

# **INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA**



## **STAN ZDROWOTNY LASÓW POLSKI W 2014 ROKU**

**Sękocin Stary, 2015**



# INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

ZAKŁAD ZARZĄDZANIA ZASOBAMI LEŚNYMI

## Stan zdrowotny lasów Polski w 2014 roku

Synteza

opracowania pt. "Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2014 roku na podstawie badań monitoringowych"



SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW  
NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
I GOSPODARKI WODNEJ

Autor tematu: Jerzy Wawrzoniak

Zespół autorski: Paulina Drózdź, Małgorzata Dudzińska, Robert Hildebrand, Marek Jabłoński, Władysław Kantorowicz, Leszek Kluziński, Anna Kowalska, Paweł Lech, Jadwiga Małachowska, Edward Pierzgalski, Józef Piwnicki, Andrzej Stolarek, Ryszard Szczygieł, Sławomir Ślusarski, Jan Tyszka, Jerzy Wawrzoniak, Józef Wójcik, Grzegorz Zajączkowski

Kierownik Zakładu :

Dyrektor Instytutu:

Sękocin Stary, październik 2015

Monitoring lasu jest finansowany przez Ministerstwo Środowiska, Dyрекję Generalną Lasów Państwowych, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

## SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Jerzy Wawrzoniak</i> .....	3
Program monitoringu lasów w 2014 roku – <i>Jerzy Wawrzoniak, Grzegorz Zajązkowski</i> .....	5
<b>Część I     Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I i II rzędu....</b>	<b>6</b>
1. Ocena poziomu uszkodzenia monitorowanych gatunków drzew – <i>Jadwiga Małachowska</i> .....	7
2. Ocena symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew – <i>Paweł Lech, Sławomir Ślusarski, ...</i>	14
3. Wpływ warunków pogodowych na zdrowotność drzewostanów – <i>Jadwiga Małachowska</i> .....	17
4. Stałe powierzchnie obserwacyjne monitoringu lasów na obszarach Natura 2000 – <i>Robert Hildebrand</i> .....	18
5. Zmiany stanu odżywienia drzewostanów w latach 1997-2013 na podstawie wyników monitoringu organów asymilacyjnych drzew – <i>Józef Wójcik, Paulina Drózdź</i> .....	20
6. Analiza parametrów dendrometrycznych na SPO II rzędu – <i>Małgorzata Dudzińska</i> ....	29
<b>Część II     Badania na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI) .....</b>	<b>31</b>
7. Dynamika parametrów meteorologicznych na SPO MI – <i>Leszek Kluziński</i> .....	32
8. Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych na SPO MI – <i>Anna Kowalska</i> .....	34
9. Poziom koncentracji NO <sub>2</sub> i SO <sub>2</sub> w powietrzu na terenach leśnych na SPO MI – <i>Anna Kowalska</i> .....	38
10. Opady podkoronowe oraz roztwory glebowe na terenach leśnych na SPO MI – <i>Anna Kowalska</i> .....	42
11. Ocena presji środowiska na ekosystemy leśne na podstawie badań na SPO MI – <i>Anna Kowalska, Paweł Lech</i> .....	49
<b>Część III     Informacje ogólne i podsumowanie .....</b>	<b>53</b>
12. Intensywność obradzania i jakość nasion sosny na terenach leśnych w kraju – <i>Władysław Kantorowicz</i> .....	53
13. Pożary lasów – <i>Józef Piwnicki i Ryszard Szczygieł</i> .....	54
14. Zasobność i przyrost drzewostanów na podstawie wyników wielkoobszarowej inventaryzacji stanu lasu (WISL) – <i>Marek Jabłoński</i> .....	55
15. Ocena warunków hydrologicznych w wybranych zlewniach leśnych – <i>Edward Pierzgalski, Andrzej Stolarek, Jan Tyszka</i> .....	57
Literatura .....	60



