiem ($-1,49$ $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). W opadach podkoronowych istotne trendy dotyczą tylko trzech powierzchni: Szklarska Poręba ($-1,21$ $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i Chojnów ($-0,33$ $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) wykazują spadek, natomiast Białowieża wykazuje silny wzrost Ca w opadach podkoronowych ($+1,19$ $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, $p < 0.001$), prawdopodobnie na skutek wymywania wapnia z kory i koron drzew lub lokalnych źródeł pyłu alkalicznego.

Dominującym sygnałem, którego dostarcza analiza trendów zmian składu chemicznego jest poprawa jakości opadów: powszechny wzrost pH i spadek depozycji SO_4^{2-} , NH_4^+ i NO_3^- świadczą o skutecznej redukcji emisji w Polsce. Opady podkoronowe wykazują wyraźniejsze zmiany depozycji SO_4^{2-} , NH_4^+ niż opady na otwartej przestrzeni, wskazując na aktywną rolę koron drzew w przechwytywaniu i generowaniu depozycji dogłębowej.

Wszelkie trendy wielkości depozycji na przestrzeni ostatnich lat w mniejszym stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych (tab. 15.3). Korelacje rang Spearmana między nachyleniami Sena w opadach i roztworach glebowych są nieistotne dla siarczanów, nawet jeśli kierunki trendów SO_4^{2-} na SPO MI są zgodne w opadach na SPO MI z istotnymi trendami w glebie. Wynika to z faktu, że trendy SO_4^{2-} w opadach są malejące i w 100% istotne, podczas gdy trendy w glebie są bardziej zróżnicowane i część powierzchni, jak Białowieża, Bircza i Krotoszyn nie wykazuje istotności trendów (ryc. 15.6). Brak istotnych trendów SO_4^{2-} w glebie w Krotoszynie może wynikać z historycznej adsorpcji siarczanów, których powolne uwalnianie opóźnia odpowiedź gleby na redukcję depozycji. Brak istotnych trendów SO_4^{2-} w glebie pomimo silnych trendów malejących w opadach w Białowieży i Birczy może zaś wynikać z niskiej historycznej depozycji siarki i małej akumulacji siarczanów w glebie. Zawadzkie wykazuje co prawda malejący trend SO_4^{2-} w roztworach na głębokości 25 cm, ale brak trendu na głębokości 50 cm, sugerując opóźnienie odpowiedzi chemicznej w glebie na głębszym poziomie. Mimo wszystko, zważywszy na zahamowanie dotychczas trwającego trendu wzrostu stężeń siarczanów na głębokości 50 cm, można uznać że w Zawadzkim pojawiają się słabe na razie oznaki zahamowania degradacji stanu gleby. Nadal jednak kierunek zmian wskaźnika BC:Al

w czasie jest niekorzystny dla dobrostanu gleby w Zawadzkiem: na obu głębokościach występuje istotny trend spadkowy, podobnie jak stężenia wapnia.

Wzrost pH w roztworach glebowych jest widoczny na mniejszej liczbie powierzchni niż w opadach, co wskazuje na opóźnioną odpowiedź gleb na zmiany depozycji. Korelacje między nachyleniami Sena dla pH opadów i roztworów glebowych również nie są istotne, jednak kierunki trendów są zgodne na kilku powierzchniach: Chojnów, Gdańsk, Szklarska Poręba i Piwniczna. W Chojnowie i Gdańsku obserwuje się zgodny wzrost pH zarówno w opadach, jak i na obu głębokościach gleby. Szklarska Poręba także charakteryzuje się silnym wzrostem pH zarówno w opadach, jak i w roztworach glebowych (25 cm i 50 cm), wskutek historycznie najsilniejszej depozycji kwaśnej w Karkonoszach i jej znacznego ograniczenia w późniejszym okresie. Krucz wykazuje anomalię, gdyż wzrostowi pH w opadach towarzyszy spadek na głębokości gleby 25 cm (ryc. 15.6).

Korelacja dla wapnia w opadach podkoronowych i roztworach glebowych na głębokości 50 cm jest istotna ($p=0,004$), ale ujemna, co wskazuje na przeciwne kierunki trendów. W opadach depozycja Ca maleje, podczas gdy w roztworach glebowych Ca wykazuje zróżnicowane trendy. Na części powierzchni następuje wzrost Ca na głębokości 50 cm wskutek np. mobilizacji z minerałów glebowych lub uwalniania z kompleksu sorpcyjnego.

Korelacje trendów form azotu w opadach i roztworach glebowych są nieistotne, odzwierciedlając złożoność transformacji azotu w profilu glebowym. Depozycja NO_3^- w opadach maleje, ale stężenia N_{tot} w roztworach glebowych wykazują zarówno trendy malejące, jak i rosnące.

PODSUMOWANIE

U podstaw stworzenia sieci dwunastu powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego leżało założenie, że powierzchnie te stanowią reprezentatywną bazę do badań stanu i zagrożeń drzewostanów różnych regionów Polski. Różnice pomiędzy powierzchniami dotyczą warunków fizjogeograficznych, zasobności siedlisk i poziomu antropopresji, także pomiędzy drzewostanami zbliżonymi pod względem składu gatunkowego. Różnorodność warunków znalazła odzwierciedlenie w mierzonych parametrach jakości powietrza, opadów bezpośrednich, opadów podkoronowych i roztworów glebowych. Prowadzone pomiary mają przede wszystkim umożliwić wyciągnięcie wniosków co do stopnia antropogenicznego zagrożenia ekosystemów zakwaszeniem i eutrofizacją. Podstawowe zagrożenie niosą związki siarki (dwutlenek siarki w powietrzu atmosferycznym i siarczany (VI) w opadach) o działaniu zakwaszającym oraz związki azotu (dwutlenek azotu i inne gazowe formy azotu w powietrzu, jony amonowe, azotany

(V) oraz organiczne związki azotu w opadach), działające zarówno zakwaszająco, jak i eutrofizująco.

O występowaniu ryzyka eutrofizacji świadczą zaobserwowane przekroczenia ładunku krytycznego azotu. W ramach prac Centrum Koordynacji dla Wpływów (CCE) przy ICP M&M (International Cooperative Program on Modelling & Mapping) Konwencji LRTAP określono doświadczalne ładunki krytyczne azotu, odnoszące się do maksymalnej wielkości depozycji atmosferycznej azotu, która nie powoduje zmian w strukturze i funkcjonowaniu ekosystemu. Opracowanie dla lasów przedstawiono w skrócie w tabeli 15.4 i 15.5, gdzie na podstawie przeglądu danych naukowych z ostatniej dekady zestawiono przewidywane skutki przekroczeń ładunków krytycznych dla poszczególnych elementów środowiska leśnego i lasów wg Bobbink i in. (2022).

Na terenach Polski dla głównych typów lasu (według klasyfikacji EUNIS G1 – lasy liściaste, G3 – lasy iglaste, G4 – lasy mieszane) określono wielkość doświadczalnych ładunków krytycznych azotu na poziomie minimalnym 10 kg N ha^{-1} , maksymalnym 21 kg N ha^{-1} , ze średnią $12,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ i medianą $12,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Pecka i Mill 2011). Rozkład przestrzenny ładunków na obszarze Polski wykazuje powiązanie z dostępnością wody glebowej, wynikającą między innymi z sumy opadów. Pas o kierunku równoleżnikowym na obszarze Polski centralnej charakteryzuje się najniższymi ładunkami krytycznymi (około $7\text{--}13 \text{ kg N ha}^{-1}$), zaś na obszarach północnych i południowych wielkość ładunków krytycznych jest wyższa, przekraczająca 14 kg N ha^{-1} (ibid.).

Dopływ azotu (N_{tot}) do gleb pod okapem w 2025 roku był niższy niż 10 kg N ha^{-1} w Strzałowie ($7,5 \text{ kg N ha}^{-1}$), Chojnowie ($8,0 \text{ kg N ha}^{-1}$), Kruczu ($8,7 \text{ kg N ha}^{-1}$), Gdańsku ($8,9 \text{ kg N ha}^{-1}$), Łącku ($9,3 \text{ kg N ha}^{-1}$), Piwnicznej ($9,3 \text{ kg N ha}^{-1}$) i Suwałkach ($9,5 \text{ kg N ha}^{-1}$). W pozostałych drzewostanach przyjmował wartości od około $10,0$ do $12,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Białowieża, Bircza, Szklarska Poręba i Zawadzkie), aż po $17,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Krotoszyn). W puli azotu całkowitego (N_{tot}) od 68 do 80% stanowiły formy mineralne (N-NH_4^+ i N-NO_3^-). Wielkość całkowitej depozycji azotu do ekosystemu jest trudna do określenia. Gazowe formy azotu są pobierane przez rośliny z powietrza, podobnie część azotu z opadów jest sorbowana w warstwie koron i za pośrednictwem roślin trafia do ekosystemu. Te wielkości nie są możliwe do określenia bezpośrednio na drodze pomiarów, natomiast można je szacować z użyciem modeli bilansu koronowego. Wyniki badań modelowych wskazują, że w 2025 roku w Krotoszynie całkowita depozycja mineralnych związków azotu mogła przekroczyć nawet 26 kg N ha^{-1} , w Suwałkach 19 kg N ha^{-1} , w Chojnowie Birczy, Białowieży, Gdańsku, Łącku, Strzałowie, Piwnicznej i Szklarskiej Porębie wyniosła więcej niż 10 kg N ha^{-1} , a jedynie w Kruczu i Zawadzkim spadła

poniżej 10 kg N ha⁻¹. Wnioskowanie na podstawie wielkości depozycji pod okapem powoduje niedoszacowanie całkowitej ilości azotu, wnoszonego do ekosystemów leśnych (Hansen i Nielsen 1998, Neirynek i in. 2007). Zakładając zatem, że całkowita depozycja azotu może być większa, niż wskazują na to wyniki depozycji podkoronowej, na dużej liczbie badanych powierzchni monitoringu intensywnego jest prawdopodobna nadmierna podaż azotu. Całkowita depozycja azotu na każdej badanej powierzchni przekracza w drzewostanach ładunek krytyczny ustalony empirycznie na poziomie 3-5 kg N rocznie. Wskutek przekroczenia ładunku można spodziewać się niekorzystnych skutków dla życia i funkcjonowania porostów nadrzewnych oraz stymulacji wzrostu glonów wolnożyjących (tab.15.4).

Drzewostany sosnowe

W dwóch drzewostanach sosnowych: w Strzałowie i do pewnego stopnia w Białowieży większa żyzność gleb niż na pozostałych powierzchniach sosnowych wskazuje na panujące tam lepsze warunki siedliskowe. Korzystniejsze właściwości gleb znajdowały wyraz w składzie roztworów glebowych: odczyn roztworów był obojętny w Strzałowie, zaś w Białowieży mniej kwaśny niż w Kruczu, Chojnowie i Zawadzkiem. Roztwory glebowe w Kruczu, Chojnowie, a przede wszystkim w Zawadzkiem – w przeciwieństwie do Strzałowa i Białowieży – charakteryzował ponadto niekorzystny, niski udział zasad w roztworach glebowych oraz niski stosunek sumy zasad do glinu, sugerujący podwyższony poziom stresu siedliskowego, potencjalnie zagrażający rozwojowi korzeni roślin. Opady dopływające do koron drzew niosły niewielkie ryzyko dalszego zakwaszenia szczególnie w Kruczu i Zawadzkiem, na co wskazuje równowaga lub przewaga jonów mocnych kwasów nad jonami mocnych zasad średnio w roku. Ryzyko to było niższe w Białowieży i Chojnowie, gdzie opady charakteryzowały się nieco wyższym pH i ANC przyjmowało zdecydowanie dodatnie wartości. Najniższe pH opadów spośród powierzchni sosnowych zanotowano w Zawadzkiem i Kruczu. Również tam występowały w opadach najniższe wartości ANC w porównaniu do wszystkich SPO, nie tylko na tle powierzchni sosnowych. Podkoronowa depozycja siarki w postaci jonów siarczanowych (VI) w Strzałowie, Białowieży oraz Kruczu (1,1-1,4 kg S ha⁻¹) była niska w porównaniu z innymi SPO MI z tej grupy powierzchni, natomiast w drzewostanie w Chojnowie depozyt S-SO₄²⁻ wyniósł 2,1 kg S ha⁻¹, a w Zawadzkiem 2,6 kg S ha⁻¹. W Białowieży i Strzałowie oprócz tego, że opady wносиły małe ilości siarki, poziomy gazowych zanieczyszczeń powietrza (NO₂ i SO₂) również należały do najniższych w Polsce. Pozostałe powierzchnie sosnowe: w Kruczu oraz szczególnie w Zawadzkiem i Chojnowie były obciążone wysokimi depozytami gazowych zanieczyszczeń powietrza (N-NO₂ i S-SO₂) w stosunku do nizinnych SPO MI (por. rozdział „Poziom stężeń NO₂

i SO_2 w powietrzu na terenach leśnych na SPO MI”). Stały dopływ zanieczyszczeń o działaniu zakwaszającym wskazywałby na ryzyko postępującego zakwaszenia wymienionych siedlisk sosnowych, usytuowanych na glebach lekkich i ubogich w jony o charakterze zasadowym. Mimo to ładunki krytyczne zakwaszenia wyznaczone dla tego typu drzewostanów według badań na SPO MI nie są obecnie przekraczane, choć w minionych latach taka sytuacja miała miejsce w Zawadzkim. Obserwacje trendów chemizmu roztworów glebowych nie dostarczyły dotychczas dowodów na wyraźną poprawę stanu środowiska glebowego na powierzchniach sosnowych. W Kruczu spada pH roztworów glebowych w płytszej warstwie gleby. Jedynie w Chojnowie rosnące pH i BC:Al stanowią kontynuację zapoczątkowanych w 2022 roku korzystnych zmian. W Zawadzkim nadal utrzymuje się niekorzystny trend i malejącego stosunku jonów o charakterze zasadowym do glinu. Stwierdza się jedynie zahamowanie wzrostu stężenia jonów siarczanowych w roztworach glebowych na głębokości 50 cm, a nawet istotny ich spadek w wierzchnim poziomie, czemu towarzyszy trend wzrostu pH na głębokości 25 cm.

W roztworach glebowych pojawiały się okresowo jony NO_3^- (Strzałowo, Krucz, Białowieża) lub NH_4^+ (Strzałowo, Białowieża, Zawadzkie). W Strzałowie i Białowieży podwyższone stężenia mineralnych form azotu w roztworach glebowych mogą wskazywać na chemiczną odpowiedź ekosystemu na widoczne uszkodzenia drzewostanu przez choroby grzybowe i wiatry. Przekroczenia ładunków krytycznych azotu występują corocznie na niemal wszystkich powierzchniach sosnowych. W Zawadzkim po raz pierwszy krytyczne ładunki azotu pokarmowego nie zostały przekroczone. Mimo to można przypuszczać, że w sprzyjających warunkach hydrometeorologicznych azot jest wymywany z gleb wskutek nadmiernej depozycji, a siedliska borowe podlegają eutrofizacji.

Drzewostany świerkowe

Charakterystyczne dla drzewostanów iglastych, a zwłaszcza świerkowych, jest zjawisko znacznego wzbogacenia opadu w rozpuszczone substancje po przejściu przez warstwę koron. Korony drzew iglastych dzięki rozwiniętej powierzchni aparatu asymilacyjnego znacznie skuteczniej, niż w przypadku drzew liściastych, „wyczesują” zanieczyszczenia z powietrza (Gundersen i in. 2009), wskutek czego do gleby trafiają ilości substancji dużo większe, niż wynikałoby z depozycji mierzonej na otwartym (bezdrzewnym) terenie. Dodatkowo w górach rośnie udział depozycji poziomej z mgły, szronu i chmur (Błaś i in. 2010), która zwiększa depozyt zanieczyszczeń.

Depozyt, który górski drzewostan świerkowy w Szklarskiej Porębie otrzymywał z opadami atmosferycznymi i depozyt docierający do gleby pod okapem, był wyższy

niż w Piwnicznej, co w znacznej mierze wynikało z różnicy w sumie opadów. Pod względem gazowych zanieczyszczeń powietrza obie powierzchnie charakteryzowały się porównywalnymi warunkami. Dopływające opady wносиły w Szklarskiej Porębie ładunek siarki w formie siarczanowej (VI) w wysokości $2,3 \text{ kg S ha}^{-1}$, a $2,1 \text{ kg S ha}^{-1}$ w Piwnicznej. Całkowita depozycja siarki w formie siarczanów do gleby w drzewostanie była w Szklarskiej Porębie o około 35% wyższa niż w Piwnicznej (odpowiednio $3,0 \text{ kg S ha}^{-1}$ i $2,2 \text{ kg S ha}^{-1}$). Wody opadowe na obu powierzchniach miały kwaśny odczyn (pH 5,3 - 5,5) a jony mocnych kwasów i zasad występowały w niemal równoważnych ilościach: ANC w opadach bezpośrednich w Szklarskiej Porębie wynosiło $-8,1 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$, w Piwnicznej $-3,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$. Pod okapem w Piwnicznej jony o charakterze zasadowym znacząco przeważały nad depozycją kwasową - ANC w opadach podkoronowych w Piwnicznej wyniosło $63,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$. W Szklarskiej Porębie natomiast wskaźnik ANC był niższy ($27,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), choć również wskazywał na przewagę depozycji zasadowej nad kwasową.

W Szklarskiej Porębie gleba charakteryzuje się kwaśnym odczynem i niskim wysyceniem zasadami (Wawrzoniak 2010). Odczyn roztworów glebowych również jest kwaśny, a niski stosunek jonów o charakterze zasadowym do glinu w roztworach glebowych stanowi potwierdzenie niekorzystnych warunków glebowych. W badaniach monitoringu lasów oznaczona zostaje całkowita zawartość glinu, a nie jego form toksycznych (nieorganicznych, wielowartościowych) dla roślin. Zakładając, że udział form organicznych (nietoksycznych) pozostaje w związku ze stężeniami rozpuszczonego węgla organicznego (Oulehle i Hruška 2005), można przypuszczać, że w glebie w Szklarskiej Porębie dominują formy toksyczne. W roztworach glebowych obecne są bowiem niskie stężenia węgla organicznego, który mógłby wiązać Al w nietoksycznej formie w kompleksach organicznych. Brakuje więc w glebie mechanizmów chroniących korzenie roślin przed szkodliwym działaniem toksycznego glinu.

W Piwnicznej odczyn roztworów glebowych był zbliżony do obserwowanego w Szklarskiej Porębie, mimo to udział zasad w roztworach glebowych był dwukrotnie wyższy. Stosunek jonów o charakterze zasadowym do glinu wskazuje na korzystniejsze – choć nadal nie optymalne - warunki glebowe dla korzeni drzew niż w Szklarskiej Porębie.

Na północno-wschodnim krańcu Polski, w świerczynie w Suwałkach, panują odmienne warunki glebowo-siedliskowe niż w świerczynach górskich. Odczyn roztworów glebowych był obojętny (pH 7,1–7,8), udział jonów zasadowych wynosił 74% - 90% i nie występowało zagrożenie dla korzeni drzew ze strony ruchomego glinu. Depozycja siarki w formie gazowej była niewielka w porównaniu do pozostałych SPO MI. Niższa była również depozycja siarki w postaci

siarczanów (VI) w opadach bezpośrednich ($1,7 \text{ kg S ha}^{-1}$) i do gleby pod okapem ($2,4 \text{ kg S ha}^{-1}$) w porównaniu do górskiego drzewostanu świerkowego w Szklarskiej Porębie. Drzewostan mimo to wykazuje cechy powolnego rozpadu na skutek oddziaływania czynników biologicznych, a w odpowiedzi na to zjawisko wykonywane są okresowo cięcia sanitarne, co jest możliwą przyczyną okresowo podwyższonych stężeń jonów amonowych i azotanów (V) w roztworach glebowych. Nie wyklucza się również jako czynnika sprawczego w przeszłości nadmiernej depozycji azotu, przewyższającej ładunek krytyczny przynajmniej w niektórych latach badań.

Drzewostany bukowe

Żyzne buczyny: nadmorska w Nadleśnictwie Gdańsk i karpacka w Nadleśnictwie Bircza różniły się pod względem wielkości i charakteru depozytu: w Birczy depozycja S-SO_4^{2-} w opadach dopływających do lasu przewyższała depozycję siarczanów (VI) w Gdańsku, pomimo że całkowita suma depozycji w Gdańsku była znacznie wyższa niż w Birczy. Również depozycja siarki w formie gazowej była w Birczy wyższa niż w Gdańsku. Opady w obu lokalizacjach charakteryzowały się zbliżoną zdolnością zobojętniania kwasów, wyrażoną wskaźnikiem ANC, i na obu SPO MI ANC opadów podkoronowych przewyższało ANC opadów na otwartej przestrzeni.

Pod względem żyzności gleb Bircza charakteryzuje się znacznie korzystniejszymi warunkami niż Gdańsk, niestety ze względu na brak wystarczającej ilości wody w glebie nie przeprowadzono w 2025 badań roztworów glebowych w Birczy. Wnioskując na podstawie roku 2024 i lat wcześniejszych, pH w Birczy zazwyczaj osiąga stosunkowo wysokie wartości, a w roztworach glebowych dominują kationy o charakterze zasadowym. W Gdańsku w roztworach glebowych kationy o charakterze zasadowym mają zazwyczaj o wiele niższy udział niż Birczy. W glebie w tych warunkach istnieje ryzyko uszkodzenia korzeni przez jony glinu. Glin w zakresie pH, jaki występował w Gdańsku w glebie (pH 3,5–4,2 w fazie mineralnej do głębokości 65 cm, Wawrzoniak 2010) i w roztworach glebowych (pH 4,9) jest obecny w przewodzie w toksycznej formie wolnego jonu Al^{3+} (Bi i in. 2001), stanowiąc czynnik potencjalnie szkodliwy dla rozwoju roślin. Trendy zmian obserwowane w roztworach glebowych wskazują na poprawę środowiska glebowego w Gdańsku: istotnie rośnie pH i spada stężenie siarczanów (VI) na obu głębokościach gleby.