## **WSTĘP – JERZY WAWRZONIAK**

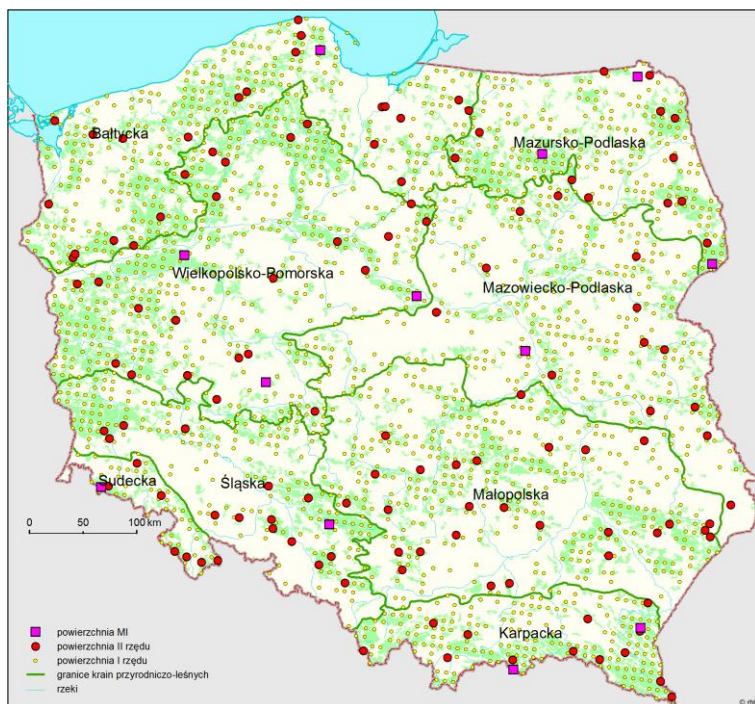
W 2014 roku minęło 30 lat, kiedy monitoring lasów zapoczątkował swoją działalność tworząc sieć pomiarową zanieczyszczeń powietrza na obszarach leśnych na podstawie Decyzji Kolegium Lasów Państwowych z dnia 31 marca 1984 roku. Prace związane z uruchomieniem punktów pomiarowych oraz ich obsługą powierzono Instytutowi Badawczemu Leśnictwa. Na przełomie lat 70-tych i 80-tych problem wysokiego poziomu zanieczyszczeń powietrza i jego oddziaływania na środowisko naturalne miał charakter globalny. Zjawisko zamierania lasów na wielu tysiącach hektarów w Górach Szwarcwaldu, Górach Kruszcowych i Sudetach wzbudziło niepokój zarówno w kręgach naukowych jak i politycznych. W 1979 roku w Genewie ONZ przyjęło konwencję o transgranicznym przemieszczaniu się zanieczyszczeń na dalekie odległości, którą Polska podpisała i ratyfikowała. W ramach konwencji powołano grupę roboczą, której celem było zbadanie wpływu zanieczyszczeń powietrza na różne komponenty środowiska przyrodniczego. W 1985 roku powołano międzynarodowy program ICP-Forests do badania wpływu zanieczyszczeń powietrza na lasy. Polska przystąpiła do programu rok później. Utworzona została sieć 1595 punktów do pomiaru zanieczyszczeń powietrza w lasach rozmieszczonych w 221 nadleśnictwach. Gęstość sieci wynosiła od 4 x 4 km do 16 x 16 km w zależności od poziomu zanieczyszczeń powietrza w regionie.

W 1989 roku uruchomiono sieć stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu (SPO I rz.) dla oceny zróżnicowania poziomu zdrowotnego lasów w Polsce. Proporcjonalnie do powierzchni leśnej w regionalnych dyrekcjach lasów państwowych, a następnie proporcjonalnie do udziału powierzchniowego drzewostanów sosnowych, świerkowych, jodłowych, dębowych, bukowych, brzozowych oraz klas wieku rozmieszczono 1500 stałych powierzchni obserwacyjnych. Każda powierzchnia składała się z 20 drzew próbnych wybranych z drzewostanu dominującego, które corocznie poddawane były obserwacjom cech morfologicznych koron drzew, a w szczególności defoliacji i odbarwienia liści bądź igieł. Na podstawie poziomu defoliacji określano poziom zdrowotności drzewostanów.

W 1991 roku monitoring lasów został włączony do Państwowego Monitoringu Środowiska, którego celem jest ocena stanu środowiska w Polsce, jako podsystemu monitoringu przyrody. W latach 1994-1996 założono 148 stałych powierzchni obserwacyjnych II rzędu (SPO II rz.) w drzewostanach sosnowych, świerkowych, dębowych i bukowych. Zakres badań na tych powierzchniach był znacznie szerszy, niż na SPO I rzędu i obejmował w okresach 4-5 letnich: badania glebowe, badania składu chemicznego liści bądź igieł, badania dendrometryczne, badania roślinności runa i odnowień naturalnych, pomiary

stężen  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  metodą pasywną oraz depozyt całkowity w miesięcznych okresach ekspozycji próbników. Celem badań na SPO II rzędu jest określenie związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy wybranymi komponentami ekosystemów leśnych, a zmieniającymi się czynnikami środowiska.