Ładunki krytyczne kwasowości były w niektórych latach badań przekraczane w buczynie nadmorskiej w Gdańsku, lecz dotychczas nie stwierdzono podobnego zjawiska w Birczy. Stanowi to potwierdzenie występowania znaczących różnic w możliwościach buforowania w glebach

kwasowej depozycji w środowisku buczyn zlokalizowanych w Polsce północnej oraz w rejonach podgórskich Karpat.

W Birczy na przestrzeni lat badań był niekiedy przekraczany ładunek krytyczny azotu, natomiast zjawisko to nie wystąpiło dotychczas w Gdańsku, mimo że wielkość depozycji całkowitej azotu w wielu latach badań była tam zbliżona do wartości uznawanej za krytyczną. Należy jednak zaznaczyć, że dane z roku 2025 dla obu tych buczyn wskazują na brak przekroczeń ładunków krytycznych azotu i zakwaszenia.

Drzewostany dębowe

W Łącku i Krotoszynie opady atmosferyczne charakteryzowały się odczynem w zakresie normalnym (średnie pH 5,9-6,0), przy niewielkiej przewadze mocnych kwasów nad zasadami ($ANC < 0$) w Krotoszynie i niewielkiej przewadze zasad nad jonami kwasowymi w Łącku ($ANC > 0$). Depozycja wnoszona z opadami na otwartej przestrzeni na obu powierzchniach była zbliżona co do składu chemicznego i ilości. Pod okapem w Krotoszynie do gleby docierały znacznie większe ilości składników, szczególnie pochodzących z wymywania z tkanek roślin (RWO, K). Również depozycja podkoronowa azotu była w Krotoszynie półtorakrotnie większa niż w Łącku. Grądy w nadleśnictwach Krotoszyn i Łąck charakteryzują się odmiennymi warunkami glebowymi. Pomimo ogólnego zakwaszenia w profilu glebowym siedlisko w Krotoszynie ma większy potencjał neutralizacji ładunku kwasowego ze względu na znaczny udział zasad w kompleksie sorpcyjnym (Wawrzoniak 2010) i w składzie roztworów glebowych. Mimo że stężenie glinu w roztworach glebowych jest w Łącku zbliżone do tego w Krotoszynie, bardziej prawdopodobne jest tam ryzyko zaburzeń rozwoju korzeni drzew spowodowane obecnością glinu ruchomego. Wskazuje na to niższy od jedności stosunek jonów zasadowych do glinu w roztworach glebowych w silnie ukorzenionym poziomie gleby w Łącku. W Krotoszynie w roztworach glebowych występują wysokie stężenia azotu w formach mineralnych, prawdopodobnie w następstwie zwiększonego tempa mineralizacji, postępującego w wyniku uszkodzenia drzewostanu i zamierania drzew na skutek czynników o różnym pochodzeniu (warunki wodne, wiatry, choroby grzybowe). Ładunki krytyczne eutrofizacji są systematycznie przekraczane na obu stanowiskach, a rok 2025 nie był pod tym względem wyjątkiem.

Dużym zagrożeniem dla prawidłowego rozwoju drzewostanów są niekorzystne właściwości wodno-powietrzne gleb na obu stanowiskach, choć wynikają z różnych przyczyn. Lekka, wytworzona z piasków wodnolodowcowych, gleba w Łącku charakteryzuje się niską retencyjnością wodną, co przy falistym ukształtowaniu terenu i spływie powierzchniowym sprzyja występowaniu niedoborów wody. W Krotoszyńskiej dąbrowie, położonej na ciężkiej glebie

wytworzonej z gliny zwałowej, występują natomiast zarówno okresowe zalewy, jak i niedobory wody.

LITERATURA

- Bi, S.P., An, S.Q., Tang, W., Yang, M., Qian, H.F., & Wang, J. (2001). Modelling the distribution of aluminum speciation in acid soil solution equilibria with the mineral phase alunite. *Environmental Geology*, 41: 25-36.
- Błaś, M., Polkowska, Ż., & Cichała-Kamrowska, K. (2010). Water and chemical input via hydrometeors in central European mountains with Szrenica Mt. as an example. 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew (p. pp.4). Munster, Germany.
- Bobbink, R., Loran, Ch., Tomassen, H.[Eds] (2022). Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Pp. 358. German Environment Agency, Germany.
- Ferraretto, D., Nair, R., Shah, N. W., Reay, D., Mencuccini, M., Spencer, M., & Heal, K. V. (2022). Forest canopy nitrogen uptake can supply entire foliar demand. *Functional Ecology*, 36, 933–949. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14005>
- Guerrieri, R., Cáliz, J., Mattana, S. et al. Substantial contribution of tree canopy nitrifiers to nitrogen fluxes in European forests. *Nat. Geosci.* 17, 130–136 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01364-3>
- Gundersen, P., Sevel, L., Christiansen, J. R., Vesterdal, L., Hansen, K., & Bastrup-Birk, A. (2009). Do indicators of nitrogen retention and leaching differ between coniferous and broadleaved forests in Denmark? *Forest Ecology and Management*, 258(7), 1137–1146. doi:10.1016/j.foreco.2009.06.007
- Hansen, B., & Nielsen, K. E. (1998). Comparison of acidic deposition to semi-natural ecosystems in Denmark—coastal heath, inland heath and oak wood. *Atmospheric Environment*, 32(6), 1075–1086.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, 20(6), 727-732. <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>
- Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods* (4th ed.). Gri-n, London.
- Liu, X.-Y., Liu, M.-N., Qin, W.-X., & Song, W. (2023). Isotope constraints on nitrate exchanges between precipitation and forest canopy. *Global Biogeochemical Cycles*, 37, e2023GB007920. <https://doi.org/10.1029/2023GB007920>
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259.
- Marchetto A (2024). `_rkt: Mann-Kendall Test, Seasonal and Regional Kendall Tests`. doi:10.32614/CRAN.package.rkt, <<https://doi.org/10.32614/CRAN.package.rkt>>, R package version 1.7, <<https://CRAN.R-project.org/package=rkt>>.
- McLeod A (2022). `_Kendall: Kendall Rank Correlation and Mann-Kendall Trend Test_`. R package version 2.2.1, <https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>.
- Neirynck, J., Kowalski, A. S., Carrara, A., Genouw, G., Berghmans, P., & Ceulemans, R. (2007). Fluxes of oxidised and reduced nitrogen above a mixed coniferous forest exposed to various nitrogen emission sources. *Environmental Pollution*, 149, 31–43.
- Oulehle, F. & Hruška, J. (2005). Tree species (*Picea abies* and *Fagus sylvatica*) effects on soil water acidification and aluminium chemistry at sites subjected to long-term acidification in the Ore Mts., Czech Republic. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99, 1822–1829.

- Pecka, T. & Mill, W. (2011). Doświadczalne ładunki krytyczne azotu dla ekosystemów lądowych – adaptacja metody CCE do warunków środowiskowych Polski. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 47, 121-132.
- R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.
<https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Waldner, P., A. Marchetto, A. Thimonier, M. Schmitt, M. Rogora, O. Granke, V. Mues, K. Hansen, G. Pihl-Karlsson, D. Žlindra, N. Clarke, A. Verstraeten, A. Lazdins, C. Schimming, C. Iacoban, A.-J. Lindroos, E. Vanguelova, S. Benham, H. Meesenburg, M. Nicolas, A. Kowalska, V. Apuhtin, U. Napa, Z. Lachmanová, F. Kristoefel, A. Bleeker, M. Ingerslev, L. Vesterdal, J. Molina, U. Fischer, W. Seidling, M. Jonard, P. O'Dea, J. Johnson, R. Fischer, M. Lorenz., (2014). Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmos. Environ.*, 95, 363-374,
[10.1016/j.atmosenv.2014.06.054](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.054)
- Wawrzoniak J. [red.]. (2010). Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2009 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary. ISBN: 978-83-87647-93-3

Tabela 15.1. Wyniki sezonowego testu Manna-Kendalla dla stężenia SO₂ i NO₂ na SPO MI w latach 2011–2025. Objasnienia: n (lat) – liczba lat objętych analizą; n (obs.) – liczba dostępnych obserwacji miesięcznych; n (NA) – liczba braków danych; S – statystyka Manna-Kendalla; Z – standaryzowana statystyka testowa; p – wartość p (wszystkie <0,001); τ – współczynnik Kendalla; CI – przedział ufności; *** – p < 0,001***

SPO MI	n (lat)	n (obs.)	n (NA)	S	Z	p	τ	Nachylenie Sena (µg/m ³ /rok)	95% CI dolny	95% CI górny	Trend	Istotność
SO ₂												
Gdańsk	15	177	3	-508	-7,41	<0,001	-0,417	-0,0739	-0,0979	-0,0499	Malejący	***
Suwałki	15	176	4	-425	-6,25	<0,001	-0,353	-0,0489	-0,0671	-0,0307	Malejący	***
Strzałowo	15	177	3	-363	-5,29	<0,001	-0,298	-0,0328	-0,0532	-0,0124	Malejący	***
Białowieża	15	177	3	-389	-5,68	<0,001	-0,319	-0,0375	-0,0536	-0,0214	Malejący	***
Krucz	15	177	3	-384	-5,60	<0,001	-0,315	-0,0634	-0,0879	-0,0388	Malejący	***
Krotoszyn	15	176	4	-397	-5,83	<0,001	-0,330	-0,0675	-0,1000	-0,0350	Malejący	***
Łąck	15	177	3	-472	-6,89	<0,001	-0,388	-0,0836	-0,1156	-0,0516	Malejący	***
Chojnów	15	176	4	-506	-7,44	<0,001	-0,420	-0,0681	-0,0929	-0,0433	Malejący	***
Zawadzkie	15	175	5	-426	-6,32	<0,001	-0,358	-0,1150	-0,1601	-0,0699	Malejący	***
Szklarska												
Poręba	15	177	3	-634	-9,26	<0,001	-0,521	-0,1095	-0,1351	-0,0839	Malejący	***
Bircza	15	177	3	-649	-9,48	<0,001	-0,533	-0,1287	-0,1607	-0,0966	Malejący	***
Piwniczna	13	141	15	-267	-5,40	<0,001	-0,351	-0,0657	-0,0987	-0,0326	Malejący	***
NO ₂												
Gdańsk	15	177	3	-446	-6,51	<0,001	-0,366	-0,1463	-0,1977	-0,0949	Malejący	***
Suwałki	15	176	4	-258	-3,79	<0,001	-0,214	-0,0908	-0,1325	-0,0492	Malejący	***
Strzałowo	15	177	3	-522	-7,62	<0,001	-0,429	-0,1062	-0,1367	-0,0757	Malejący	***
Białowieża	15	176	4	-522	-7,68	<0,001	-0,434	-0,0908	-0,1160	-0,0655	Malejący	***
Krucz	15	177	3	-470	-6,86	<0,001	-0,386	-0,1830	-0,2371	-0,1290	Malejący	***
Krotoszyn	15	176	4	-345	-5,07	<0,001	-0,286	-0,1420	-0,2027	-0,0813	Malejący	***
Łąck	15	177	3	-476	-6,95	<0,001	-0,391	-0,2913	-0,3677	-0,2148	Malejący	***
Chojnów	15	176	4	-498	-7,33	<0,001	-0,414	-0,3882	-0,4790	-0,2973	Malejący	***
Zawadzkie	15	175	5	-607	-9,01	<0,001	-0,510	-0,2558	-0,3258	-0,1859	Malejący	***
Szklarska												
Poręba	15	177	3	-670	-9,78	<0,001	-0,550	-0,1767	-0,2215	-0,1319	Malejący	***
Bircza	15	177	3	-588	-8,58	<0,001	-0,483	-0,1294	-0,1564	-0,1024	Malejący	***
Piwniczna	13	141	15	-361	-7,31	<0,001	-0,474	-0,1390	-0,1896	-0,0884	Malejący	***

Tabela 15.2. Podstawowe statystyki sezonowego testu Manna Kendalla (SMK): S – statystyka S, wartość Z, Tau, współczynnik korelacji rangowej, p-value – prawdopodobieństwo testowe, istotność: ns. – nieistotne, * - istotne przy $p < 0,05$, ** - istotne przy $p < 0,01$, *** - istotne przy $p < 0,001$, nachylenie Sena, detekcja trendu dla depozycji składników oraz stężeń zasadowości w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i w drzewostanie (PK) na powierzchniach monitoringu intensywnego w latach 2010–2025 (od 2004 dla Chojnowa i od listopada 2013 dla Piwnicznej). Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy malejące, czerwoną czcionką wykryte trendy rosnące.

SPO MI	Parametr	opad	pH	SO4	NO3	NH4	Ca	Zasadowość
Gdańsk (buk)	OP							
	S	-17.0	419.0	-543.0	-283.0	-219.0	-170.0	159.0
	Z	-0,21	5,52	-7,15	-3,72	-2,88	-2,23	2,14
	p_value	0,8329	0,0000	0,0000	0,0002	0,0040	0,0258	0,0326
	Istotnosc	ns	***	***	***	**	*	*
	Tau	-0,001	0,023	-0,030	-0,016	-0,012	-0,009	0,009
	Nachylenie_Sena	0,05	0,04	-0,77	-0,54	-0,55	-0,27	0,31
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Rosnacy
	PK							
	S	39.0	225.0	-474.0	-179.0	-315.0	-99.0	-137.0
	Z	0,50	2,98	-6,28	-2,36	-4,17	-1,30	-1,82
	p_value	0,6136	0,0029	0,0000	0,0180	0,0000	0,1929	0,0687
	Istotnosc	ns	**	***	*	***	ns	ns
	Tau	0,002	0,013	-0,027	-0,010	-0,018	-0,006	-0,008
	Nachylenie_Sena	0,26	0,01	-0,69	-0,36	-0,77	-0,14	-0,73
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
Bircza (buk)	OP							
	S	-45.0	326.0	-617.0	-565.0	-565.0	-139.0	-40.0
	Z	-0,58	4,35	-8,18	-7,49	-7,49	-1,83	-0,57
	p_value	0,5617	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0667	0,5718
	Istotnosc	ns	***	***	***	***	ns	ns
	Tau	-0,003	0,019	-0,035	-0,032	-0,032	-0,008	-0,002
	Nachylenie_Sena	0,08	0,03	-1,31	-1,17	-2,02	-0,31	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
	PK							
	S	16.0	306.0	-474.0	-196.0	-307.0	-37.0	37.0
	Z	0,20	4,09	-6,33	-2,61	-4,10	-0,48	0,50
	p_value	0,8420	0,0000	0,0000	0,0090	0,0000	0,6298	0,6193
	Istotnosc	ns	***	***	**	***	ns	ns
	Tau	0,001	0,017	-0,027	-0,011	-0,017	-0,002	0,002
	Nachylenie_Sena	0,29	0,05	-1,03	-0,59	-0,59	-0,08	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
Krotoszyn (dąb)	OP							
	S	-54.0	503.0	-571.0	-267.0	-129.0	-135.0	70.0
	Z	-0,70	6,72	-7,62	-3,56	-1,71	-1,79	0,94
	p_value	0,4817	0,0000	0,0000	0,0004	0,0869	0,0731	0,3477
	Istotnosc	ns	***	***	***	ns	ns	ns
	Tau	-0,003	0,029	-0,032	-0,015	-0,007	-0,008	0,004
	Nachylenie_Sena	-0,16	0,06	-0,85	-0,55	-0,36	-0,22	0,09
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu	Brak trendu
	PK							
	S	-82.0	304.0	-568.0	-171.0	-258.0	-113.0	-184.0
	Z	-1,08	4,08	-7,64	-2,29	-3,46	-1,51	-2,47
	p_value	0,2786	0,0000	0,0000	0,0221	0,0005	0,1315	0,0136
	Istotnosc	ns	***	***	*	***	ns	*
	Tau	-0,005	0,017	-0,033	-0,010	-0,015	-0,006	-0,011
	Nachylenie_Sena	-0,23	0,02	-1,45	-0,29	-1,04	-0,34	-1,47
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Malejacy

cd. Tab. 15.2

SPO MI	Parametr	opad	pH	SO4	NO3	NH4	Ca	Zasadowość
Łąck (dąb)	OP							
	S	18.0	557.0	-457.0	-386.0	-124.0	-155.0	34.0
	Z	0,22	7,34	-6,01	-5,08	-1,62	-2,03	0,46
	p_value	0,8226	0,0000	0,0000	0,0000	0,1048	0,0422	0,6425
	Istotnosc	ns	***	***	***	ns	*	ns
	Tau	0,001	0,031	-0,025	-0,021	-0,007	-0,009	0,002
	Nachylenie_Sena	0,11	0,04	-0,67	-0,45	-0,29	-0,16	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu
	PK							
	S	8.0	369.0	-418.0	-270.0	-116.0	-5.0	-84.0
	Z	0,10	5,39	-6,10	-3,93	-1,68	-0,06	-1,23
	p_value	0,9185	0,0000	0,0000	0,0001	0,0926	0,9533	0,2171
	Istotnosc	ns	***	***	***	ns	ns	ns
	Tau	0,001	0,024	-0,027	-0,017	-0,007	0,000	-0,005
	Nachylenie_Sena	0,02	0,02	-1,02	-0,44	-0,32	-0,05	-1,12
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu	Brak trendu
Białowieża (sosna)	OP							
	S	-94.0	-139.0	-532.0	122.0	-188.0	-420.0	-344.0
	Z	-1,25	-1,85	-7,11	1,62	-2,50	-5,61	-4,63
	p_value	0,2131	0,0646	0,0000	0,1053	0,0123	0,0000	0,0000
	Istotnosc	ns	ns	***	ns	*	***	***
	Tau	-0,005	-0,008	-0,030	0,007	-0,011	-0,024	-0,020
	Nachylenie_Sena	-0,81	-0,03	-0,73	0,12	-0,56	-1,49	-2,65
	Trend	Brak trendu	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Malejacy	Malejacy
	PK							
	S	-120.0	278.0	-594.0	349.0	-263.0	295.0	-203.0
	Z	-1,60	3,76	-8,06	4,73	-3,56	3,99	-2,76
	p_value	0,1088	0,0002	0,0000	0,0000	0,0004	0,0001	0,0058
	Istotnosc	ns	***	***	***	***	***	**
	Tau	-0,007	0,016	-0,035	0,020	-0,015	0,017	-0,012
	Nachylenie_Sena	-0,61	0,02	-1,07	0,85	-0,37	1,19	-3,34
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Rosnacy	Malejacy	Rosnacy	Malejacy
Strzałowo (sosna)	OP							
	S	-66.0	372.0	-603.0	-429.0	-332.0	-148.0	33.0
	Z	-0,86	4,90	-7,94	-5,64	-4,47	-1,94	0,44
	p_value	0,3913	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0526	0,6606
	Istotnosc	ns	***	***	***	***	ns	ns
	Tau	-0,004	0,021	-0,034	-0,024	-0,019	-0,008	0,002
	Nachylenie_Sena	-0,39	0,03	-0,73	-0,67	-0,75	-0,20	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
	PK							
	S	-89.0	258.0	-642.0	-95.0	-158.0	-81.0	-252.0
	Z	-1,17	3,44	-8,57	-1,26	-2,10	-1,07	-3,37
	p_value	0,2423	0,0006	0,0000	0,2087	0,0357	0,2846	0,0007
	Istotnosc	ns	***	***	ns	*	ns	***
	Tau	-0,005	0,015	-0,037	-0,005	-0,009	-0,005	-0,014
	Nachylenie_Sena	-0,39	0,02	-0,79	-0,13	-0,34	-0,09	-2,15
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Malejacy
Krucz (sosna)	OP							
	S	-71.0	262.0	-618.0	-397.0	-363.0	-165.0	-121.0
	Z	-0,93	3,47	-8,20	-5,26	-4,81	-2,18	-1,69
	p_value	0,3524	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0293	0,0917
	Istotnosc	ns	***	***	***	***	*	ns
	Tau	-0,004	0,015	-0,035	-0,022	-0,020	-0,009	-0,007
	Nachylenie_Sena	-0,32	0,03	-0,99	-0,79	-1,33	-0,27	-0,50
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu
	PK							
	S	-54.0	513.0	-509.0	-117.0	129.0	-121.0	133.0
	Z	-0,70	6,81	-6,75	-1,54	1,70	-1,59	1,77
	p_value	0,4813	0,0000	0,0000	0,1233	0,0890	0,1109	0,0760
	Istotnosc	ns	***	***	ns	ns	ns	ns
	Tau	-0,003	0,029	-0,029	-0,007	0,007	-0,007	0,007
	Nachylenie_Sena	-0,19	0,06	-0,81	-0,34	0,27	-0,15	0,13
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu	Brak trendu	Brak trendu

cd. Tab. 15.2

SPO MI	Parametr	opad	pH	SO4	NO3	NH4	Ca	Zasadowość
Chojnów (sosna)	OP							
	S	-96.0	472.0	-534.0	-305.0	-174.0	-71.0	69.0
	Z	-1,25	6,22	-7,03	-4,01	-2,28	-0,92	0,93
	p_value	0,2103	0,0000	0,0000	0,0001	0,0225	0,3559	0,3514
	Istotnosc	ns	***	***	***	*	ns	ns
	Tau	-0,005	0,026	-0,030	-0,017	-0,010	-0,004	0,004
	Nachylenie_Sena	-0,63	0,04	-0,93	-0,48	-0,49	-0,19	0,01
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
	PK							
	S	-137.0	686.0	-597.0	-231.0	-197.0	-152.0	5.0
	Z	-1,81	9,11	-7,92	-3,06	-2,60	-2,01	0,06
	p_value	0,0708	0,0000	0,0000	0,0022	0,0092	0,0448	0,9547
	Istotnosc	ns	***	***	***	**	*	ns
	Tau	-0,008	0,039	-0,034	-0,013	-0,011	-0,009	0,000
	Nachylenie_Sena	-0,74	0,06	-1,59	-0,57	-0,44	-0,33	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu
Zawadzkie (sosna)	OP							
	S	-64.0	258.0	-576.0	59.0	-156.0	-211.0	49.0
	Z	-0,84	3,49	-7,80	0,79	-2,10	-2,85	0,71
	p_value	0,3990	0,0005	0,0000	0,4312	0,0354	0,0044	0,4776
	Istotnosc	ns	***	***	ns	*	**	ns
	Tau	-0,004	0,015	-0,033	0,003	-0,009	-0,012	0,003
	Nachylenie_Sena	-0,29	0,02	-0,90	0,16	-0,43	-0,27	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Malejacy	Brak trendu
	PK							
	S	41.0	257.0	-509.0	18.0	-270.0	3.0	54.0
	Z	0,54	3,50	-6,95	0,23	-3,68	0,03	0,74
	p_value	0,5895	0,0005	0,0000	0,8161	0,0002	0,9782	0,4566
	Istotnosc	ns	***	***	ns	***	ns	ns
	Tau	0,002	0,015	-0,030	0,001	-0,016	0,000	0,003
	Nachylenie_Sena	0,29	0,03	-1,98	-0,17	-1,83	-0,02	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
Suwalki (świerk)	OP							
	S	-45.0	123.0	-423.0	-68.0	-269.0	-85.0	-247.0
	Z	-0,59	1,65	-5,69	-0,90	-3,62	-1,13	-3,35
	p_value	0,5558	0,0995	0,0000	0,3660	0,0003	0,2571	0,0008
	Istotnosc	ns	ns	***	ns	***	ns	***
	Tau	-0,003	0,007	-0,024	-0,004	-0,015	-0,005	-0,014
	Nachylenie_Sena	-0,06	0,01	-0,65	-0,12	-0,73	-0,23	-1,33
	Trend	Brak trendu	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Malejacy
	PK							
	S	44.0	362.0	-483.0	69.0	-373.0	123.0	-34.0
	Z	0,57	4,83	-6,45	0,91	-4,98	1,63	-0,44
	p_value	0,5678	0,0000	0,0000	0,3630	0,0000	0,1027	0,6587
	Istotnosc	ns	***	***	ns	***	ns	ns
	Tau	0,002	0,021	-0,027	0,004	-0,021	0,007	-0,002
	Nachylenie_Sena	0,17	0,04	-0,93	0,20	-1,60	0,41	-0,67
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
Szklarska Poręba (świerk)	OP							
	S	-97.0	716.0	-588.0	-546.0	-166.0	-194.0	441.0
	Z	-1,27	9,43	-7,74	-7,19	-2,18	-2,55	6,40
	p_value	0,2051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0296	0,0109	0,0000
	Istotnosc	ns	***	***	***	*	*	***
	Tau	-0,005	0,040	-0,033	-0,030	-0,009	-0,011	0,025
	Nachylenie_Sena	-0,64	0,06	-1,46	-1,42	-0,48	-0,34	0,39
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Rosnacy
	PK							
	S	-145.0	726.0	-797.0	-545.0	-334.0	-387.0	571.0
	Z	-1,91	9,64	-10,58	-7,23	-4,42	-5,13	8,15
	p_value	0,0557	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Istotnosc	ns	***	***	***	***	***	***
	Tau	-0,008	0,041	-0,045	-0,031	-0,019	-0,022	0,032
	Nachylenie_Sena	-1,25	0,06	-3,81	-2,60	-1,70	-1,21	0,25
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Rosnacy

cd. Tab. 15.2

SPO MI	Parametr	opad	pH	SO4	NO3	NH4	Ca	Zasadowość
Piwniczna (świerk)	OP							
	S	-55.0	189.0	-259.0	-179.0	-214.0	-41.0	0.0
	Z	-1,07	3,75	-5,14	-3,55	-4,24	-0,80	0,00
	p_value	0,2866	0,0002	0,0000	0,0004	0,0000	0,4256	1,0000
	Istotnosc	ns	***	***	***	***	ns	ns
	Tau	-0,005	0,019	-0,026	-0,018	-0,021	-0,004	0,000
	Nachylenie_Sena	-0,71	0,03	-0,84	-0,50	-0,50	-0,08	0,00
	Trend	Brak trendu	Rosnacy	Malejacy	Malejacy	Malejacy	Brak trendu	Brak trendu
	PK							
	S	-38.0	94.0	-301.0	-5.0	-141.0	-60.0	-114.0
	Z	-0,74	1,87	-6,02	-0,08	-2,81	-1,18	-2,30
	p_value	0,4611	0,0617	0,0000	0,9360	0,0049	0,2361	0,0213
	Istotnosc	ns	ns	***	ns	**	ns	*
	Tau	-0,004	0,009	-0,030	0,000	-0,014	-0,006	-0,011
	Nachylenie_Sena	-0,49	0,02	-1,69	-0,07	-0,13	-0,30	-0,56
	Trend	Brak trendu	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Malejacy	Brak trendu	Malejacy

Tabela 15.3. Statystyki testu Manna Kendalla (MK): nachylenia Sena dla objętości [cm³] i stężeń składników [mg dm⁻³] w próbkach roztworów glebowych z głębokości 25 cm i 50 cm na powierzchniach monitoringu intensywnego w latach 2010–2025 (od 2004 dla Chojnowa i od 2014 dla Piwnicznej). Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy malejące, czerwoną czcionką – trendy rosnące (*- p≤0,05, **- p≤0,01, ***- p≤0,001).

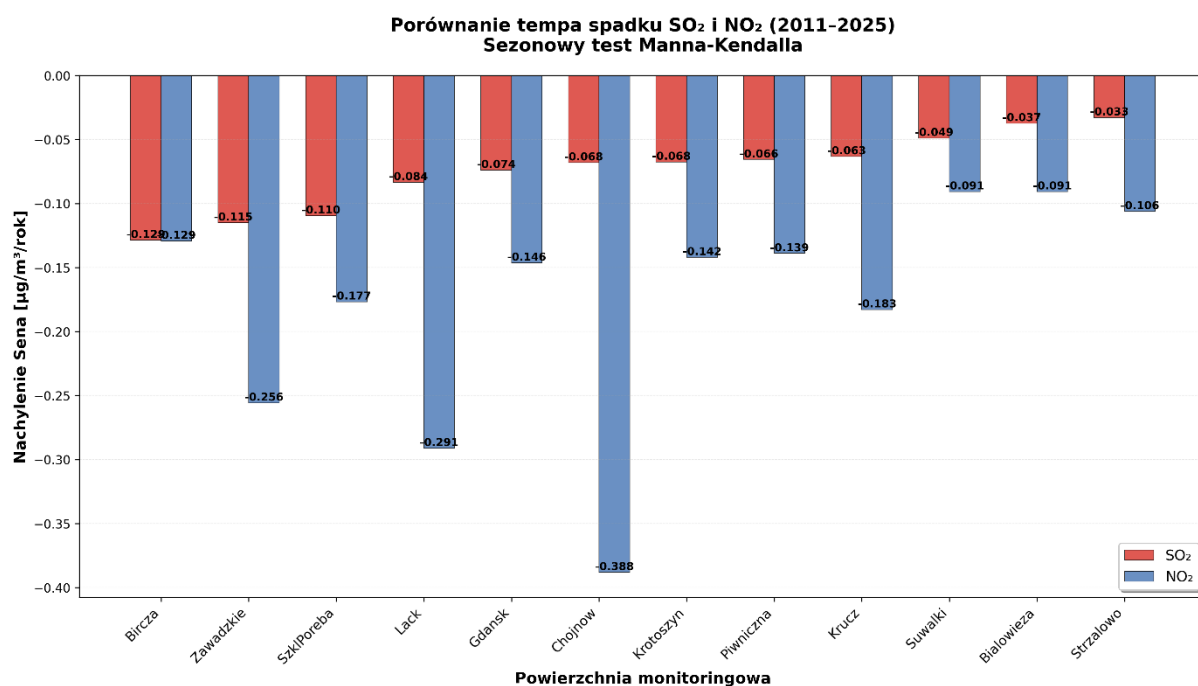
gatunek	Nadlesnictwo	głębokość	objętość	pH	TN	Ca	DOC	SO ₄ ²⁻	BC:Al
buk	Gdańsk	25 cm	-357	0.012**	-0.010	-0.012	-0.017	-0.054**	-0.0004
		50 cm	1549	0.015**	-0.0076*	-0.011*	0.0076	-0.049**	0.026**
	Bircza	25 cm	-28.35	0.022	-0.036**	0.290	-0.247**	-0.0086	1.33*
		50 cm	-36.19	0.013	-0.017*	-0.485	0.143*	-0.065	-54.72
dąb	Krotoszyn	25 cm	-389	-0.010	0.658*	0.305**	0.673	-0.092	0.017
		50 cm	-211	-0.050	0.958*	0.660*	-0.032	-0.170	0.909
	Łąck	25 cm	-97.38	0.0052	-0.0084	-0.030**	0.677	-0.062*	-0.011
		50 cm	-339*	0.0015	-0.0094	-0.079***	0.176	-0.126**	-0.075***
sosna	Białowieża	25 cm	-155*	0.0003	-0.148**	0.0033	0.522	-0.014	-0.012
		50 cm	-160	0.0000	-0.209	-0.221**	0.098	-0.063	-0.035
	Chojnów	25 cm	-287	0.0090*	-0.0034	-0.011	-0.034	-0.086**	0.0059*
		50 cm	141	0.0085**	-0.0019	-0.010	-0.059	-0.102***	0.012***
	Krucz	25 cm	-288*	-0.013*	0.024*	0.057**	2.16**	-0.074**	0.0042
		50 cm	-297***	0.0050**	0.029*	0.011	1.71***	-0.067*	-0.015*
	Strzałowo	25 cm	-189***	0.014	-0.025	-0.0073	0.625	0.0037	0.010
		50 cm	-198*	0.029	-0.062	-0.706*	-0.156	-0.100**	-3.84
świerk	Zawadzkie	25 cm	-138	0.0094*	-0.0092	-0.157***	-0.413	-0.121**	-0.022***
		50 cm	-62.33	0.0001	0.022	-0.063**	0.092	0.136	-0.024***
	Suwałki	25 cm	-52.38	0.195***	-0.276	0.968*	0.093	-0.149**	8.82**
		50 cm	-71.59	0.022	-0.132	-0.697*	0.463	-0.116*	-1.29*
	Szklarska Poręba	25 cm	-1574*	0.014***	-0.014***	-0.0053	0.0069	-0.066***	0.0000
		50 cm	-3416**	0.0096***	-0.010*	-0.0065	0.0057	-0.064***	-0.0014
Piwniczna	Piwniczna	25 cm	-3479	0.020**	-0.024	-0.045**	-0.326*	-0.089**	-0.0043
		50 cm	-3701*	0.028***	-0.040***	-0.050***	-0.173	-0.145**	0.019**

Tabela 15.4. Empiryczne ładunki krytyczne N i objawy towarzyszące ich przekroczeniu dla poszczególnych elementów ekosystemów leśnych, zrewidowane w 2022 roku (wg Bobbink i in. 2022)

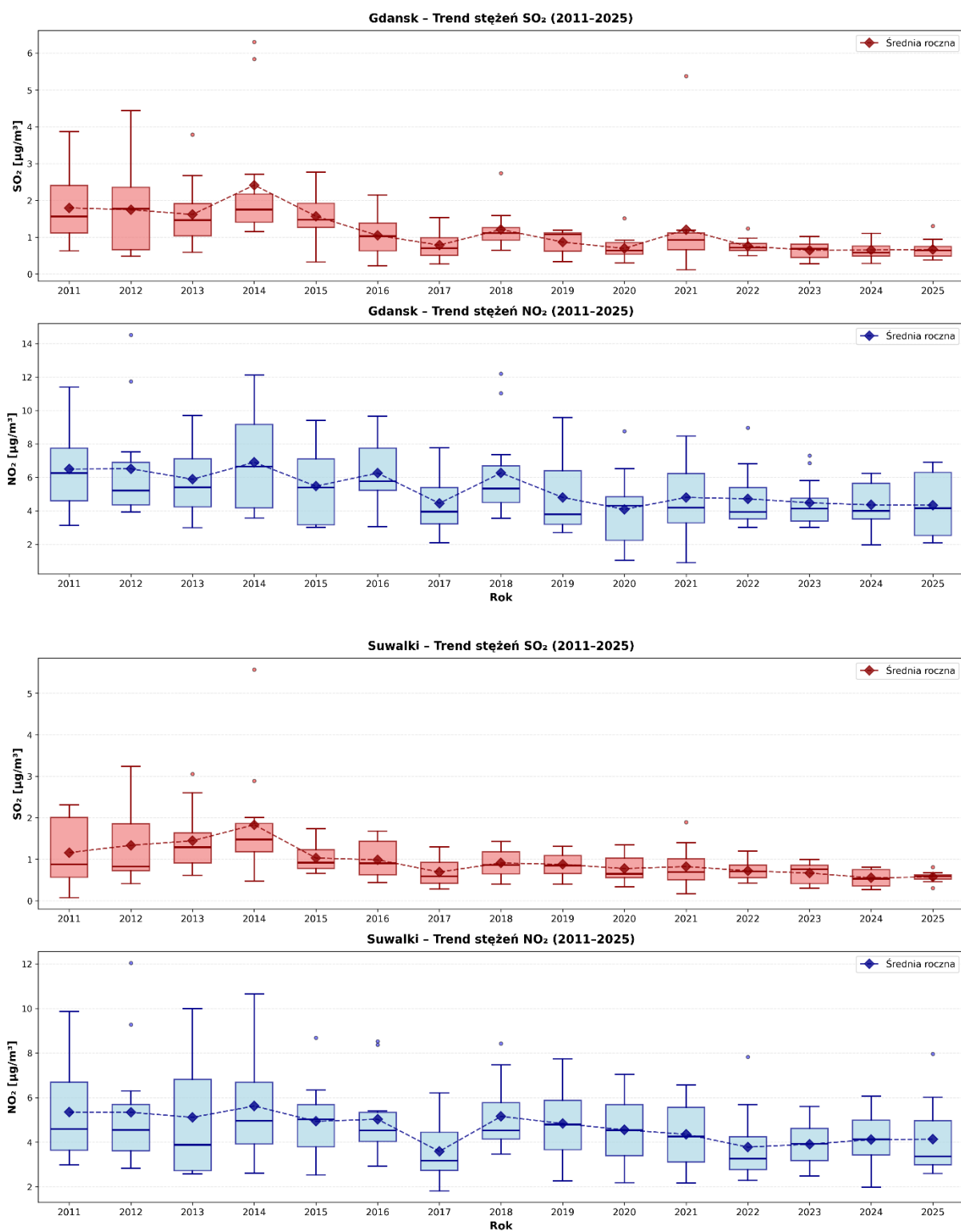
Elementy	kg N ha ⁻¹	Wskaźniki przekroczenia
Procesy glebowe		
liściaste	10-15	przyspieszenie mineralizacji i nitryfikacji
i iglaste	10-15	zwiększenie wymywania NO ₃ ⁻
Drzewa		
lasz strefy umiarkowanej	10-15	zaburzenia równowagi składników odżywczych, wzrost zawartości N i spadek P, K, i Mg w aparacie asymilacyjnym, wzrost wrażliwości na szkodniki i choroby, zmiany w fungistatycznych związkach fenolowych
Mikoryza		
liściaste	13-16	spadek produkcji sporokarp, redukcja wzrostu podziemnego,
iglaste	10-13	zmiany i zubożenie składu gatunkowego grzybów mikoryzowych
Roślinność runa		
lasz strefy umiarkowanej	10-15	zmiany składu gatunkowego, wzrost liczby gatunków nitrofilnych, zmniejszenie liczby gatunków oligofilnych
Porosty i glony		
lasz strefy umiarkowanej i borealne	3-5	zamieranie porostów epifitycznych, ograniczanie wiązania azotu przez cyjanoporosty, rozwój glonów wolnożyjących

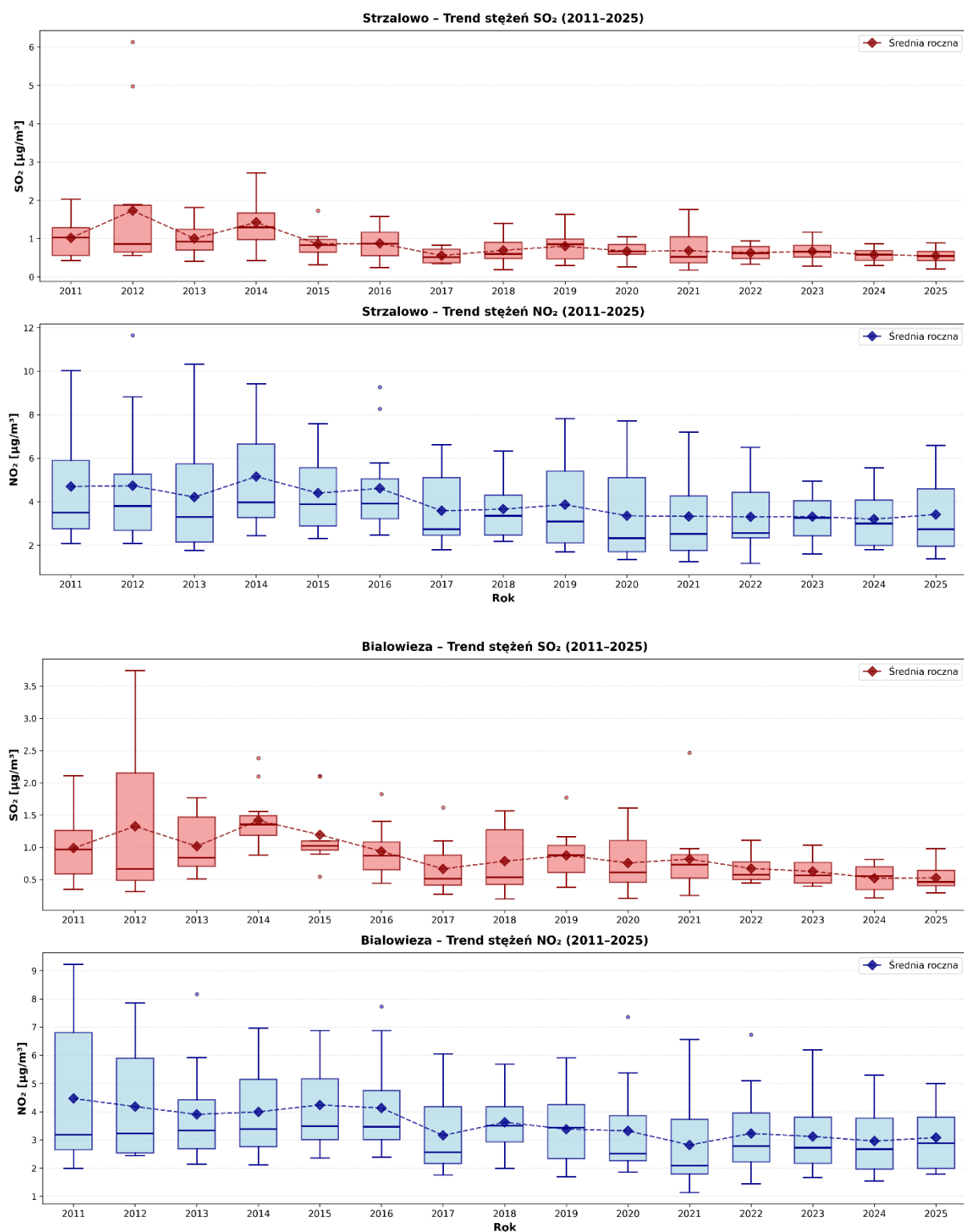
Tabela 15.5. Wpływ przekroczenia empirycznych ładunków krytycznych w lasach i terenach leśnych według ustaleń zrewidowanych w 2022 roku (wg Bobbink i in. 2022.)