Współpraca międzynarodowa w ramach monitoringu lasów oparta jest na uczestnictwie w międzynarodowym programie ICP-Forests. Polega ona na współuczestniczeniu w opracowaniu zharmonizowanej metodyki pomiarów i obserwacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych oraz przekazywaniu danych do bazy danych ICP-Forests, które służą do opracowywania corocznych raportów o stanie lasów w Europie. W 2004 roku po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej współpraca międzynarodowa nabrała nowego wymiaru. Udział w programie Forest Focus i Futmon pozwolił na korzystanie ze środków finansowych Unii Europejskiej i uruchomienie 12 stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego, a także przeprowadzenie badań i obserwacji w projektach Biosoil i Biodiversity mających na celu ocenę właściwości glebowych i różnorodności biologicznej na SPO I rzędu w sieci 16 x 16 km.



**Rys. 1.** Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu oraz powierzchni monitoringu intensywnego (MI) w krainach przyrodniczo-leśnych

powierzchni), a lokalizacja drzew próbnych przy użyciu dalmierza laserowego (określenie azymutu i odległości od środka powierzchni). Wyniki badań i obserwacji notowano używając specjalnie w tym celu oprogramowanych rejestratorów Motoroli.

W latach 2005-2006 nastąpiła integracja sieci powierzchni obserwacyjnych monitoringu lasów z siecią wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu, przyjmując podstawową gęstość sieci 8 x 8 km. Ważną zmianą było objęcie monitoringiem lasów wszystkich kategorii własności. Zmianie uległa także technologia prac terenowych. Ukryte powierzchnie były identyfikowane przy użyciu GPS (określenie środka



Wdrożenie pełnego zakresu badań na stałych powierzchniach monitoringu intensywnego, takich jak: opady podkoronowe, spływ po pniu, roztwory glebowe oraz pomiary meteorologiczne przy użyciu automatycznych stacji meteorologicznych nastąpiło w 2009 roku i zakończyło budowę trójpoziomowej struktury monitoringu lasów rekomendowanej przez ICP-Forests.

Trzydziestoletni okres funkcjonowania monitoringu lasów był możliwy tylko dzięki stabilnemu finansowaniu przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Ministerstwo Środowiska i Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Z uwagi na wielkie znaczenie lasów w kształtowaniu środowiska przyrodniczego w Polsce i konieczność monitorowania jego reakcji na zmiany zachodzące w środowisku program ten powinien znaleźć również w przyszłości odpowiednie dla złożoności problemu finansowanie.

#### **PROGRAM MONITORINGU LASÓW W 2014 ROKU – *JERZY WAWRZONIAK, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI***

**1. Monitoring uszkodzeń drzewostanów** - przeprowadzony na 2013 SPO I rzędu (powierzchnie w sieci 8 x 8 km) oraz na 144 SPO II rzędu - Oceniano następujące parametry 20 drzew próbnych: gatunek, wiek, status drzewa, stanowisko biosocjalne, defoliację, odbarwienie, pierśnicę, ocienienie i widoczność korony, liczbę roczników igliwia, długość igliwia bądź wielkość liści, proporcje przyrostu pędów, typ przerzedzenia korony, udział martwych gałęzi, występowanie pędów wtórnych, urodzaj nasion, intensywność kwitnienia.

**2. Monitoring symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew** - przeprowadzony na 2013 SPO I rzędu, jaki na 144 SPO II rzędu. Na 20 drzewach próbnych oceniano: miejsce uszkodzenia na drzewie, symptomy uszkodzenia, specyfikację symptomów, kategorię czynnika sprawczego, rozmiar uszkodzenia.

**3. Monitoring miąższości i przyrostu miąższości drzewostanów** – przeprowadzono pomiary cech dendrometrycznych na wszystkich drzewach na 144 SPO II rzędu oraz wykonano opracowanie danych.

**4. Monitoring chemizmu igliwia i liści drzew na SPO II rzędu** - przeprowadzono analizy chemiczne próbek liści i igliwia pobranych z drzew próbnych na 144 SPO II rzędu, oznaczając zawartości: N (metodą Kiejdahla) oraz P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Al, Cd, Pb (metodą ICP-OES).

**5. Monitoring depozytu zanieczyszczeń** - przeprowadzony na 12 SPO MI. Określono pH oraz skład chemiczny opadów atmosferycznych: zawartość Ca, K, Mg, Na, NH<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Al, Mn, Fe oraz metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn).

**6. Monitoring jakości powietrza atmosferycznego** – na 12 SPO MI przeprowadzono pomiar koncentracji SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> metodą pasywną.

**7. Monitoring opadów podkronowych i roztworów glebowych** - pomiary wykonano na 12 SPO MI. Próbkę pobierano w cyklu miesięcznym z 15 chwytników podkronowych i 2 chwytników z otwartej przestrzeni oraz z 20 tensometrów (roztwory glebowe) rozmieszczonych na dwóch głębokościach (po 10 na każdej głębokości). Na 2 SPO w drzewostanach bukowych pobrano próbki spływu po pniu. Analizy chemiczne pobranych próbek obejmują: pH, Ca, Mg, K, Na, NH<sub>4</sub>, Fe, Mn, Al, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, Cd, Cu, Pb, Zn.

**8. Monitoring parametrów meteorologicznych** - w pobliżu 12 SPO MI automatyczne stacje meteorologiczne rejestrowały w cyklu ciągłym: temperaturę powietrza [°C] na wysokości 2 m, 0,5 m oraz przy gruncie (na wysokości 5 cm), temperaturę gleby [°C] na głębokości 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm, wilgotność względną powietrza [%] na wysokości 2 m, wilgotność gleby [dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>], promieniowanie [W/m<sup>2</sup>] (całkowite i UVB), prędkość [m/s] i kierunek wiatru [°] oraz opad atmosferyczny [mm].

## **CZĘŚĆ I MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH I I II RZĘDU**

**Tabela 1.** Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie krain - 2014 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W zarządzie Parków Narodowych	Pozostałe własności	Własności razem
Bałtycka	293	20	3	7	323
Mazursko-Podlaska	167	44	7	2	220
Wielkopolsko-Pom.	345	48	2	12	407
Mazowiecko-Podl.	139	165	4	4	312
Śląska	154	11	0	7	172
Małopolska	190	145	3	18	356
Sudecka	37	4	1	5	47
Karpacka	90	66	13	7	176
<b>Razem</b>	<b>1415</b>	<b>503</b>	<b>33</b>	<b>62</b>	<b>2013</b>

W 2014 roku przeprowadzono obserwacje na 2013 stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu (SPO I rz.) (Rys. 1). Większość powierzchni (1415) znajduje się w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych oraz w lasach będących własnością osób fizycznych (503 pow.) (Tab. 1).

Liczba powierzchni: 1) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawiera się w przedziale od 47 w Krainie Sudeckiej do 407 w Krainie

Wielkopolsko-Pomorskiej, 2) w układzie RDLP – w przedziale od 63 w RDLP Piła do 184 w

RDLP Białystok, 3) w układzie województw – w przedziale od 41 w województwie opolskim do 205 w województwie mazowieckim.

Liczby powierzchni wg gatunku panującego w drzewostanie wynoszą: powierzchnie z dominacją sosny – 1234, świerka – 86, jodły – 47, innych iglastych – 17, buka – 75, dębu – 133, brzozy – 182 olszy – 132, innych liściastych – 107 (Tab. 2).

**Tabela 2.** Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunków w układzie krain – 2014 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Bałycka	187	11	0	6	204	23	22	38	28	8	119	323
Mazursko-Podlaska	127	15	0	0	142	1	7	26	34	10	78	220
Wielkopolsko-Pom.	335	2	0	2	339	5	17	21	14	11	68	407
Mazowiecko-Podl.	210	1	0	0	211	0	19	48	28	6	101	312
Śląska	96	3	0	3	102	5	24	18	8	15	70	172
Małopolska	252	3	9	1	265	7	32	23	12	17	91	356
Sudecka	1	22	0	0	23	1	7	5	1	10	24	47
Karpacka	26	29	38	5	98	33	5	3	7	30	78	176
<b>Razem</b>	<b>1234</b>	<b>86</b>	<b>47</b>	<b>17</b>	<b>1384</b>	<b>75</b>	<b>133</b>	<b>182</b>	<b>132</b>	<b>107</b>	<b>629</b>	<b>2013</b>

W 2014 roku wykonano pomiary i obserwacje na 144 stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu (SPO II rzędu). Wszystkie zlokalizowane są w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych. Liczba powierzchni: 1) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawiera się w przedziale od 8 w Krainie Sudeckiej do 26 w Krainie Małopolskiej, 2) w układzie RDLP – w przedziale od 2 w RDLP Zielona Góra do 18 w RDLP Katowice, 3) w układzie województw – w przedziale od 2 w woj. łódzkim do 13 w woj. lubelskim. Liczby powierzchni wg gatunku panującego w drzewostanie wynoszą: powierzchnie z dominacją sosny – 100, świerka – 18, buka – 11, dębu – 15.

## **1. OCENA POZIOMU USZKODZENIA MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW** – *JADWIGA MAŁACHOWSKA*

Parametrami oceny poziomu uszkodzenia gatunków są następujące charakterystyki: procentowy udział drzew zdrowych (klasa 0, defoliacja 0-10%), procentowy udział drzew uszkodzonych (klasy 2-4, defoliacja > 25% i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja drzew.