Elementy	kg N ha ⁻¹	Wskaźniki przekroczenia
Lasy liściaste	10-15	Zmiany procesów glebowych, niebilansowanie składników odżywczych, zmiany składu mikoryz i roślinności runa
Lasy bukowe na glebach kwaśnych i niekwaśnych	10-15	Zmiany roślinności runa i mikoryz, niebilansowanie składników odżywczych, zmiany fauny glebowej
Kwaśne dąbrowy	10-15	Zanikanie mikoryz, utrata porostów nadrzewnych i mszaków, zmiany roślinności runa
Lasy iglaste	3-15	Zmiany procesów glebowych, niebilansowanie składników odżywczych, zmiany składu mikoryz i roślinności runa, wzrost śmiertelności przy suszach
Bory sosnowe klimatu umiarkowanego kontynentalnego	10-15	Zmiany roślinności runa i mikoryz, niebilansowanie składników odżywczych, zwiększone emisje N ₂ O i NO

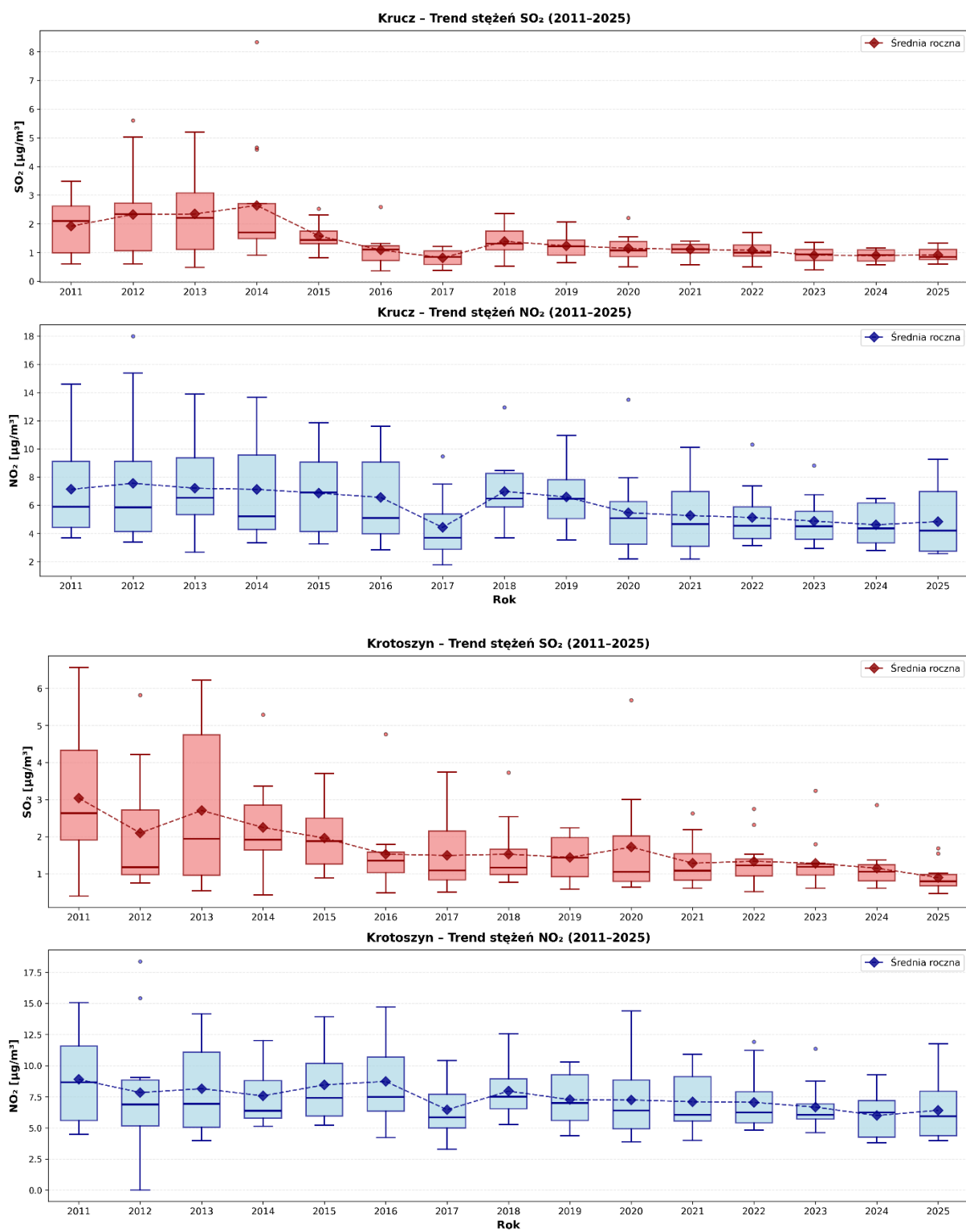


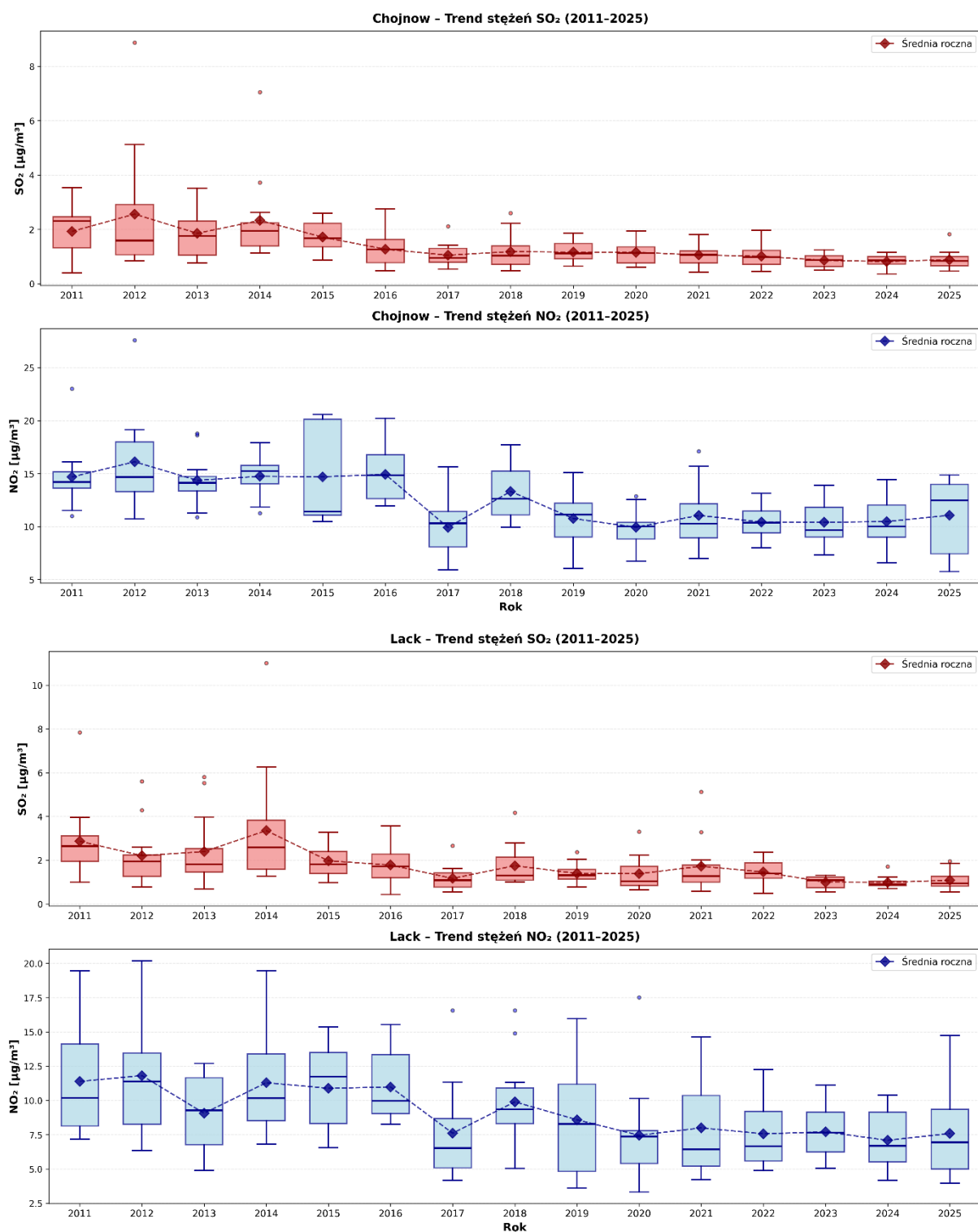
Rycina 15.1. Porównanie tempa spadku stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w powietrzu na SPO MI w latach 2011–2025 na podstawie wyników testu sezonowego Manna-Kendalla z estymatorem nachylenia Sena.



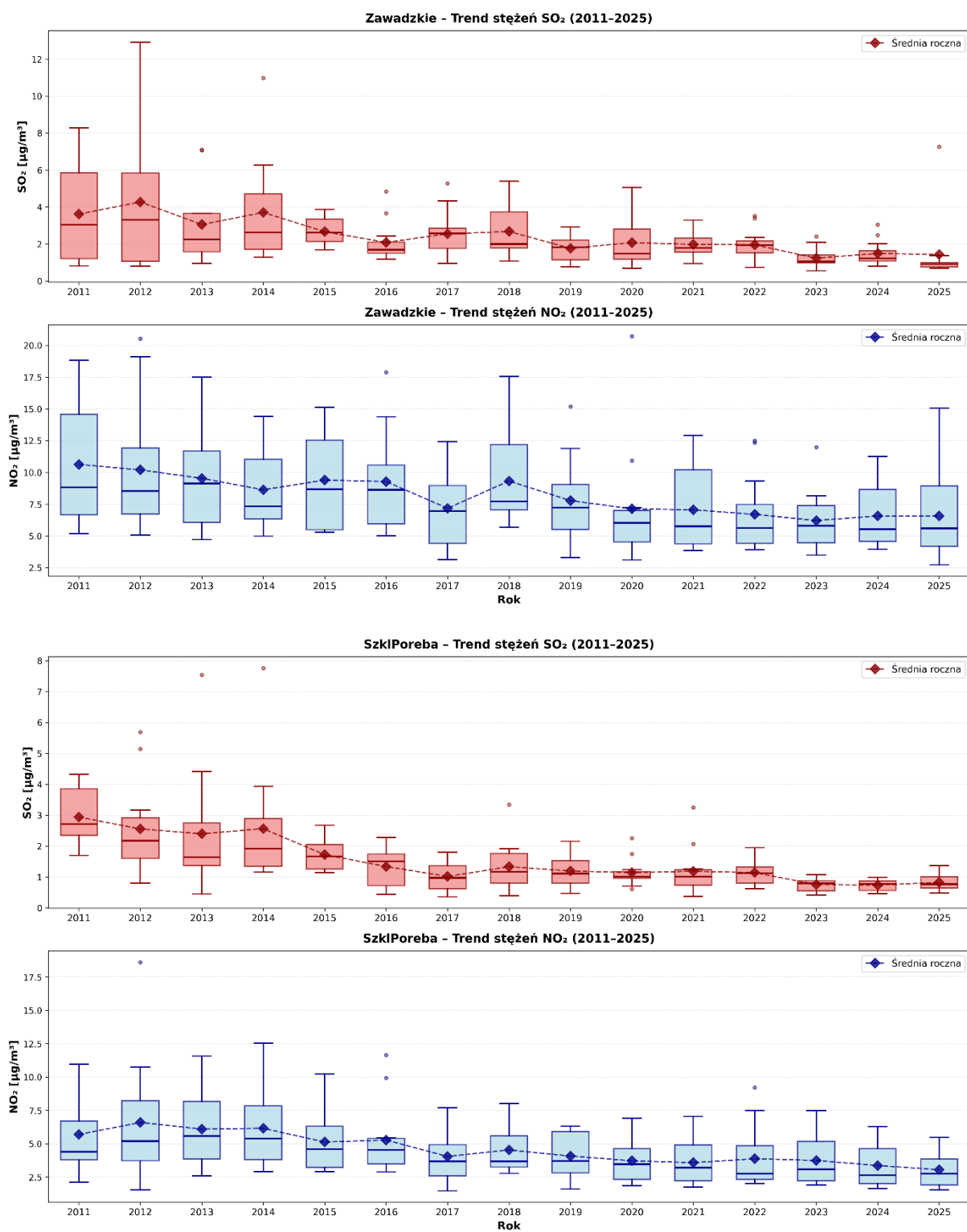


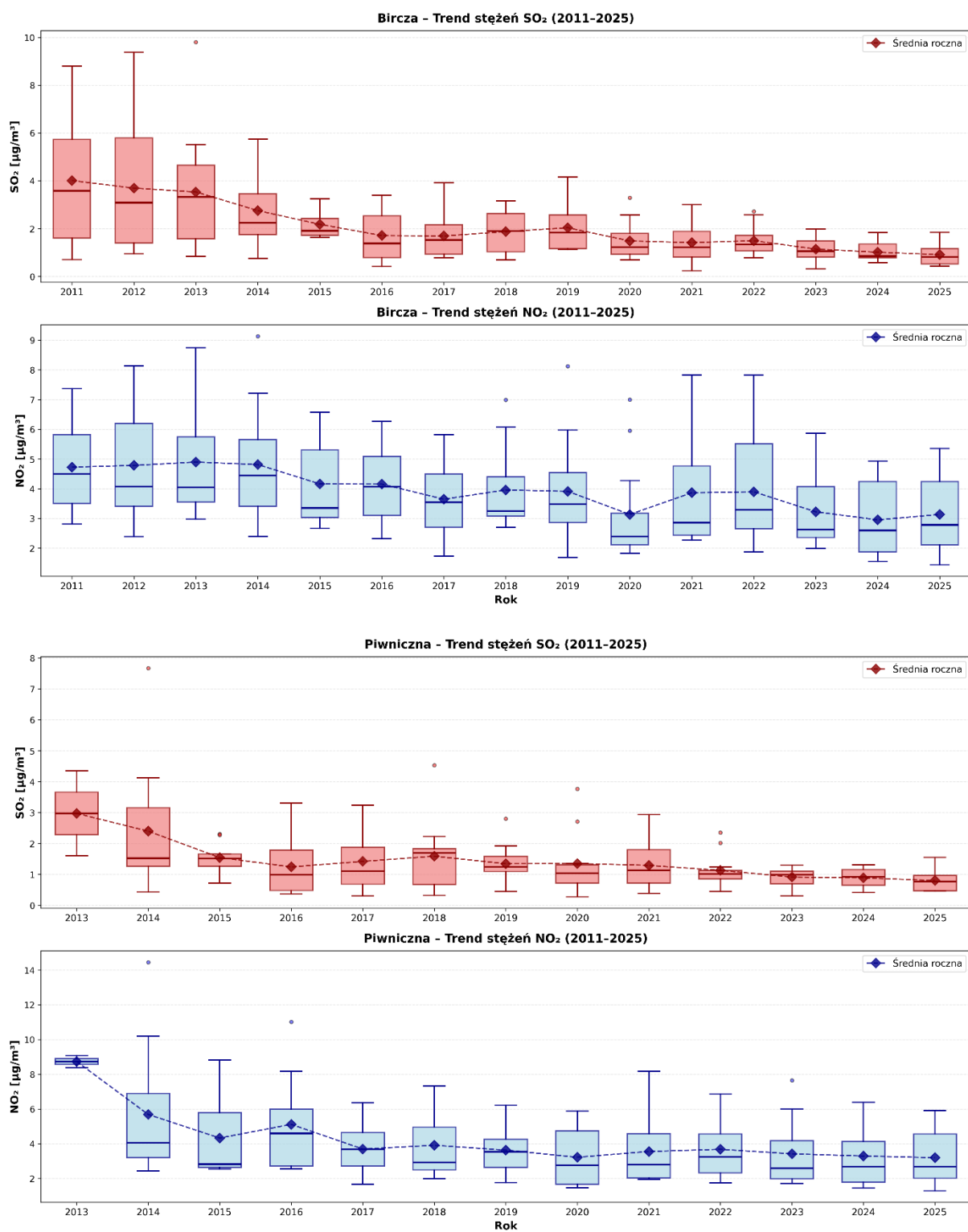
Rycina 15.2. Stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w Polsce północnej i północno-wschodniej w latach 2011–2025. Wykres przedstawia medianę roczną (gruba linia w środku), kwartyle Q1 i Q3 (pudełko), wartości minimalne i maksymalne (wąsy) oraz wartości odstające jako pojedyncze punkty.



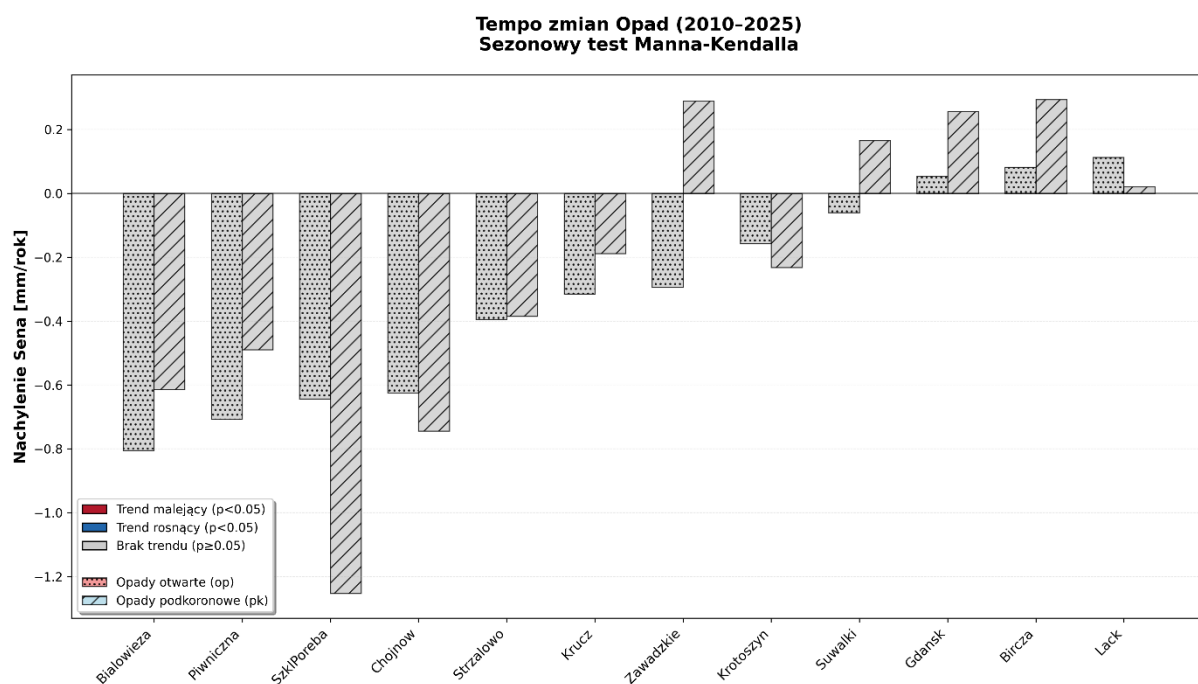


Rycina 15.3. Stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w Polsce centralnej w latach 2011–2025. Wykres przedstawia medianę roczną (gruba linia w środku), kwartyle Q1 i Q3 (pudełko), wartości minimalne i maksymalne (wąsy) oraz wartości odstające jako pojedyncze punkty.

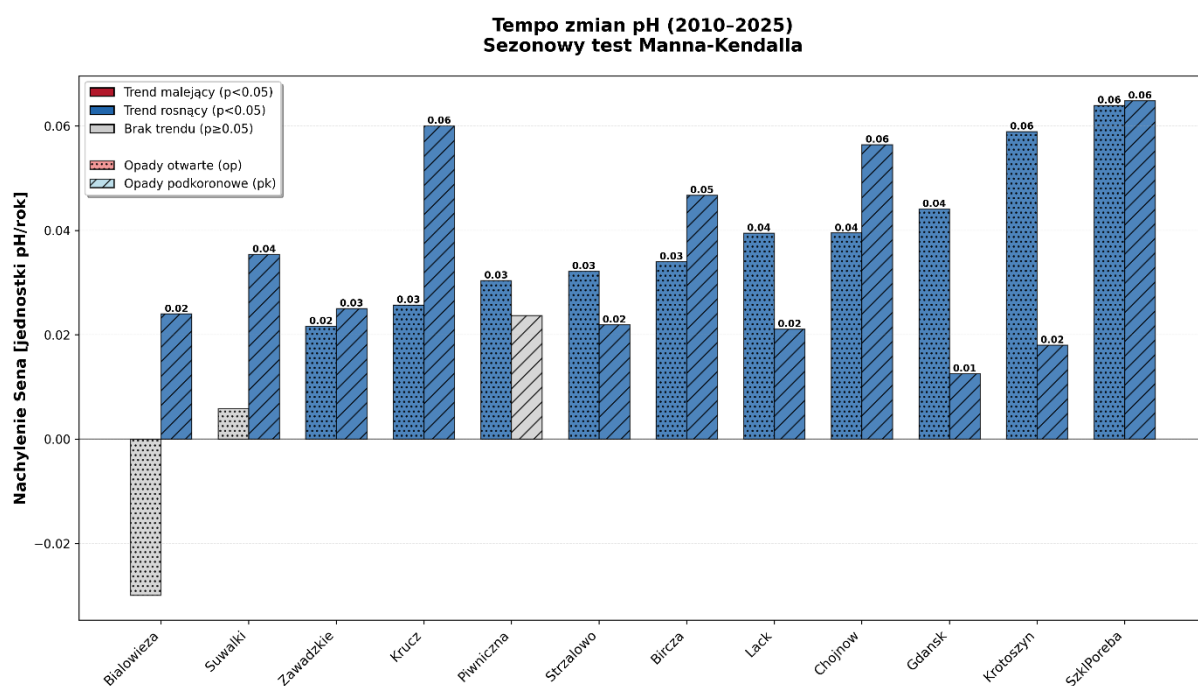




Rycina 15.4. Stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w Polsce południowej w latach 2011–2025. Wykres przedstawia medianę roczną (gruba linia w środku), kwartyle Q1 i Q3 (pudełko), wartości minimalne i maksymalne (wąsy) oraz wartości odstające jako pojedyncze punkty.

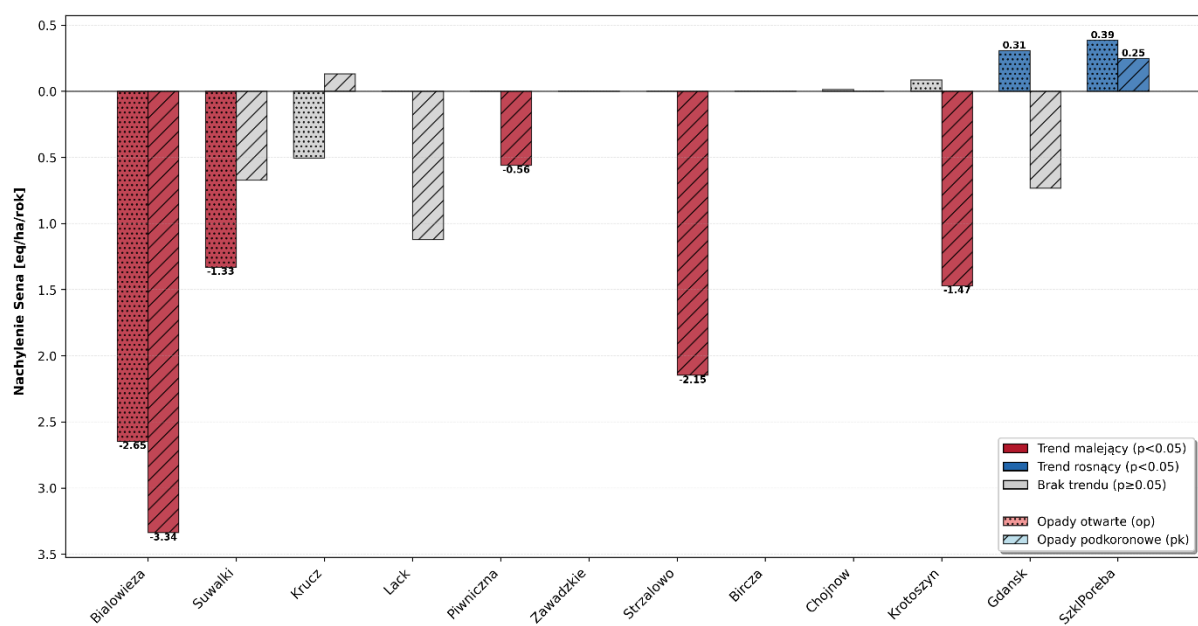


Rycina 15.5a. Tempo zmian wielkości opadów na otwartej przestrzeni i opadów podkoronowych w mm na SPO MI w latach 2010–2025.

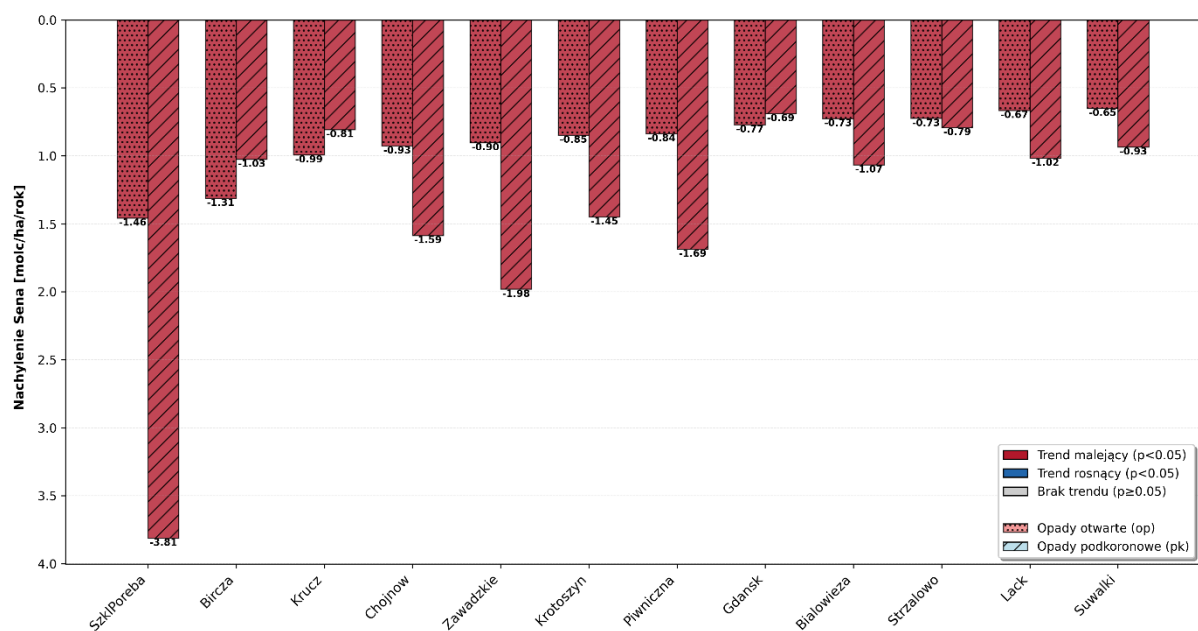


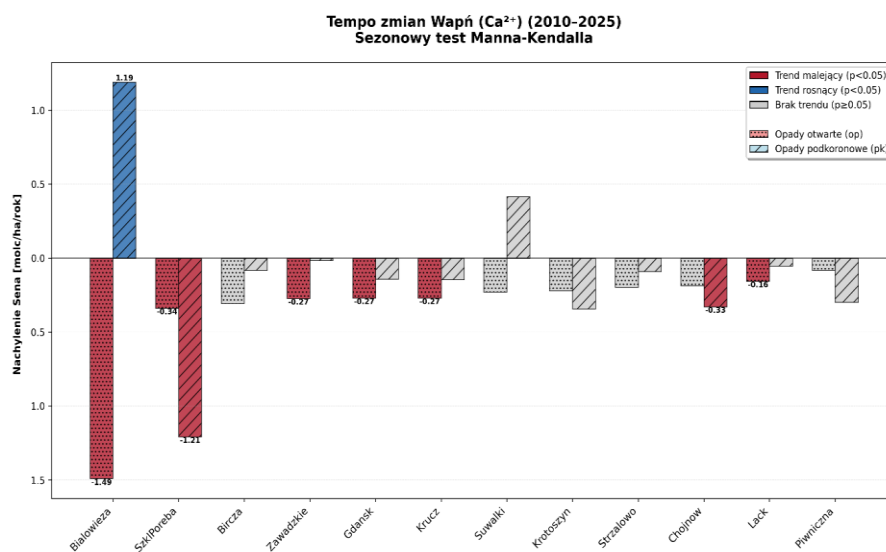
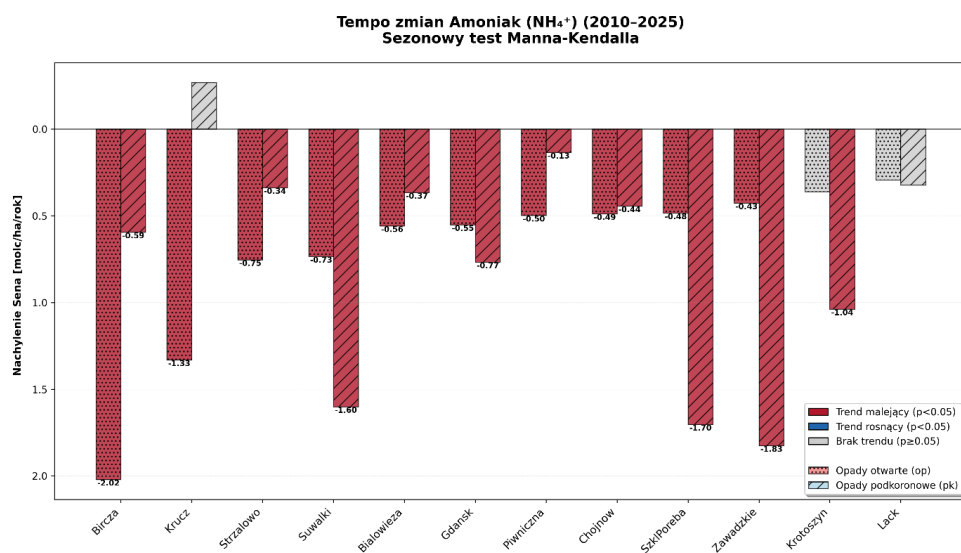
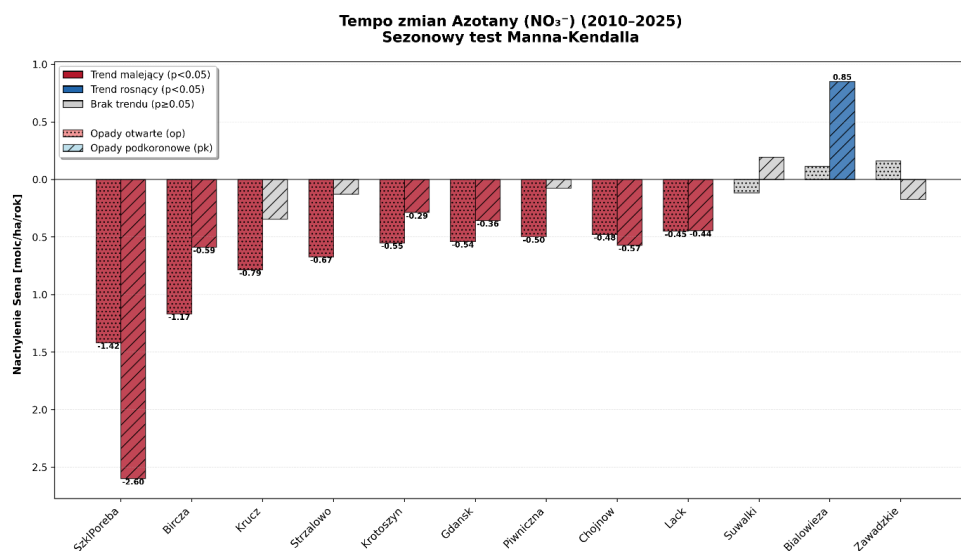
Rycina 15.5b. Tempo zmian pH opadów na otwartej przestrzeni i opadów podkoronowych na SPO MI w latach 2010–2025.

Tempo zmian Zasadowość (Alk) (2010-2025)
Sezonowy test Manna-Kendalla

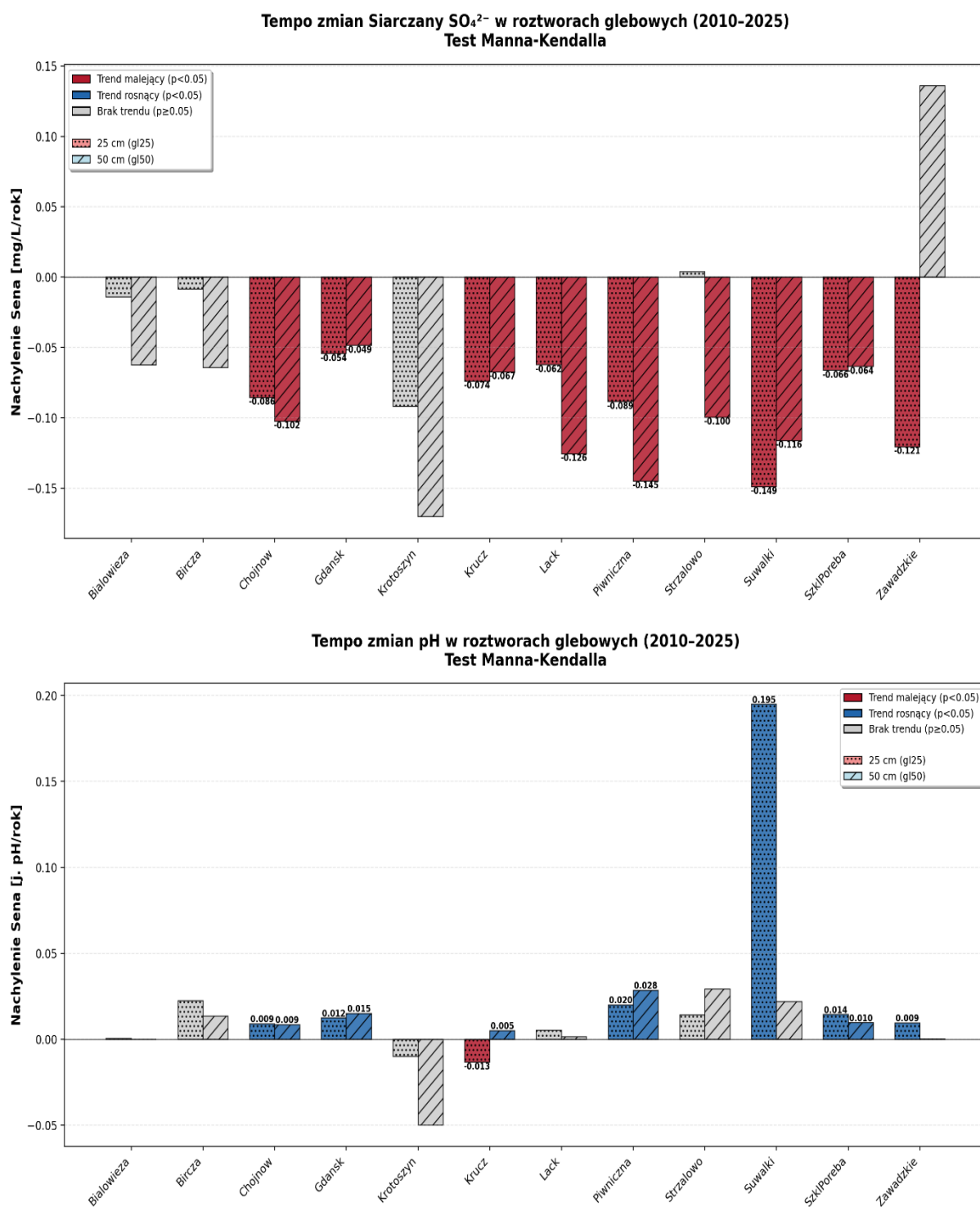


Tempo zmian Siarczany (SO_4^{2-}) (2010-2025)
Sezonowy test Manna-Kendalla





Rycina 15.5c. Tempo zmian depozycji składników chemicznych: zasadowości, siarczanów (VI), azotanów (V), jonów amonowych i wapnia w opadach na otwartej przestrzeni i opadach podkoronowych w $\text{mol} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ na SPO MI w latach 2010–2025.



Rycina 15.6. Tempo zmian składu roztworów glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm: siarczanów (VI) w $\text{mg dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$ oraz pH na SPO MI w latach 2010–2025

CZĘŚĆ V INFORMACJE OGÓLNE I PODSUMOWANIE

16. STAN ZDROWOTNY LASÓW W POLSCE NA TLE STANU LASÓW W EUROPIE –

JADWIGA MAŁACHOWSKA, PAWEŁ LECH, HANNA SZMIDLA

Najnowszy dostępny raport o stanie lasów w Europie (Forest Condition in Europe 2025) zawiera dane za 2024 rok. Wyniki dotyczące krajowych badań stanu koron drzew w lasach na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu ICP Forests uzyskało z 30 krajów, w tym z Belgii wyniki oddzielnie z regionów Flandrii i Walonii. Wyniki z czterech krajów (Cypr, Norwegia, Szwecja i Andora) odnoszą się tylko do drzew gatunków iglastych, wyniki z Mołdawii – tylko do drzew gatunków liściastych (tab. 16.1, ryc. 16.1).

Należy podkreślić, że wyniki uzyskane z poszczególnych krajów Europy odnoszą się do zróżnicowanych warunków klimatycznych i przyrodniczych, różnej lesistości, a co za tym idzie znacznie zróżnicowanej liczby powierzchni obserwacyjnych oraz struktury gatunkowej drzewostanów. Ponadto, mimo wspólnych założeń metodycznych monitoringu, nie udało się uniknąć różnic w szczegółowych rozwiązaniach stosowanych w różnych krajach. Wszystko to należy mieć na uwadze w odniesieniu do prezentowanych w rozdziale zestawień i porównań.

Przestrzenny rozkład średniej defoliacji drzew wszystkich gatunków na powierzchniach monitoringu lasów I rzędu ICP Forests wskazuje na dobrą kondycję lasów na terenie Europy wschodniej, Skandynawii, Bałkanów oraz Europy południowej (Turcja, Grecja, Hiszpania, poza Katalonią). Natomiast kraje Europy środkowej, Słowacja, Czechy, środkowe i południowe Niemcy, Francja, Belgia (Walonia) oraz Włochy i Katalonia cechowały się podwyższoną defoliacją drzew i obniżonym poziomem zdrowotności lasów (ryc. 16.2).

W rankingu udziału drzew zdrowych (do 10% defoliacji) podobną lokatę jak Polska (do +/- 5 punktów procentowych różnicy udziału) w 2024 r. zajęły: dla gatunków razem – Słowenia, Mołdawia, Francja, Belgia Flandria, Czechy, Słowacja, Luksemburg, Hiszpania i Włochy; dla gatunków iglastych – Belgia Flandria, Słowacja, Czechy, Łotwa i Litwa; a dla gatunków liściastych – Włochy, Irlandia, Hiszpania, Węgry, Czarnogóra, Słowacja, Niemcy, Bułgaria, Dania i Litwa. **Gorszą pozycję w zestawieniu** (z niższym niż w naszym kraju udziałem drzew zdrowych o ponad 5 punktów procentowych) zajęły: dla gatunków razem, dla gatunków iglastych oraz dla gatunków liściastych – Cypr (tylko gatunki iglaste), Belgia Walonia, Francja, Luksemburg, Słowenia, Mołdawia. **Lepszą niż Polska lokatę** w rankingu udziału drzew zdrowych (udziały wyższe o ponad 5 punktów procentowych) zajęły pozostałe kraje: dla gatunków razem –

17 krajów, dla gatunków iglastych – 21 krajów, a dla gatunków liściastych – 9 krajów (tab. 16.1, ryc. 16.1).

Biorąc pod uwagę **udział drzew o słabej kondycji zdrowotnej** (o defoliacji powyżej 25%) **podobną pozycję jak Polska** (do +/- 5 punktów procentowych różnicy udziału) miały: dla gatunków razem – Norwegia, Szwecja, Rumunia, Estonia i Serbia; dla gatunków iglastych – Norwegia, Dania, Szwecja, Irlandia, Belgia Flandria, Estonia i Rumunia; a dla gatunków liściastych – Litwa, Serbia i Rumunia. **Lepszą pozycję w zestawieniu** (z niższym niż w naszym kraju udziałem drzew o słabej kondycji zdrowotnej o ponad 5 punktów procentowych) miały: dla gatunków razem – Łotwa, dla gatunków iglastych – Łotwa i Serbia, a dla gatunków liściastych – Łotwa i Estonia. **Gorszą pozycję w zestawieniu** (z wyższym niż w naszym kraju udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4 o ponad 5 punktów procentowych) zajęły pozostałe kraje: dla gatunków razem – 23 kraje, dla gatunków iglastych – 19 krajów, a dla gatunków liściastych – 20 krajów (tab. 16.1, ryc. 16.1). Zwraca uwagę znacząca poprawa pozycji Polski w ostatnich kilku latach w rankingu krajów europejskich pod względem udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 (ryc. 16.3).

Polska wraz z Łotwą i Belgią Flandrią w zestawieniu dla gatunków razem znalazła się w grupie krajów, w których zarówno udział drzew o defoliacji do 10% (od 10,2% do 12,4% drzew), jak i udział drzew o defoliacji powyżej 25% (od 4,6% do 22,4% drzew) nie był wysoki, natomiast większość drzew (od 67,4% do 83,1%) została zaliczona do klasy ostrzegawczej (defoliacja od 11% do 25%).

Dobłą kondycją zdrowotną (różnica między udziałem drzew o defoliacji do 10% a udziałem drzew o defoliacji powyżej 25% przekraczała 27 punktów procentowych) w zestawieniu dla gatunków razem charakteryzowały się drzewa w lasach pięciu krajów (Serbii, Rumunii, Szwecji, Norwegii i Estonii), dla gatunków iglastych – drzewa w lasach siedmiu krajów (Serbii, Rumunii, Irlandii, Szwecji, Norwegii, Estonii i Danii), natomiast w zestawieniu dla gatunków liściastych – drzewa w lasach czterech krajów (Serbii, Rumunii, Estonii i Grecji) (tab. 16.1, ryc. 16.1).

Drzewa w złej kondycji zdrowotnej (różnica między udziałem drzew o defoliacji powyżej 25% a udziałem drzew o defoliacji do 10% przekracza 20 punktów procentowych) w zestawieniu dla gatunków razem występowały w lasach: dziesięciu krajów (Mołdawii, Bułgarii, Włoch, Węgier, Słowenii, Czech, Luksemburga, Cypru, Francji i Belgii Walonii) w zestawieniu dla gatunków iglastych – w lasach siedmiu krajów (Francji, Słowenii, Węgier, Słowacji, Cypru, Czech i Belgii Walonii), w zestawieniu dla gatunków liściastych – w lasach jedenastu krajów

(Niemiec, Mołdawii, Danii, Bułgarii, Słowenii, Węgier, Włoch, Irlandii, Luksemburga, Francji i Belgii Walonii).

Wyniki obserwacji wykazały, że w kilku krajach kondycja zdrowotna drzew gatunków iglastych była lepsza w porównaniu z kondycją drzew gatunków liściastych, natomiast w kilku innych krajach drzewa gatunków liściastych były zdrowsze niż drzewa gatunków iglastych. **Kraje, w których zdrowsze okazały się drzewa gatunków iglastych** to: Irlandia, Luksemburg, Dania, Francja, Rumunia, Włochy, Czarnogóra, Serbia i Niemcy. Zanotowano tam większe udziały drzew zdrowych (od 0,4 do 47,4 punktu procentowego różnicy) i mniejsze udziały drzew w klasach 2-4 (od 1,7 do 32,9 punktu procentowego różnicy) wśród gatunków iglastych, w porównaniu z gatunkami liściastymi. W Grecji, Czechach, Chorwacji, na Słowacji i na Litwie **kondycja zdrowotna drzew gatunków iglastych była gorsza** niż gatunków liściastych. W tych krajach zanotowano mniejsze udziały drzew zdrowych (od 4,4 do 32,7 punktu procentowego różnicy) i większe udziały drzew w klasach defoliacji 2-4 (od 6,5 do 31,3 punktu procentowego różnicy) wśród gatunków iglastych w porównaniu z gatunkami liściastymi (ryc. 16.4).