### **Zróźnicowanie uszkodzenia monitorowanych gatunków drzew**

Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wynosiła 21,91%, iglastych razem – 21,77%, a liściastych razem – 22,18%. Udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) gatunków razem wynosił 11,55%, a udział drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji) – 18,86%.

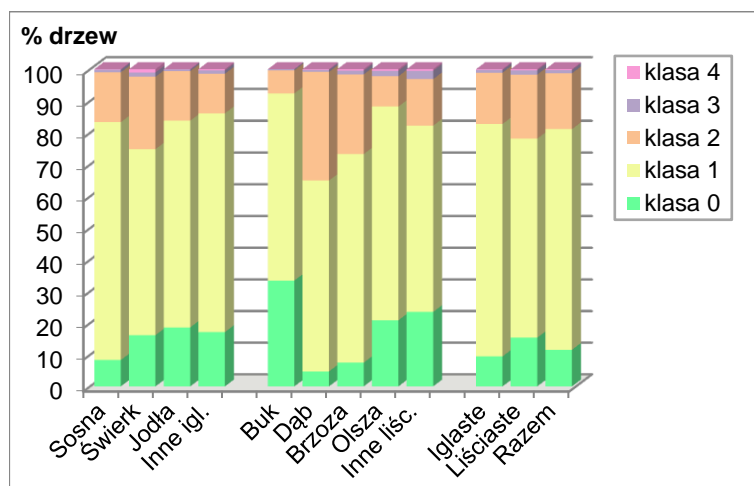
Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym udziałem drzew zdrowych (15,37%) oraz wyższym udziałem drzew uszkodzonych (21,85%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 9,46% i 17,23%) – Rys. 2.

Kolejność gatunków od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych (ustalona na podstawie analizy trzech parametrów określających zdrowotność: udziału drzew zdrowych, udziału drzew uszkodzonych oraz średniej defoliacji) jest następująca: buk < olsza < jodła < inne liściaste, inne iglaste < sosna < świerk < brzoza < dąb.

Dla gatunków drzew razem poziom zdrowotności lasów w 2011 r. w porównaniu z 2010 r. uległ pogorszeniu, w 2012 r. zmiany były niewielkie, w 2013 r. odnotowano poprawę stanu lasów. W 2014 r. ogólna kondycja lasów nie uległa wyraźnej zmianie. Średnia defoliacja gatunków razem wynosiła w kolejnych latach: 20,85%, 22,41%, 22,77%, 21,55% i 21,91%; udział drzew zdrowych wynosił: 20,98%, 13,96%, 11,28%, 13,73% i 11,55%; udział drzew uszkodzonych: 20,67%, 23,99%, 23,37, 18,78% i 18,86%.

### Uszkodzenia monitorowanych gatunków drzew według form własności lasu

Porównanie poziomu zdrowotności monitorowanych gatunków drzew (wiek ponad 20 lat) wykonano w układzie czterech form własności: lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lasy prywatne, lasy w Parkach Narodowych oraz lasy ‘pozostałych’ własności – Tab. 3, Rys. 3, 4.



**Rys. 2.** Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2014 roku. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.

Kategoria ‘inne iglaste’ w lasach prywatnych, dąb i gatunki z kategorii ‘inne iglaste’ i ‘inne liściaste’ w parkach narodowych oraz jodła w lasach ‘pozostałych’ własności – ze względu na małą liczebność próby (poniżej 30 drzew) zostały pominięte w analizie.

Uszkodzenie **sosny** w parkach narodowych i w lasach prywatnych było wyższe niż w lasach państwowych i lasach ‘pozostałych’ własności. Udział drzew zdrowych w lasach tych czterech kategorii własności wynosił odpowiednio: 5,41%, 5,39%, 9,26% i 10,81%, drzew uszkodzonych: 24,32%, 22,86%, 14,52% i 15,37%, a średnia defoliacja: 23,76%, 23,76%, 21,07% i 21,64%.