W pięcioleciu 2020 – 2024 kondycja zdrowotna lasów, wyrażona udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4, w wielu krajach nie ulegała dużym zmianom (tab. 16.2). Różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew w tych klasach nie przekraczała 7 punktów procentowych. Dotyczy to zarówno krajów o stale dobrej kondycji zdrowotnej lasów, jak i tych o stale średniej lub stale złej kondycji. W zestawieniu dla **gatunków razem** bardzo dobrą i zarazem stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach na Łotwie, w Serbii, Estonii i Rumunii (lasy zdrowe, średnio w pięcioleciu od 4,3% do 12,3% drzew w klasach defoliacji 2-4). Drzewa w lasach w Norwegii, Szwecji i Polsce, cechowały się dobrą i jednocześnie stabilną zdrowotnością – w pięcioleciu 2020-2024 udział drzew z klas 2-4 zawierał się w przedziale od 16,3% do 17,7%. Drzewa w lasach na Litwie, w Hiszpanii, Belgii Flandrii i Irlandii charakteryzowały się średnią i jednocześnie stabilną zdrowotnością (od 20,8% do 23,9% drzew w klasach defoliacji 2-4). Drzewa w lasach w Szwajcarii, Chorwacji i Niemczech charakteryzowały się silnie osłabioną i jednocześnie stabilną kondycją zdrowotną – od 27,7% do 35,6% drzew w klasach defoliacji 2-4). Najślabszą, ale też bardzo stabilną kondycją zdrowotną cechowały się drzewa w lasach w Czechach (57,0% drzew w klasach defoliacji 2-4). W zestawieniu dla **gatunków iglastych** bardzo dobrą i jednocześnie stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach na Łotwie, w Serbii, Estonii i Polsce (lasy zdrowe, średnio w pięcioleciu od 4,9% do 15,6% drzew w klasach defoliacji 2-4). Dobrą oraz stabilną kondycję drzew w lasach zarejestrowano w Norwegii, Szwecji

i Mołdawii (od 16,3% do 17,4% drzew w klasach defoliacji 2-4). Średnią i jednocześnie stabilną kondycję drzew w lasach zanotowano w Hiszpanii, na Litwie i w Szwajcarii. (od 21,0% do 26,7% drzew w klasach defoliacji 2-4). Stabilną, ale jednocześnie silnie osłabioną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach w Niemczech, Bułgarii i na Węgrzech (od 32,3% do 47,7% drzew w klasach defoliacji 2-4), najslabszą – w lasach Czech (65,7% drzew w klasach defoliacji 2-4). W zestawieniu dla **gatunków liściastych** tak stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach na Łotwie, w Serbii, Estonii, i Rumunii (drzewa w bardzo dobrej kondycji, średnio w pięcioleciu od 2,8% do 11,9% drzew w klasach defoliacji 2-4), ale również w lasach na Litwie (drzewa w dobrej kondycji, 16,3% drzew w klasach defoliacji 2-4), w Hiszpanii (drzewa w średniej kondycji zdrowotnej, 23,4% drzew w klasach defoliacji 2-4), w Belgii Flandrii, Chorwacji, Czarnogórze, Czechach, Niemczech i we Włoszech (drzewa o silnie osłabionej kondycji, od 27,2% do 43,0% drzew w klasach defoliacji 2-4) oraz w lasach w Irlandii (drzewa w najslabszej kondycji zdrowotnej, 51,4% drzew w klasach defoliacji 2-4).

Kilka krajów charakteryzowało się złą kondycją zdrowotną lasów przy dużej zmienności udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 w kolejnych latach pięciolecia (różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew w tych klasach przekraczała 17 punktów procentowych). W zestawieniu dla **gatunków razem** były to Dania, Mołdawia, Andora, Cypr, Węgry, Francja i Belgia Walonia (średnio w pięcioleciu od 23,6% do 75,7% drzew w klasach defoliacji 2-4). W zestawieniu dla **gatunków iglastych** były to Grecja, Andora, Cypr, Włochy, Francja i Belgia Walonia (średnio w pięcioleciu od 29,9% do 80,6% drzew w klasach defoliacji 2-4). W zestawieniu dla **gatunków liściastych** były to Bułgaria, Mołdawia, Dania, Węgry, Luksemburg, Belgia Walonia i Francja (średnio w pięcioleciu od 27,9% do 72,0% drzew w klasach defoliacji 2-4).

Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 w lasach poszczególnych krajów zarejestrowany pod koniec pięciolecia (w 2024 roku) porównano ze stanem początkowym (w 2020 roku) (tab. 16.2). W zestawieniu dla **gatunków razem**: niewielka poprawa kondycji drzew (obniżenie udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 5,5 do 7,0 p.p.) wystąpiła w lasach Polski, Słowacji i Mołdawii, niewielkie pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 5,2 do 8,9 p.p.) odnotowano w lasach Irlandii, Włoch i Francji, znaczne pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 10,7 do 25,5 p.p.) odnotowano w lasach Węgier, Grecji, Bułgarii, Turcji, Belgii Walonii i Cypru. W zestawieniu dla **gatunków iglastych**: niewielka poprawa kondycji drzew (obniżenie udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 6,3 do 8,0 p.p.) wystąpiła w lasach Belgii Flandrii, Danii, Chorwacji, Czarnogóry i Rumunii, niewielkie

pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 6,3 do 9,3 p.p.) odnotowano w lasach Szwajcarii, Francji, Słowenii, Irlandii i Włoch, znaczne pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 13,9 do 25,5 p.p.) odnotowano w lasach Turcji, Grecji i Cypru. W zestawieniu dla **gatunków liściastych**: niewielka poprawa kondycji drzew (obniżenie udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 7,1 do 10,0 p.p.) wystąpiła w lasach Słowacji, Polski i Mołdawii, niewielkie pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 5,1 do 9,7 p.p.) odnotowano w lasach Grecji, Chorwacji i Luksemburga, znaczne pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 10,4 do 36,9 p.p.) odnotowano w lasach Belgii Walonii, Bułgarii, Danii, Turcji, Węgier i Francji (tab. 16.2).

Ogólnie można stwierdzić, że stan zdrowotny lasów w Europie pogarsza się. Nie jest to zjawisko równomiernie rozłożone w czasie i w przestrzeni, gdyż zarówno występują regiony o stabilnej zdrowotności lasów, jak i o systematycznie pogarszającym się stanie zdrowotnym w okresie po 2000 roku. Dotyczy to zwłaszcza Zachodniej Europy i widoczne jest najwyraźniej we Francji (ryc. 16.5), zachodniej części Niemiec, oraz Czechach. Z drugiej strony do regionów o stabilnej, dobrej zdrowotności lasów zalicza się Europa Wschodnia – w tym Polska, kraje bałtyckie, Rumunia oraz Skandynawia. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być z jednej strony wolniejsze tempo zmian środowiskowych, struktura gatunkowa drzewostanów oraz z drugiej obowiązujące zasady gospodarki leśnej.

Tabela 16.1. Procentowy udział drzew w klasach defoliacji (gatunki iglaste, liściaste i razem) w krajach Europy w 2024 r. na podstawie krajowych inwentaryzacji
*) według rosnących wartości w klasach 2-4

Kraj	Iglaste razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	13,1	82,2	4,8
Serbia	86,6	5,6	7,8
Rumunia	61,8	28,8	9,4
Estonia	39,0	51,0	10,0
Belgia-Flandria	8,8	77,7	13,5
Polska	9,1	77,3	13,6
Norwegia	49,7	35,3	15,0
Dania	43,0	41,7	15,3
Szwecja	51,0	33,0	16,0
Irlandia	60,4	22,2	17,4
Litwa	14,0	63,1	22,9
Andora	22,9	53,2	23,9
Hiszpania	14,7	61,0	24,3
Turcja	20,3	54,1	25,6
Szwajcaria	25,3	45,1	29,6
Czarnogóra	26,4	42,7	30,9
Niemcy	21,3	47,7	31,0
Luksemburg	37,2	29,7	33,1
Włochy	24,9	38,9	36,2
Chorwacja	23,7	34,8	41,5
Grecja	25,2	30,5	44,4
Słowenia	14,8	37,2	48,1
Francja	21,3	29,8	48,8
Bułgaria	31,4	19,5	49,1
Węgry	14,3	35,3	50,4
Słowacja	6,0	43,0	51,0
Cypr	3,1	45,4	51,5
Czechy	11,4	23,2	65,4
Belgia-Walonia	0,5	11,0	88,5
Mołdawia ***)	tylko	gatunki liściaste	

Kraj	Liściaste razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	10,6	85,3	4,1
Estonia	45,0	46,0	9,0
Serbia	77,9	12,6	9,5
Rumunia	48,8	39,2	12,0
Polska	16,5	69,0	14,5
Litwa	22,4	61,2	16,4
Grecja	57,9	19,4	22,6
Hiszpania	16,6	59,6	23,8
Słowacja	19,5	56,4	24,1
Turcja	25,8	50,0	24,3
Belgia-Flandria	11,3	59,7	29,0
Szwajcaria	32,8	37,1	30,1
Mołdawia	10,9	57,2	31,9
Chorwacja	28,1	39,4	32,6
Czarnogóra	17,5	49,3	33,3
Czechy	22,9	43,0	34,1
Słowenia	9,2	52,0	38,8
Niemcy	20,9	38,0	41,1
Dania	21,1	35,8	43,1
Włochy	14,1	41,9	44,0
Bułgaria	21,0	33,2	45,8
Węgry	17,4	35,5	47,1
Irlandia	13,0	36,7	50,3
Luksemburg	6,9	25,2	67,9
Francja	5,2	19,0	75,8
Belgia-Walonia	1,9	10,3	87,9
Andora **)	tylko	gatunki iglaste	
Cypr **)	tylko	gatunki iglaste	
Norwegia **)	tylko	gatunki iglaste	
Szwecja **)	tylko	gatunki iglaste	

Kraj	Gatunki razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	12,4	83,1	4,6
Serbia	79,0	11,7	9,3
Estonia	39,9	50,3	9,9
Rumunia	50,9	37,5	11,6
Polska	11,9	74,1	13,9
Norwegia	49,7	35,3	15,0
Szwecja	51,0	33,0	16,0
Litwa	17,4	62,3	20,3
Belgia-Flandria	10,2	67,4	22,4
Andora	22,9	53,2	23,9
Hiszpania	15,7	60,3	24,0
Turcja	22,5	52,4	25,1
Irlandia	48,1	26,0	26,0
Dania	32,5	38,9	28,7
Szwajcaria	27,4	42,9	29,7
Grecja	45,6	23,6	30,8
Mołdawia	10,9	57,2	31,9
Czarnogóra	19,7	47,7	32,7
Słowacja	14,9	51,8	33,4
Chorwacja	27,4	38,7	34,0
Niemcy	21,1	43,4	35,5
Słowenia	11,0	47,1	41,9
Włochy	16,9	41,1	42,0
Bułgaria	25,5	27,3	47,2
Węgry	17,2	35,5	47,4
Cypr	3,1	45,4	51,5
Czechy	14,9	29,2	56,0
Luksemburg	15,6	26,5	57,9
Francja	10,9	22,8	66,3
Belgia-Walonia	1,2	10,6	88,2

*) wg Michel A, Haggemüller K, Kirchner T, Prescher A-K, Schwärzel K, editors (2025) Forest Condition in Europe: The 2025 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Online supplementary material available at <https://www.icp-forests.net/reports-and-briefs/technical-reports>

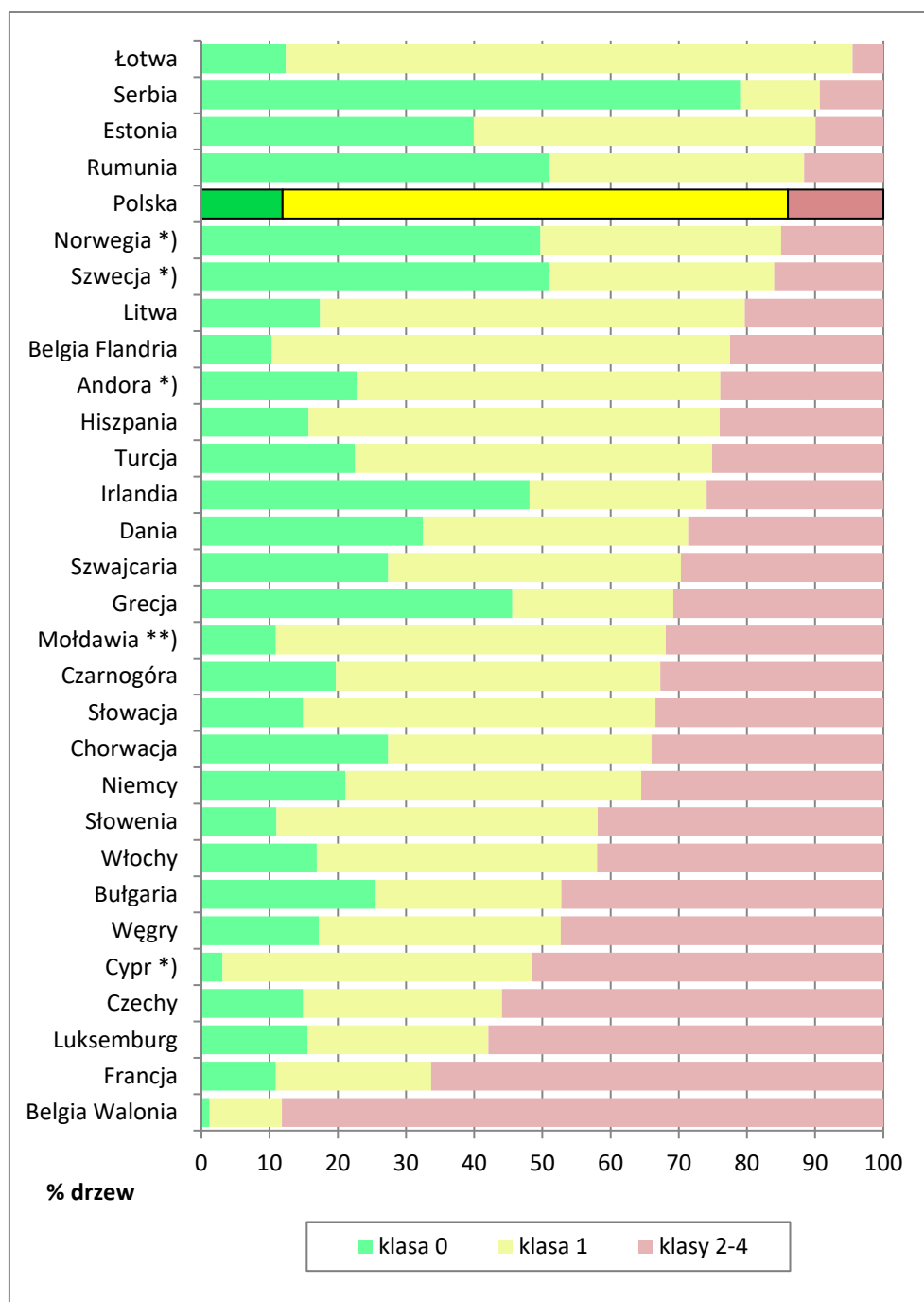
**) kraje, w których oceniano defoliację tylko gatunków iglastych,

***) kraje, w których oceniano defoliację tylko gatunków liściastych

Tabela 16.2. Zmiany w udziale drzew w klasach defoliacji 2-4 w latach 2020-2024 w krajach Europy na podstawie krajowych inwentaryzacji *)

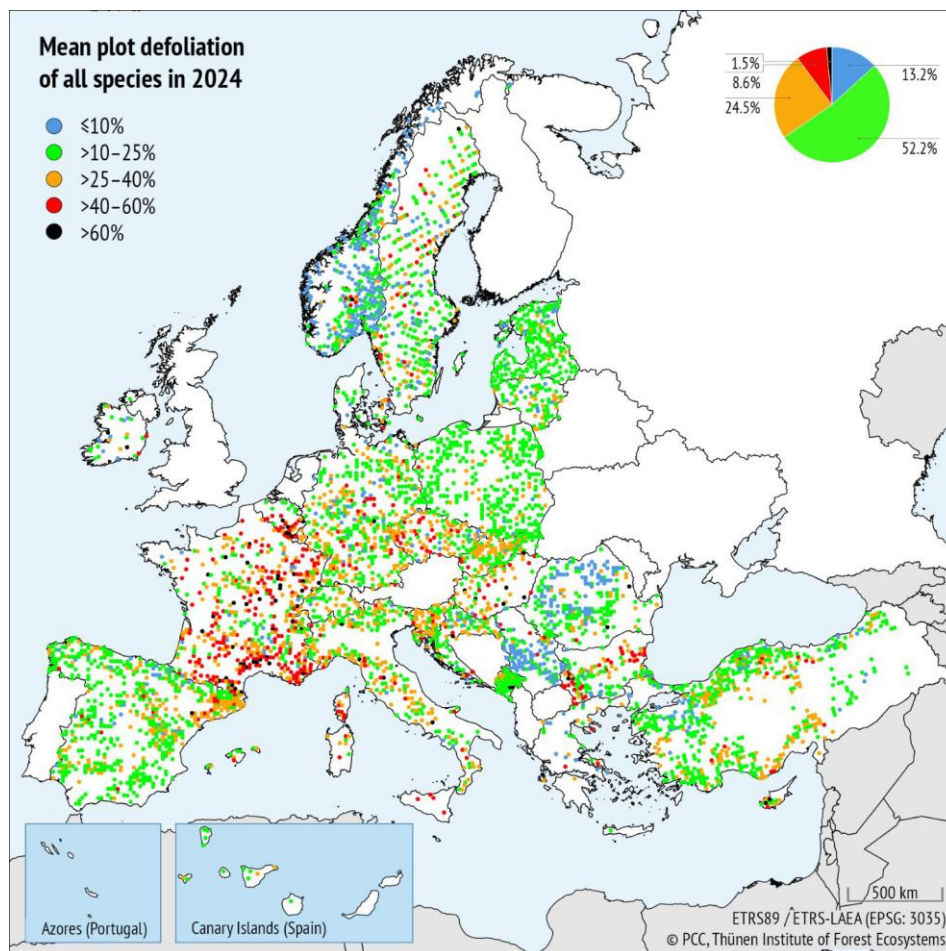
Kraj	Iglaste razem							Liściaste razem							Gatunki razem						
	2020	2021	2022	2023	2024	Śred.	2024-2020	2020	2021	2022	2023	2024	Śred.	2024-2020	2020	2021	2022	2023	2024	Śred.	2024-2020
Andora	21,6	20,8	42,5	47,8	23,9	31,3	2,3	-	-	-	-	-	-	-	21,6	20,8	42,5	48,0	24,2	31,4	2,6
Belgia Flandria	19,8	16,2	24,3	17,0	13,5	18,2	-6,3	29,6	22,8	28,2	26,5	29,0	27,2	-0,6	25,3	20,0	26,6	22,5	22,4	23,4	-2,9
Belgia Walonia	85,4	78,5	71,4	79,3	88,5	80,6	3,1	51,0	71,4	66,1	80,7	87,9	71,4	36,9	67,3	74,7	68,5	79,8	88,2	75,7	20,9
Bułgaria	48,1	46,8	47,6	46,8	49,1	47,7	1,0	23,7	23,2	25,5	21,5	45,8	27,9	22,1	34,3	33,5	35,1	32,5	47,2	36,5	12,9
Chorwacja	48,7	46,0	45,3	50,9	41,5	46,5	-7,2	26,0	30,4	31,9	30,4	32,6	30,3	6,6	29,4	32,7	34,0	33,3	34,0	32,7	4,6
Cypr	26,0	29,9	31,9	53,1	51,5	38,5	25,5	-	-	-	-	-	-	-	26,0	29,9	31,9	53,1	51,5	38,5	25,5
Czarnogóra	38,2	33,3	31,6	26,7	30,9	32,1	-7,3	37,4	32,1	33,1	30,6	33,3	33,3	-4,1	37,6	32,4	32,7	29,7	32,7	33,0	-4,9
Czechy	64,2	65,4	68,0	65,7	65,4	65,7	1,2	36,3	35,6	34,8	37,3	34,1	35,6	-2,2	56,7	57,2	58,0	57,3	56,0	57,0	-0,7
Dania	21,9	13,0	10,9	24,6	15,3	17,1	-6,6	26,1	15,2	23,0	47,2	43,1	30,9	17,0	24,0	13,9	16,7	34,7	28,7	23,6	4,7
Estonia	6,0	8,0	10,0	10,0	10,0	8,8	4,0	6,0	9,0	3,0	10,0	9,0	7,4	3,0	6,0	8,1	9,1	10,0	9,9	8,6	3,9
Francja	42,4	43,4	47,7	62,4	48,8	48,9	6,4	65,4	68,2	67,6	83,0	75,8	72,0	10,4	57,4	59,5	60,7	75,6	66,3	63,9	8,9
Grecja	29,1	22,0	21,7	32,4	44,4	29,9	15,3	12,9	13,0	14,2	17,0	22,6	15,9	9,7	20,0	16,7	19,5	22,9	30,8	22,0	10,8
Hiszpania	20,8	18,3	20,8	20,8	24,3	21,0	3,5	23,0	24,0	23,0	23,0	23,8	23,4	0,8	21,9	21,2	21,9	21,9	24,0	22,2	2,1
Irlandia	9,8	13,0	14,7	16,3	17,4	14,2	7,6	53,4	52,0	50,3	51,0	50,3	51,4	-3,1	20,8	23,2	24,1	25,3	26,0	23,9	5,2
Litwa	21,0	22,3	25,9	25,3	22,9	23,5	1,9	15,4	15,9	19,2	14,7	16,4	16,3	1,0	18,9	19,9	23,3	21,4	20,3	20,8	1,4
Luksemburg	36,2	36,2	41,1	37,2	33,1	36,8	-3,1	62,8	62,6	70,7	79,8	67,9	68,8	5,1	54,0	54,6	61,7	67,3	57,9	59,1	3,9
Łotwa	3,3	5,0	5,6	5,9	4,8	4,9	1,5	3,8	1,1	2,4	2,4	4,1	2,8	0,3	3,5	4,0	4,7	4,9	4,6	4,3	1,1
Mołdawia	17,0	14,3	21,0	-	-	17,4	-	39,0	29,1	30,0	17,9	31,9	29,6	-7,1	38,9	29,1	30,0	17,9	31,9	29,6	-7,0
Niemcy	33,5	33,1	32,5	31,6	31,0	32,3	-2,5	43,2	37,0	38,0	40,6	41,1	40,0	-2,1	37,5	34,8	34,9	35,5	35,5	35,6	-2,0
Norwegia	17,2	14,9	16,7	17,9	15,0	16,3	-2,2	-	-	-	-	-	-	-	17,2	14,9	16,7	17,9	15,0	16,3	-2,2
Polska	17,5	16,6	14,2	16,1	13,6	15,6	-3,9	22,6	17,9	17,6	17,2	14,5	18,0	-8,1	19,4	17,1	15,5	16,5	13,9	16,5	-5,5
Rumunia	17,4	16,4	16,7	11,6	9,4	14,3	-8,0	12,1	11,2	12,4	11,8	12,0	11,9	-0,1	12,9	12,1	13,1	11,8	11,6	12,3	-1,3
Serbia	8,7	8,6	4,8	7,9	7,8	7,6	-0,9	6,9	5,8	6,0	6,5	9,5	6,9	2,6	7,1	6,1	5,9	6,7	9,3	7,0	2,2
Słowacja	51,3	54,0	58,0	50,6	51,0	53,0	-0,3	33,8	28,1	40,2	29,8	24,1	31,2	-9,7	40,4	37,7	46,8	37,1	33,4	39,1	-7,0
Słowenia	41,1	44,1	48,6	47,2	48,1	45,8	7,0	36,6	41,3	44,0	37,7	38,8	39,7	2,2	38,1	42,2	45,5	40,8	41,9	41,7	3,8
Szwajcaria	23,3	27,7	25,4	27,4	29,6	26,7	6,3	34,5	24,7	31,3	31,5	30,1	30,4	-4,4	26,4	26,9	27,0	28,5	29,7	27,7	3,3
Szwecja	17,8	17,5	18,7	15,0	16,0	17,0	-1,8	-	-	-	-	-	-	-	17,8	21,1	18,7	15,0	16,0	17,7	-1,8
Turcja	11,7	14,1	18,8	22,0	25,6	18,4	13,9	12,2	13,5	20,6	19,2	24,3	18,0	12,1	11,9	13,9	19,5	20,9	25,1	18,3	13,2
Węgry	48,0	47,4	47,1	43,8	50,4	47,3	2,4	35,5	47,5	68,3	46,7	47,1	49,0	11,6	36,7	47,5	66,4	46,4	47,4	48,9	10,7
Włochy	26,9	43,2	44,4	45,1	36,2	39,2	9,3	39,6	41,6	44,6	45,2	44,0	43,0	4,4	36,2	42,0	44,6	45,2	42,0	42,0	5,8