Najwyższe uszkodzenie **świerka** zarejestrowano w lasach parków narodowych (śr. def. = 28,59%, brak drzew zdrowych, 32,61% drzew uszkodzonych), duże - w lasach prywatnych (śr. def. = 26,56%), niższe - w lasach ‘pozostałych’ własności (śr. def. = 23,41%), najniższe -

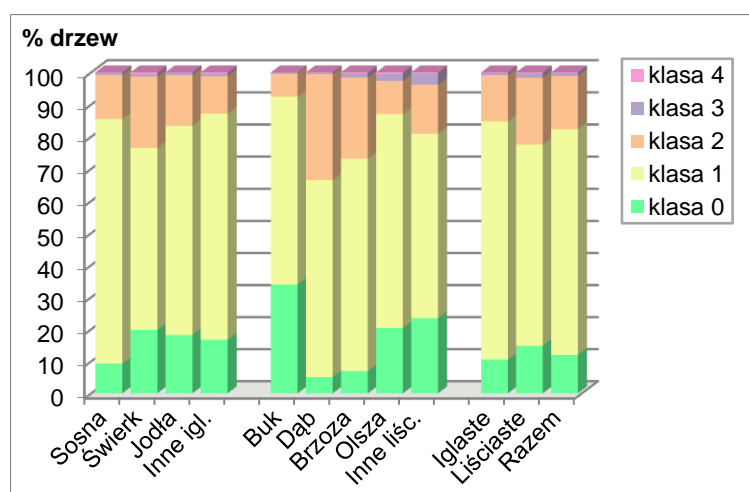
w lasach państwowych (śr. def. = 21,81%, 19,76% drzew zdrowych i 23,51% drzew uszkodzonych).

**Tabela 3.** Średnia defoliacja monitorowanych gatunków według form własności – 2014 r.

Gatunek drzewa	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W zarządzie Parków Narodowych	Pozostałe własności	Własności razem
Sosna	21,07	23,76	23,76	21,64	21,77
Świerk	21,81	26,56	28,59	23,41	23,08
Jodła	20,36	17,32	28,33	18,91	19,99
Inne iglaste	19,83	26,47	25,83	18,33	20,15
Gat. iglaste	21,08	23,66	26,11	21,51	21,77
Buk	16,17	16,89	16,98	15,54	16,28
Dąb	25,30	26,11	20,42	32,10	25,76
Brzoza	24,14	23,70	29,53	22,95	24,06
Olsza	20,43	19,05	16,81	16,47	19,76
Inne liściaste	21,63	20,47	17,96	21,88	21,12
Gat. liściaste	22,35	21,69	20,13	23,86	22,18
Gat. razem	21,50	22,88	23,63	22,50	21,91

\*) wyniki oznaczone niebieskim kolorem mogą być obciążone błędem ze względu na małą liczebność próby (do obliczeń wzięto co najwyżej 30 drzew)

nie wykazywało znacznego zróżnicowania w zależności od formy własności lasów. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 15,54% (lasy ‘pozostałych’ własności) do 16,98% (lasy w parkach narodowych).



**Rys. 3.** Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2014 roku. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.

parków narodowych, niższe uszkodzenie zanotowano w lasach państwowych i w lasach

Najbardziej uszkodzone **jodły** obserwowano w lasach parków narodowych. Mniej uszkodzone były jodły w lasach państwowych, najmniej w lasach prywatnych. Średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 28,33%, 20,36% i 17,32%.

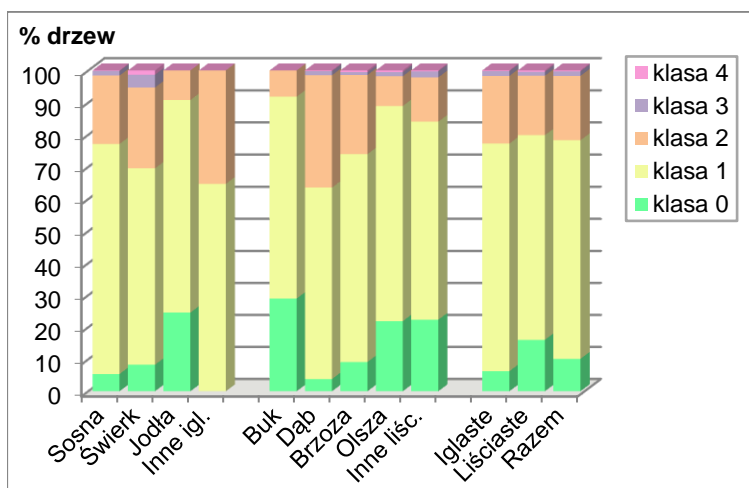
Drzewa kategorii ‘inne iglaste’ okazały się zdrowsze w lasach ‘pozostałych’ własności, niż w lasach państwowych. Udział drzew zdrowych wynosił odpowiednio: 33,33% i 16,71%, udział drzew uszkodzonych: 11,90% i 12,83%, a średnia defoliacja: 18,33% i 19,83%.