*) wg Michel A, Haggmüller K, Kirchner T, Prescher A-K, Schwärzel K, editors (2025) Forest Condition in Europe: The 2025 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Online supplementary material available at <https://www.icp-forests.net/reports-and-briefs/technical-reports>



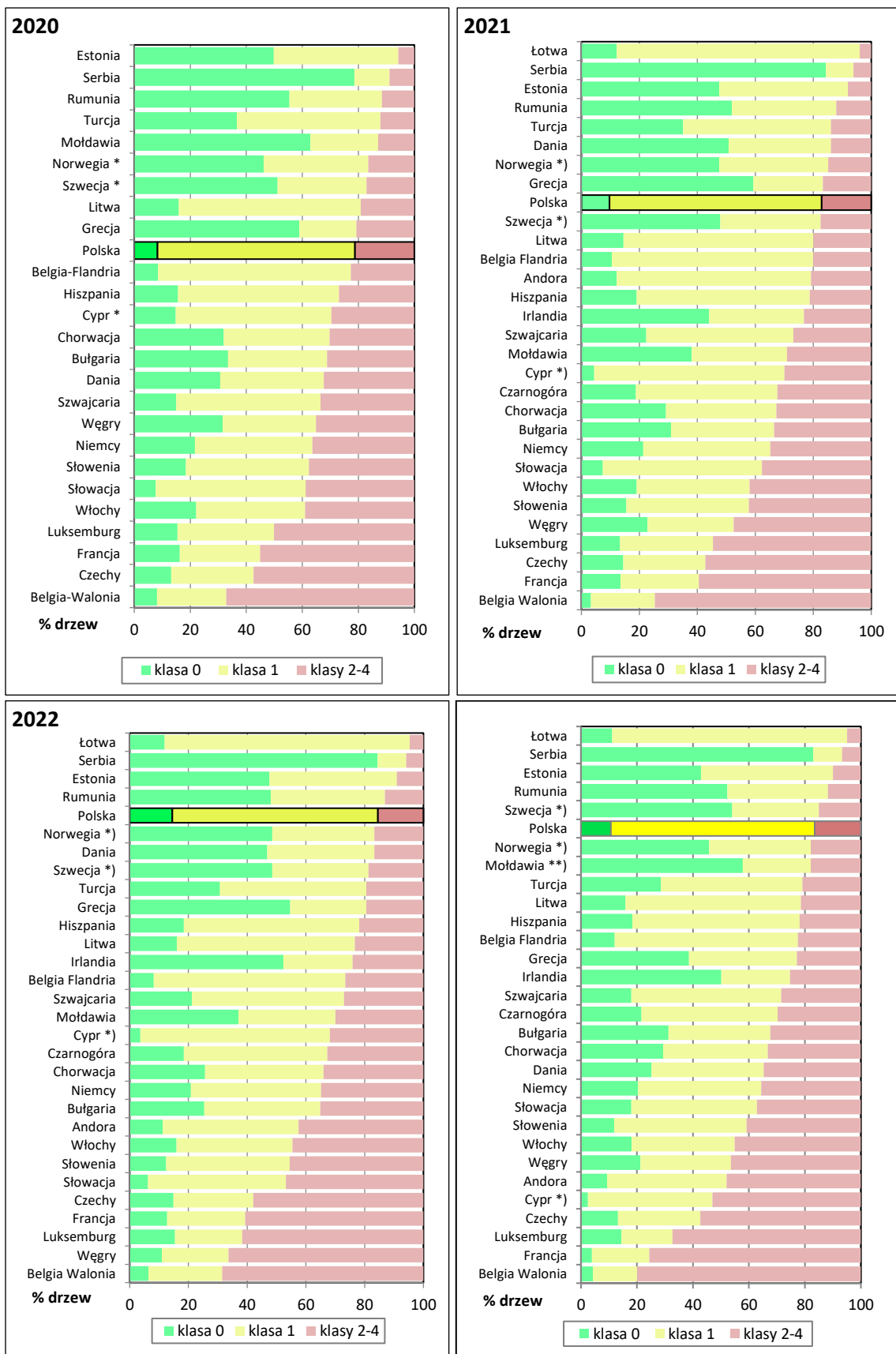
Rycina 16.1. Udział procentowy drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji w krajach Europy w 2024 roku, kraje uszeregowane według wzrastającego udziału drzew w klasach defoliacji 2–4

*) kraje, w których oceniano defoliację tylko gatunków iglastych, **) kraje, w których oceniano defoliację tylko gatunków liściastych

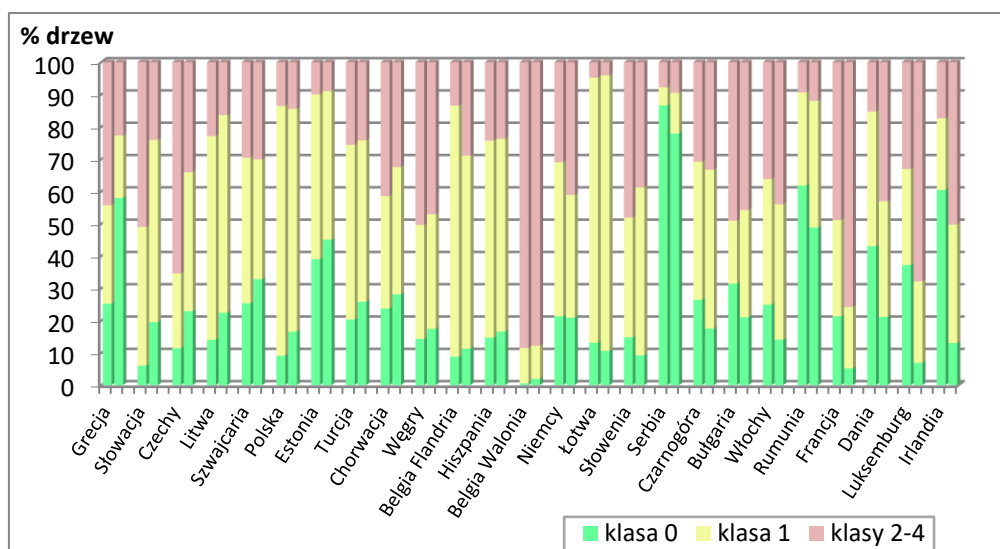


Rycina 16.2. Rozkład przestrzenny średniej defoliacji drzew wszystkich gatunków na powierzchniach pierwszego rzędu (level 1) sieci ICP Forests w Europie w 2024 r.

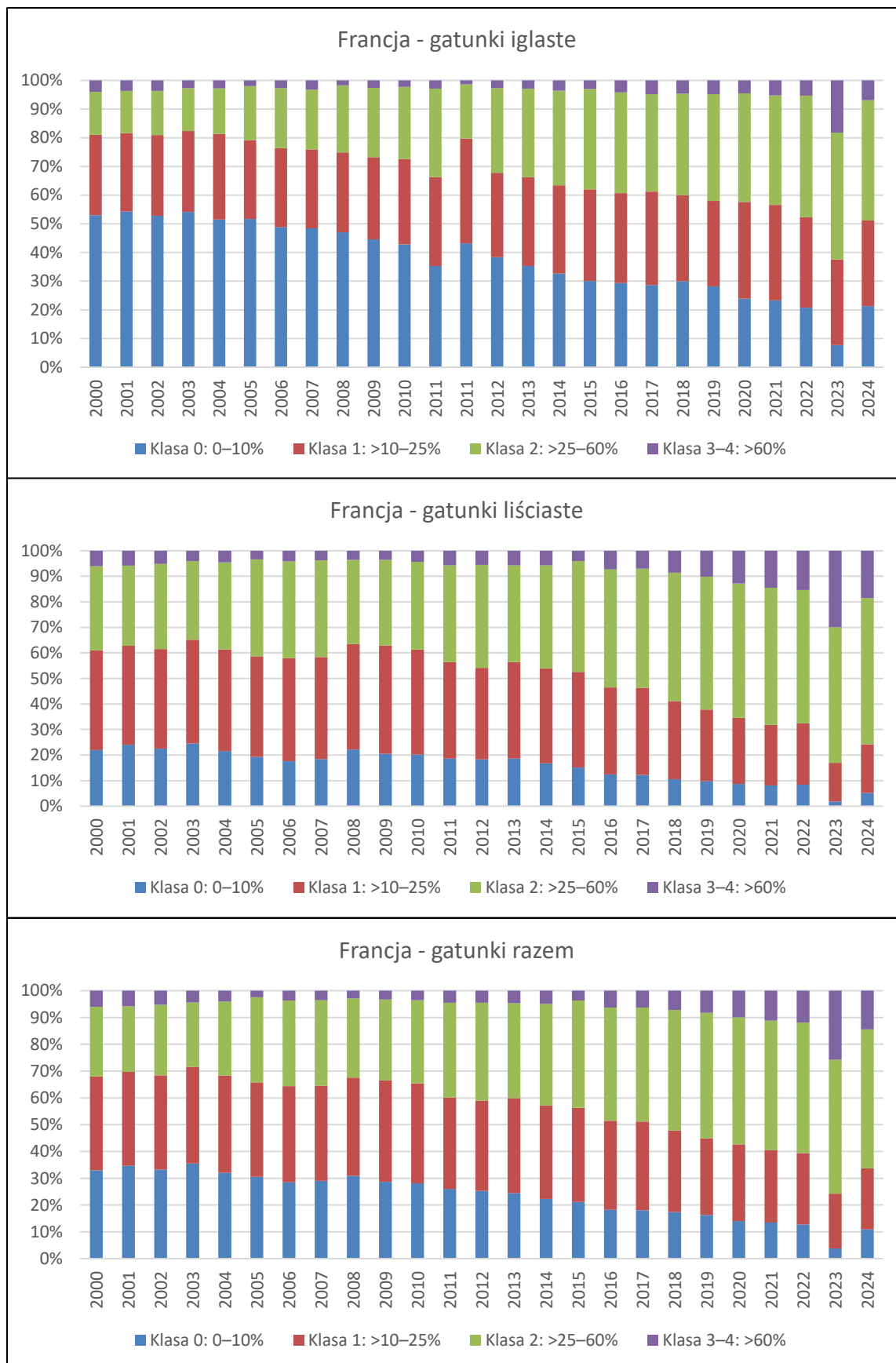
wg Michel A, Haggemüller K, Kirchner T, Prescher A-K, Schwärzel K, editors (2025) Forest Condition in Europe: The 2025 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute. available at <https://www.icp-forests.net/reports-and-briefs/technical-reports>



Rycina 16.3. Uszeregowanie krajów według wzrastającego udziału drzew w klasach defoliacji 2–4 w latach 2020-2023



Rycina 16.4. Udział procentowy drzew gatunków iglastych (słupki po lewej stronie) i gatunków liściastych (słupki po prawej stronie) w klasach defoliacji w kolejności różnicy udziału drzew zdrowych pomiędzy gatunkami iglastymi i liściastymi w krajach Europy w 2024 r.



Rycina 16.5. Zmiana udziału drzew w klasach defoliacji we Francji w okresie 2000-2024

17. PODSUMOWANIE WYNIKÓW – PAWEŁ LECH

Wyniki obserwacji, pomiarów i analiz monitoringu lasów wykonanych w 2025 roku pozwalają na sformułowania następujących wniosków:

Liczebność Stałych Powierzchni obserwacyjnych

- Liczba stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu poddanych obserwacjom w 2025 roku wyniosła 2055, w tym 1387 powierzchni w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych, 537 powierzchni będących własnością osób fizycznych, 36 powierzchni w granicach parków narodowych oraz 95 powierzchni w lasach pozostałych form własności.
- W 2025 r. wszystkie powierzchnie I rzędu przewidziane do badań stanu zdrowotnego lasów zostały poddane ocenom. Badania stanu zdrowotnego drzewostanów wykonane również zostały na 136 SPO II rzędu. Natomiast na 133 SPO II rzędu z wybranych drzew pozyskano próbki aparatu asymilacyjnego do badań odżywienia mineralnego drzewostanów. Przez cały rok 2025 kontynuowano również badania na 12 SPO MI.

Stan zdrowotny drzewostanów

- Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wynosiła 21,4%, iglastych razem – 22,0%, a liściastych razem – 20,5%. Udział drzew o defoliacji do 10% wynosił 12,7%, a udział drzew o defoliacji powyżej 25% – 15,5%. Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym udziałem drzew zdrowych (20,0%) oraz wyższym udziałem drzew o podwyższonej defoliacji (15,7%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 8,1% i 15,4%).
- Gatunki o niskiej średniej defoliacji to buk i olsza, odpowiednio 16,8% i 18,3%. Średnią wartość tego parametru (od 20,2% do 21,9%) wykazywały: ‘inne liściaste’, jodła, ‘inne iglaste’, brzoza i sosna. Wyższą wartością średniej defoliacji charakteryzowały się dąb (23,7%) i świerk (24,7%).
- Kolejność gatunków od najbardziej do najmniej zdrowych (ustalona na podstawie analizy średniej defoliacji, udziału drzew o defoliacji do 10% i udziału drzew o defoliacji powyżej 25%) była następująca: buk < olsza < ‘inne liściaste’ < brzoza, jodła, ‘inne iglaste’ < sosna < dąb, świerk.
- W przypadku wszystkich gatunków łącznie oraz większości głównych gatunków lasotwórczych średnia defoliacja drzew wzrastała wraz ze wzrostem numeru klasy Krafra. Inna tendencja wystąpiła u jodły i buka, gdzie nastąpiła poprawa defoliacji w drugiej klasie Krafra względem pierwszej, natomiast w trzeciej wystąpił widoczny wzrost defoliacji.

Najniższą średnią defoliację otrzymano dla olszy w pierwszej klasie Krafta (14,3%), zbliżona wartość wystąpiła też w przypadku drugiej klasy Krafta u buka (14,5%). Natomiast u świerka najwyższą wartość zarejestrowano w trzeciej klasie Krafta (26,9%).

- W 2025 r. na poziomie krajowym nie stwierdzono znaczących różnic w kondycji drzew (gatunki łącznie) w lasach poszczególnych form własności. Niewielkie różnice szeregują lasy następująco (od zdrowszych do tych o słabszej kondycji): lasy w zarządzie Lasów Państwowych < lasy w granicach parków narodowych < lasy prywatne < lasy innych form własności. Średnia defoliacja drzew w lasach tych form własności wynosiła odpowiednio: 20,9%, 22,1%, 22,4% i 22,4%.
- W przypadku większości głównych lasotwórczych gatunków drzew i wszystkich drzew razem wraz z wiekiem rosła średnia defoliacja. Znaczny spadek kondycji drzew wraz z wiekiem stwierdzono u dębu, brzozy i jodły, mniejszy u świerka, olszy i sosny. U buka zaobserwowano poprawę kondycji wraz ze wzrostem wieku, wyrażoną głównie wyższym udziałem drzew zdrowych wśród drzew starszych.
- Udział drzew o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie rdLP zawierał się w przedziale od 1,1% w RDLP w Szczecinku do 37,5% w RDLP w Krośnie. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 6,3% w RDLP w Krośnie do 37,1% w RDLP w Krakowie. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 16,2% w RDLP w Krośnie do 25,5% w RDLP w Krakowie.
- Regionalne dyrekcje LP pogrupowano według poziomu zdrowotności lasów, od najbardziej do najmniej zdrowych, ich kolejność jest następująca: Krosno < Piła < Wrocław, Poznań, Zielona Góra, Gdańsk, Radom < Białystok, Olsztyn, Toruń, Szczecin, Warszawa < Łódź, Szczecinek < Katowice, Lublin < Kraków.
- Udział drzew o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie województw zawierał się w przedziale od 1,4% w województwie opolskim do 30,0% w województwie podkarpackim. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 9,9% w województwie warmińsko-mazurskim do 36,3% w województwie małopolskim. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 18,0% w województwie podkarpackim do 25,9% w województwie małopolskim.
- Uszeregowanie grup województw pod względem zdrowotności lasów w kolejności od najzdrowszych do najmniej zdrowych przedstawiało się jak następuje: podkarpackie < wielkopolskie, dolnośląskie < świętokrzyskie, lubuskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, pomorskie < kujawsko-pomorskie, zachodniopomorskie, mazowieckie, lubelskie, łódzkie, śląskie < opolskie < małopolskie.

- Udział drzew o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawierał się w przedziale od 8,7% w Krainie Bałtyckiej do 22,4% w Krainie Karpackiej. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 10,2% w Krainie Mazursko-Podlaskiej do 21,3% w Krainie Karpackiej. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 20,3% w Krainie Sudeckiej i Wielkopolsko-Pomorskiej do 22,9% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej.
- Kolejność grup krain przyrodniczo-leśnych według poziomu zdrowotności lasów, od najbardziej do najmniej zdrowych przedstawiała się jak następuje: Sudecka, Wielkopolsko-Pomorska < Mazursko-Podlaska, Karpacka, Śląska, Bałtycka < Małopolska < Mazowiecko-Podlaska.

Zmiany stan zdrowotnego drzew na SPO I rzędu w latach 2016-2025

- W dziesięcioleciu 2016-2025 poziom zdrowotności drzew w lasach nie wykazywał dużych różnic w skali kraju. Lepszą kondycję drzew ‘gatunków razem’ obserwowano w latach 2022-2025, słabszą – w latach 2016-2021. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 8,0% w 2020 r. do 14,4% w 2022 r., udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 13,9% w 2024 r. do 21,1% w 2019 r.
- Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wykazywała trend malejący i zawierała się w przedziale od 21,2% w 2022 r. do 23,4% w 2019 r. Jedynym gatunkiem, który wykazuje prawdopodobnie rosnący trend defoliacji jest świerk.
- Biorąc pod uwagę średnie wartości parametrów składających się na ocenę zdrowotności monitorowanych gatunków drzew w latach 2016-2025 kolejność gatunków od najbardziej do najmniej zdrowych przedstawiała się następująco: buk << olsza, jodła < ‘inne iglaste’, ‘inne liściaste’, sosna < brzoza < świerk << dąb.
- W latach 2016-2025 najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowały się ‘inne iglaste’ a następnie sosna, największą zmiennością kondycji charakteryzował się dąb.
- Porównanie kondycji drzew w lasach regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w dziesięcioleciu wykazało: w rdLP w Toruniu, Olsztynie i w Gdańsku kondycja drzew była bardzo dobra, wartość średniej defoliacji pozostawała stale poniżej średniej krajowej, natomiast w rdLP we Wrocławiu oraz w Lublinie kondycja drzew była znacznie osłabiona, średnia defoliacja utrzymywała się stale powyżej średniej krajowej.
- Najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach rdLP w Gdańsku, Toruniu i Olsztynie, największą zmiennością kondycji charakteryzowały się drzewa w lasach rdLP w Zielonej Górze i we Wrocławiu.