Uszkodzenie **buków**, najniższe wśród analizowanych gatunków drzew,

Najbardziej uszkodzone **dęby** obserwowano w lasach ‘pozostałych’ własności (śr. def. = 32,10%). Mniej uszkodzone były dęby w lasach państwowych i w lasach prywatnych (odpowiednio: 25,30% i 26,11% średniej defoliacji).

Największe uszkodzenie **brzoź** występowało w lasach

prywatnych, najniższe – w lasach ‘pozostałych’ własności. Średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 29,53%, 24,14%, 23,70% i 22,95%.



**Rys. 4.** Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2014 roku. Wiek powyżej 20 lat. Lasy prywatne.

Uszkodzenie **olszy** ogółem w kraju było niewielkie. Większe uszkodzenie drzew tej grupy gatunków występowało w lasach państwowych (śr. def. = 20,43%), średnie - w lasach prywatnych (śr. def. = 19,05%), najmniejsze – w lasach ‘pozostałych’ własności oraz w parkach narodowych (śr. def. = 16,47% i 16,81%).

Uszkodzenie drzew kategorii ‘inne liściaste’ nie wykazywało znacznego zróżnicowania w zależności od formy własności lasów. średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 20,47% (lasy prywatne) do 21,88% (‘inne własności razem’).

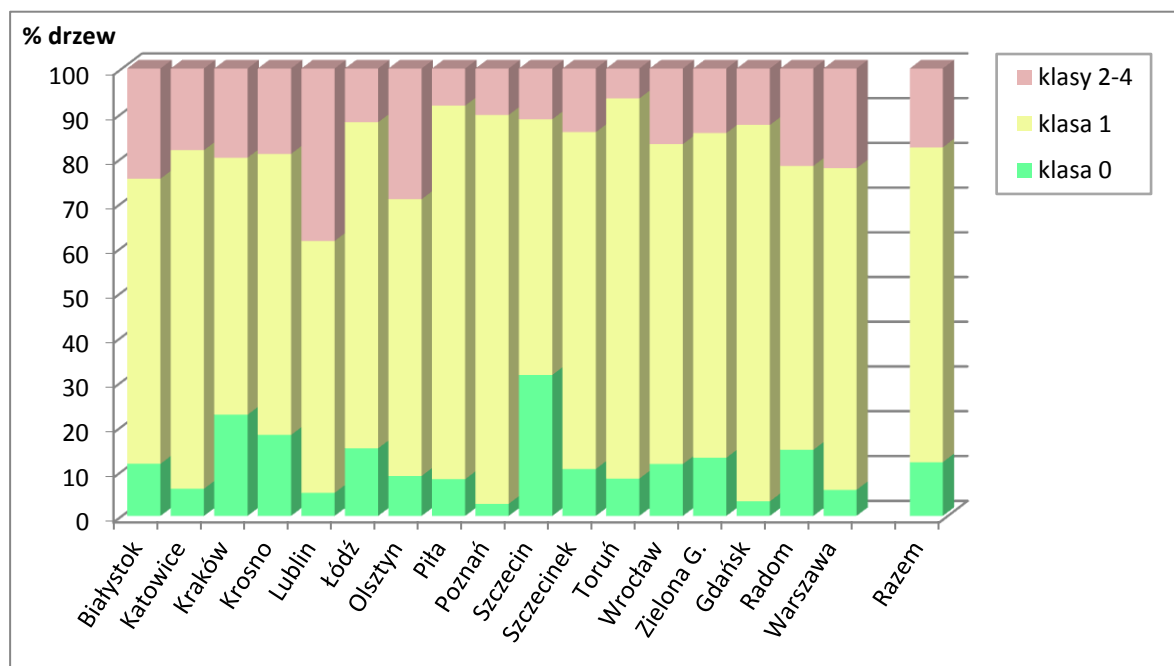
Największe uszkodzenia drzew (gatunki razem) występowały w lasach parków narodowych. Zarejestrowano tam 12,27% drzew zdrowych, najwięcej drzew uszkodzonych (24,09%), najwyższa była też średnia defoliacja (23,63%). Najmniej uszkodzone były drzewa w lasach państwowych. Było tam 11,99% drzew zdrowych, najmniej drzew uszkodzonych (17,65%), średnia defoliacja była również najniższa (21,50%). W lasach ‘pozostałych’ własności i lasach prywatnych poziom uszkodzenia drzew był wyższy niż w lasach państwowych a niższy niż w lasach parków narodowych.

#### Uszkodzenie drzew w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Najzdrowsze okazały się drzewa (gatunki razem) w lasach RDLP Szczecin: najwyższy udział drzew zdrowych w zestawieniu (31,46%), niski udział drzew uszkodzonych (11,35%) i najniższa średnia defoliacja (17,45%). Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach RDLP Lublin: niski udział drzew zdrowych (5,14%), najwyższy udział drzew uszkodzonych (38,57%) i najwyższa średnia defoliacja (26,64%) (Rys. 5, 8).