- Średnia defoliacja w układzie rdLP wykazywała malejące lub stabilne trendy, poza Krakowem, Szczecinkiem i Gdańskiem, gdzie trendu nie zaobserwowano oraz rdLP w Szczecinie, gdzie zaobserwowano trend prawdopodobnie rosnący.
- Porównanie kondycji drzew w lasach krain przyrodniczo-leśnych w dziesięcioleciu wykazało: w krainach Bałtyckiej i Karpackiej kondycja drzew była bardzo dobra, wartość średniej defoliacji pozostawała stale poniżej średniej krajowej, natomiast w krainach Mazowiecko-Podlaskiej i Śląskiej kondycja drzew była znacznie osłabiona, średnia defoliacja utrzymywała się stale powyżej średniej krajowej.
- Najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy Mazursko-Podlaskiej, największą zmiennością kondycji charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy Śląskiej.
- Krainy przyrodniczo leśne wykazywały malejący trend wartości średniej defoliacji, z wyjątkiem krainy Mazowiecko-Podlaskiej która charakteryzował się trendem stabilnym oraz krainy Bałtyckiej, gdzie trend był rosnący.

Zmiana struktury gatunkowej drzew na SPO I rzędu w okresie 2007-2025

- W okresie 2007-2025 stwierdzono spadek udziału drzew gatunków iglastych na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu na rzecz wzrostu udziału drzew gatunków liściastych o 4,97 p.p, z poziomu 66,2% do 61,2%. W okresie tym zmniejszył się udział sosny zwyczajnej, świerka i brzozy, wzrósł natomiast udział rodzimych dębów, olch, buka, jodły oraz domieszkowych gatunków liściastych i iglastych.
- Udział gatunków iglastych na SPO I rzędu zmniejszył się dla wszystkich form własności, w największym stopniu w parkach narodowych (-11,83 p.p.) i lasach prywatnych (-6,18 p.p.).
- Udział ten zmniejszył się w granicach wszystkich ośmiu krain przyrodniczo-leśnych, najwyraźniej na terenie Krainy Sudeckiej (-10,75 p.p.) i Krainy Małopolskiej (-7,41 p.p.)
- W analizowanym okresie odnotowano spadek udziału gatunków iglastych w II, III, V oraz VI klasie wieku. Jedynie w klasie IV (61-80lat) udział tych drzew nieznacznie wzrósł. W II klasie wieku dominują obecnie gatunki liściaste, których udział wynosi 52,9%.
- Udział drzew gatunków iglastych zmniejszył się w granicach 15 województw. Największy spadek stwierdzono w województwie świętokrzyskim (-13,50 p.p.) i dolnośląskim (-11,32 p.p.). Jedynie na terenie województwa łódzkiego odnotowano niewielki wzrost udziału drzew gatunków iglastych (+0,23 p.p.).

- Udział drzew gatunków iglastych na powierzchniach zlokalizowanych na gruntach w zarządzie PGL LP, z wyjątkiem RDLP w Pile, zmniejszył się, w największym stopniu w przypadku RDLP we Wrocławiu (-7,81 p.p.) i Toruniu i (-7,48 p.p.).

Symptomy i przyczyny uszkodzeń drzewostanów

- W 2025 roku stwierdzono 44944 uszkodzenia drzew, które występowały na 72,40% wszystkich drzew ocenianych na SPO I rzędu. W porównaniu do roku poprzedniego nastąpił spadek udziału drzew uszkodzonych oraz zmalało nasilenie uszkodzeń wszystkich wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew.
- Najsilniej uszkodzonymi gatunkami liściastymi były dęby (1,63 uszkodzenia/drzewo), a z gatunków iglastych – świerk (1,04 uszkodzenia/drzewo).
- Najczęściej uszkodzaną częścią drzew iglastych oraz buka i domieszkowych gatunków liściastych była strzała, zaś pozostałych gatunków liściastych – liście.
- Najczęściej występującym symptomem uszkodzenia drzew był „ubytek liści/igieł”.
- Wśród czynników sprawczych dominowały „konkurencja i inne czynniki” (głównie konkurencja) oraz owady (przede wszystkim owady liściożerne), uszkadzające w największym stopniu gatunki liściaste.
- Występowanie uszkodzeń powodowanych przez jemiołę zwiększało się w ostatnich 15 latach, jednakże wzrost ten w ostatnim roku, podobnie jak w dwu poprzednich latach był niewielki i wynosił 0,6%. W 2025 roku porażonych było łącznie 9 gatunków drzew, najsilniej jodła i sosna.

Warunki klimatyczno-wodne panujące na terenach leśnych Polski w 2025 roku

- Warunki wilgotnościowe panujące w glebach na terenach leśnych w 2025 r. były niekorzystne na prawie całym obszarze Polski (z wyjątkiem południowo-zachodniej części kraju), na co wskazują wartości klimatycznego bilansu wodnego półrocza letniego (KBWL) oraz liczby dni ograniczonej dostępności wody glebowej w roku (LDR).
- W okresie najsilniejszego wzrostu drzew (kwiecień-lipiec) największe niedobory wody występowały w zachodniej części Polski wraz z Wielkopolską, na Podlasiu, Górnym Śląsku po ziemię łódzką oraz w zachodniej części Małopolski.
- Opady w pierwszym półroczu 2025 roku były niskie we wschodniej Polsce oraz na terenie województwa lubuskiego, zachodniej części Wielkopolski oraz na Pomorzu.
- Na obszarach, na których w 2024 roku wskaźnik (LDL) wykazywał niedobory wody w okresie maksymalnego wzrostu drzew w 2025 roku zarejestrowano wzrost defoliacji o 1- 2 p.p. względem roku poprzedniego.

Zdrowotność drzewostanów na obszarach Natura 2000

- Na koniec 2025 roku na terenie Polski było 1006 obszarów sieci Natura 2000. Łączna powierzchnia lądowa zajmowana przez obszary Natura 2000 wynosiła 61 340 km², co jest równe 19,7% powierzchni Polski.
- W roku 2025 na obszarach sieci Natura 2000 znajdowało się 673 czynnych powierzchni monitoringu leśnego (I i II rzędu, w tym monitoringu intensywnego), co stanowiło około 30,7% wszystkich aktywnych SPO.
- Defoliacja drzew na 96% SPO I rzędu znajdujących się na obszarach ochrony ptaków (OSO) mieściła się w przedziale 10-25%, a na pozostałych powierzchniach w przedziale 26-60%. Średnia defoliacja na OSO wynosiła 22,2%.
- Defoliacja drzew na 93% SPO I rzędu znajdujących się na obszarach ochrony siedlisk (SOO) mieściła się w przedziale 10-25%, a na pozostałych powierzchniach w przedziale 26-60%. Średnia defoliacja na SOO wynosiła 21,5%.

Stan zdrowotny drzew na SPO II rzędu w 2025 r.

- Ogółem na SPO II rzędu średnia defoliacja drzew wynosiła 22,6%, udział drzew zdrowych (o defoliacji do 10%) – 8,9%, a udział drzew o osłabionej kondycji (klasy 2-4, powyżej 25% defoliacji) – 16,9%.
- Kolejność gatunków występujących na SPO II rzędu od najniższej do najwyższej defoliacji była następująca: buk << świerk < sosna << dąb.
- Drzewa monitorowanych gatunków łącznie okazały się najzdrowsze na powierzchniach Krainy Karpackiej, gdzie średnia defoliacja wynosiła 18,5%. Dobrą kondycję drzew zarejestrowano w Krainie Sudeckiej, średnią w Krainach Bałtyckiej i Mazursko-Podlaskiej, słabszą w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej oraz najslabszą w Krainach: Małopolskiej, Śląskiej i Mazowiecko-Podlaskiej, w których średnia defoliacja zawierała się w przedziale 24,0-24,3%.

Warunki meteorologiczne na SPO MI w 2025 r.

- Rok 2025 był pod względem termicznym sklasyfikowany jako *bardzo ciepły* dla większości obszaru kraju.
- Średnia roczna temperatura ze wszystkich stacji monitoringu wyniosła 8,6°C i była o 1,4°C niższa niż w roku 2024.
- Średnia temperatura okresu wegetacyjnego wynosiła 14,5°C i była o 1,8°C niższa niż w roku 2024.

- Najwyższą maksymalną wartość temperatury 39,7°C odnotowano 3 lipca w Chojnowie.
- W roku 2025 średnia miesięczna suma opadów okresu wegetacyjnego ze wszystkich stacji wyniosła 70,4 mm i była o 2,3 mm wyższa niż w roku 2024.
- Roczna suma opadów oraz suma opadów okresu wegetacyjnego była najwyższa w Szklarskiej Porębie – odpowiednio 1294,8 mm i 725,6 mm.
- Najmniej opadów w całym roku jak i w sezonie wegetacyjnym zarejestrowano na stacji w Chojnowie – odpowiednio 485,6 mm i 226,6 mm.
- Najwyższą 10-minutową średnią prędkość wiatru (12,9 m/s) zarejestrowano 16 sierpnia 2025 roku na stacji w Białowieży.
- W okresie wegetacyjnym najdłuższe okresy posuchy odnotowano na stacji w Kruczu (łącznie były to 4 okresy na ogólną sumę 81 dni). Natomiast najdłuższy pojedynczy okres posuchy trwał 40 dni i wystąpił w Strzałowie.
- Rok 2025 na stacjach monitoringu intensywnego, w porównaniu do dziesięciu poprzednich lat, cechuje się przeciętną wilgotnością oraz niższą od przeciętnej temperaturą.

Zanieczyszczenia powietrza na SPO MI

- Łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery w 2025 roku była niska w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej, tj. w Białowieży, Gdańsku, Strzałowie i Suwałkach (1,8–2,3 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹). Powierzchnie zlokalizowane w górach i na pogórzu: Szklarska Poręba, Piwniczna i Bircza charakteryzowały się również dość niskimi wartościami sumarycznej depozycji N-NO₂ i S-SO₂ (2,0 – 2,2 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹). W Wielkopolsce: w Kruczu i Krotoszynie oraz w Łącku obciążenie sumarycznym ładunkiem zanieczyszczeń gazowych było pośrednie i wyniosło odpowiednio 3,0, 3,0 i 3,5 kg N+S ha⁻¹. Najbardziej obciążone zanieczyszczeniami atmosferycznymi są SPO MI w Chojnowie i Zawadzkiem z depozycją na poziomie odpowiednio 5,3 kg N+S ha⁻¹ i 4,3 kg N+S ha⁻¹.
- Prognozy wskazują, że w Polsce centralnej, w rejonach o wysokiej i średniej depozycji gazowych zanieczyszczeń powietrza, zagrożenie dla ekosystemów ze strony SO₂, a szczególnie NO₂ będzie się utrzymywać, nawet po wdrożeniu ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga.

Depozyt jonów wnoszony z opadami atmosferycznymi na SPO MI

- Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich

mieścił się w granicach od 13,9 do 27,6 kg ha⁻¹. Największy spadek depozycji względem roku 2024 nastąpił w Krotoszynie i Chojnowie.

- Sumaryczny depozyt pierwiastków śladowych, tj. żelaza, manganu, glinu oraz metali ciężkich: cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w kg ha⁻¹, wynosił od 1,1 do 2,5% depozytu rocznego wszystkich składników. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,7 do 1,8% depozytu rocznego, tj. od 0,15 do 0,39 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Największe ilości metali ciężkich zanotowano na SPO MI w Łącku i Chojnowie (0,39 i 0,31 kg ha⁻¹ rok⁻¹).
- W opadach na SPO MI średnie pH mieściło się w granicach od 5,2 do 6,1. Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 wyniósł 6% i z ponad dziesięcioletnich pomiarów wynika, że udział ten zmniejsza się. Najwyższa kwasowość opadów mierzona średnią roczną wartością pH wystąpiła na Śląsku w Zawadzkiem (pH 5,2), w rejonach górskich: w Sudetach w Szklarskiej Porębie (pH 5,5), w Karpatach w Piwnicznej i Birczy (odpowiednio pH 5,3 i 5,6), a także w Kruczu (pH 5,5).
- Na SPO MI w 2025 roku ponad połowa przeanalizowanych próbek opadów otwartej przestrzeni – częściej w okresie zimowym - przyjmowała ujemne wartości ANC. Udział jonów o charakterze zakwaszającym (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ i NH₄⁺) w depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego wynosił od 47% do 71%. Przewaga jonów zakwaszających nad jonami zasad była największa na SPO MI w Kruczu, Zawadzkiem, Krotoszynie, Szklarskiej Porębie i Strzałowie (66-71%).

Depozyt podkoronowy na SPO MI w 2025 r.

- Roczny depozyt podkoronowy był od 1,3 do 3,6 razy większy niż z opadem na otwartej przestrzeni i mieścił się w zakresie od 30,0 do 73,2 kg ha⁻¹ rok⁻¹.
- Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,44 do 1,53 kg ha⁻¹ rok⁻¹, co odpowiadało od 0,9% do 3,4% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Udział metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, i Cd) stanowił w sumie rocznego depozytu od 0,3 do 1,0%. Na poszczególnych powierzchniach depozyt metali ciężkich wyniósł od 0,16 do 0,41 kg ha⁻¹ rok⁻¹, z czego od 82 do 88% stanowił Zn.
- Udział próbek opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC w 2025 roku wynosił 18%. Ujemne wartości ANC związane z przewagą jonów wolnych kwasów występowały przeważnie w okresie zimowym.
- Na wszystkich SPO MI odnotowano dodatnią wartość średniej rocznej ANC.

- Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) stanowiły od 31 do 53% rocznego molowego depozytu. Wysoki udział jonów zakwaszających odnotowano na SPO MI w Kruczu, Szklarskiej Porębie i Zawadzkiem.
- Depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu w buczynach wyniósł w okresie badań $1,3 \text{ kg ha}^{-1}$ w Gdańsku i $6,2 \text{ kg ha}^{-1}$ w Birczy. Stanowiło to 2,5% depozytu podkoronowego w Gdańsku i 14% w Birczy.

Roztwory glebowe

- Średnie pH na SPO MI w 2025 roku w badanych roztworach glebowych wynosiło od 4,2 do 7,8 na głębokości 25 cm oraz od 4,5 do 7,1 na głębokości 50 cm.
- W składzie roztworów glebowych w Suwałkach i Strzałowie znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły na obu głębokościach (25 i 50 cm) odpowiednio ponad 80% i ponad 55% sumy jonów, natomiast ich udział był niski (22–25%) w Szklarskiej Porębie i w Zawadzkiem.
- Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al) przyjął znacznie niższe od jedności wartości, mieszczące się w zakresie od 0,2 do 0,5 w nadleśnictwach: Szklarska Poręba (świerk), Chojnów (sosna), Zawadzkie (sosna) i Krucz (sosna). W Gdańsku (buk) mieścił się w granicach 0,3 – 0,8. W Łącku (dąb) i Piwnicznej (świerk) wynosił 0,6 na głębokości 25 cm i wzrastał do 0,8 – 1,1 w głębszym poziomie gleby. W Strzałowie, Białowieży (sosna), Krotoszynie (dąb) i Suwałkach (świerk) przekraczał – niekiedy znacznie – przyjętą wartość krytyczną, wskazując na brak zagrożenia korzeni ze strony toksycznych form glinu. Jedynie w płytszej warstwie gleby w Białowieży BC/Al przyjmował wartość 0,7.
- Jony azotu w formach mineralnych występowały w podwyższonych, choć niższych niż w latach 2023 i 2024, stężeniach w roztworach glebowych poniżej głównej strefy korzeniowej roślin na głębokości 50 cm w Krotoszynie i Białowieży. Wskazuje to na możliwość ucieczki azotu z gleb, spowodowaną zarówno możliwym nadmiernym dopływem azotu z depozycją atmosferyczną, jak i wysokim tempem mineralizacji materii organicznej wskutek wcześniejszych uszkodzeń drzewostanu lub cięć sanitarnych.

Trendy zmian jakości powietrza i chemizmu opadów w latach 2011-2025

- Na każdej z badanych SPO MI w ostatnich latach zanotowano spadek stężenia dwutlenku siarki. Największe spadki wystąpiły w rejonach górskich: w Birczy, Zawadzkiem i Szklarskiej Porębie.

- Stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w latach 2011-2025 wykazywały trendy spadkowe na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI. Największy spadek stężenia NO_2 wystąpił w Chojnowie, gdzie obserwowane są najwyższe stężenia NO_2 spośród powierzchni monitoringu lasów. Duże spadki zaobserwowano również w Łącku i Zawadzkiem.
- Na otwartej przestrzeni lub pod okapem drzewostanów na większości SPO MI pH opadów wykazywało istotny ($p \leq 0,05$) trend rosnący, co należy uznać za zjawisko pozytywne. Wyjątkiem były powierzchnie: świerkowa w Piwnicznej, gdzie nie zaobserwowano istotnego trendu pod okapem, podobnie jak na otwartej przestrzeni w Suwałkach (świerk) i Białowieży (sosna). Tempo wzrostu pH opadów pod okapem jest nieco wolniejsze niż na otwartej przestrzeni.
- Wzrostowi pH opadów towarzyszyło zmniejszanie się depozycji siarki w formie siarczanów: depozycja S-SO_4^{2-} na wszystkich SPO MI na otwartej przestrzeni oraz pod okapem wykazywała tendencję malejącą.
- Depozycja związków azotu w mniejszym stopniu niż S-SO_4^{2-} podlegała trendom i choć przeważnie ulegała zmniejszeniu na terenie Polski, zdarzały się lokalizacje o wzrastającej depozycji azotu. W okresie 2011-2025 trendy wzrostu depozycji N-NO_3^- wykryto pod okapem w Białowieży, zaś trendy spadkowe w obu typach opadów w Gdańsku, Birczy, Krotoszynie, Łącku, Chojnowie i Szklarskiej Porębie oraz w opadach docierających do koron drzew w Strzałowie, Kruczu i Piwnicznej. Depozycja formy zredukowanej azotu (N-NH_4^+) istotnie malała na licznych SPO MI, z wyjątkiem Łącka, opadów bezpośrednich w Krotoszynie i podkoronowych w Kruczu.
- Trendy wielkości depozycji na przestrzeni ostatnich lat w mniejszym stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych. W roztworach glebowych kwasowość zmniejszała się na obu głębokościach tylko w Gdańsku (buk), Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (świerk) oraz Chojnowie (sosna). Warunki glebowe w Chojnowie ulegają niewielkiej poprawie, zauważalnej początkowo w górnej części profilu gleby, a z upływem czasu, od 2023 roku, sięgającej w głąb profilu glebowego, wyrażającej się wzrostem pH i BC:Al oraz spadkiem stężeń siarczanów (VI). W Zawadzkiem w spadały stężenia wapnia i malał stosunek BC:Al , co wskazuje na dalsze pogarszanie się wskaźników glebowych. Do pierwszych oznak zahamowania niekorzystnych tendencji można zaliczyć wzrost pH w roztworach w wierzchniej warstwie gleby towarzyszący spadającemu stężeniu siarczanów (VI).

Stan zdrowotny lasów w Polsce na tle Europy w roku 2024

- W 2024 roku w zestawieniu dla gatunków razem dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach Serbii, Rumunii, Szwecji, Norwegii i Estonii (przewaga udziału drzew o defoliacji do 10% nad udziałem drzew o defoliacji powyżej 25% wynosiła ponad 27 punktów procentowych), natomiast złą kondycją – drzewa w lasach Mołdawii, Bułgarii, Włoch, Węgier, Słowenii, Czech, Luksemburga, Cypru, Francji i Belgii Walonii (przewaga udziału drzew o defoliacji powyżej 25% nad udziałem drzew o defoliacji do 10% wynosiła ponad 20 punktów procentowych).
- Polska wraz z Łotwą i Belgią Flandrią znalazła się w grupie krajów, w których zarówno udział drzew o defoliacji do 10%, jak i udział drzew o defoliacji powyżej 25% nie był wysoki, natomiast większość drzew (od 67,4% do 83,1%) została zaliczona do klasy ostrzegawczej (o defoliacji od 11% do 25%).
- W pięcioleciu 2020-2024 kondycja zdrowotna lasów, wyrażona udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4, w 15 krajach nie ulegała dużym zmianom. Dotyczy to zarówno krajów o stale dobrej kondycji zdrowotnej lasów, jak i tych o stale średniej lub stale złej kondycji. W zestawieniu dla gatunków razem są to: Łotwa, Serbia, Estonia i Rumunia (las w bardzo dobrej kondycji zdrowotnej), Norwegia, Szwecja i Polska (las w dobrej kondycji zdrowotnej), Litwa, Hiszpania, Belgia Flandria i Irlandia (las w średniej kondycji zdrowotnej), Szwajcaria, Chorwacja i Niemcy (las o silnie osłabionej kondycji zdrowotnej), Czechy (las o najsłabszej kondycji zdrowotnej).
- W pięcioleciu 2020-2024 kilka krajów charakteryzowało się złą kondycją zdrowotną lasów a jednocześnie dużą zmiennością udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 w kolejnych latach pięciolecia. W zestawieniu dla gatunków razem były to Dania, Mołdawia, Andora, Cypr, Węgry, Francja i Belgia Walonia.
- Porównanie ostatniego i pierwszego roku pięciolecia 2020-2024 wykazało, w zestawieniu dla gatunków razem, niewielką poprawę kondycji drzew (obniżenie udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 5,5 do 7,0 p.p.) – w lasach Polski, Słowacji i Mołdawii, niewielkie pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 5,2 do 8,9 p.p.) – w lasach Irlandii, Włoch i Francji, znaczne pogorszenie (wzrost udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 o 10,7 do 25,5 p.p.) – w lasach Węgier, Grecji, Bułgarii, Turcji, Belgii Walonii i Cypru.