Większość RDLP ma trudną do określenia pozycję w rankingu uszkodzeń drzew. Drzewa w lasach RDLP Toruń i Piła charakteryzują się niskim poziomem uszkodzenia, pomimo niskich udziałów drzew zdrowych (8,31% i 8,19%), przy najniższych w zestawieniu udziałach drzew uszkodzonych (6,69% i 8,28%) wartości średniej defoliacji były niskie (19,38% i 20,16%). Średnia defoliacja drzew w lasach RDLP Łódź, Zielona Góra i Szczecinek przyjmowała wartości niewiele wyższe (niewiele ponad 20%), przy wyższych

udziałach zarówno drzew zdrowych (od 10,47% do 15,08%), jak i drzew uszkodzonych (12,02% do 14,47%).



**Rys. 5.** Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP) w 2014 r.

RDLP Kraków Poznań i Gdańsk to grupa RDLP o średnim poziomie uszkodzenia drzew. W RDLP Kraków przy średniej defoliacji wynoszącej 20,85%, zarówno udziały drzew zdrowych, jak i uszkodzonych były wysokie (odpowiednio: 22,57% i 19,95%). Z kolei w RDLP Poznań i Gdańsk, przy średniej defoliacji wynoszącej około 21,50%, udziały drzew zdrowych były najniższe w zestawieniu (około 3%), jak również udziały drzew uszkodzonych były niewielkie (10,38% i 12,62%).

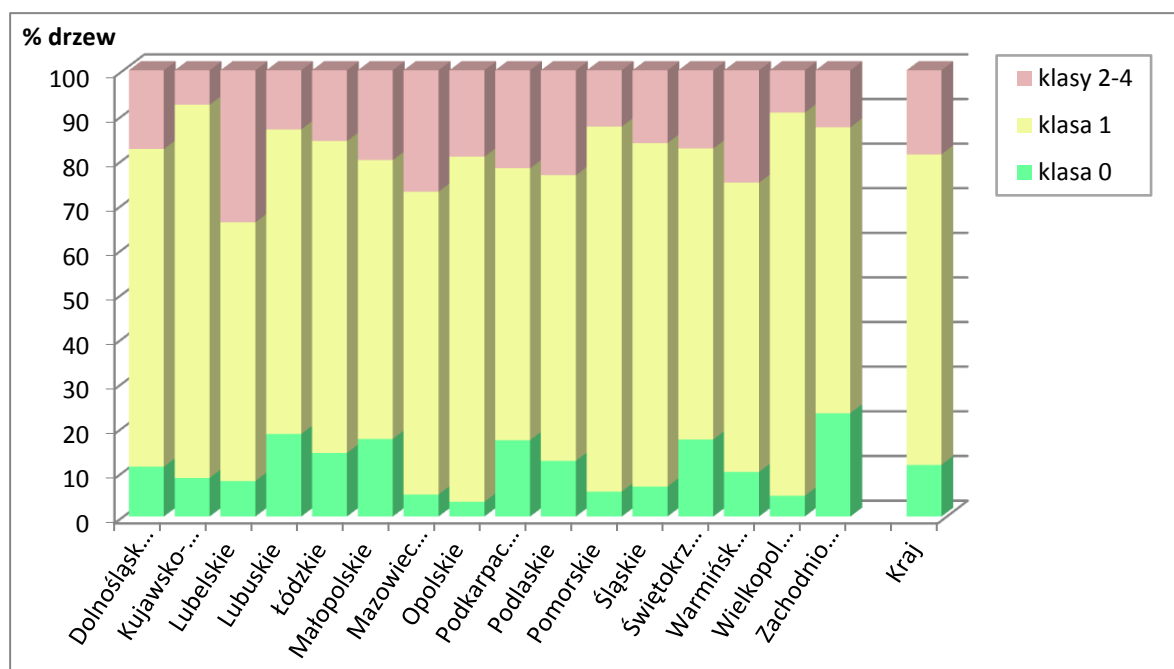
Lasy w RDLP Radom, Wrocław, Krosno i Katowice charakteryzują się podwyższonym poziomem uszkodzenia drzew. Przy średniej defoliacji wynoszącej około 22%, udziały drzew zdrowych były zróżnicowane, wynosiły od 6,05% do 18,06%, udziały drzew uszkodzonych również różniły się (od 16,92% do 21,79%).

Trzy następne RDLP: Olsztyn, Warszawa i Białystok w 2014 r. znalazły się w grupie RDLP o wysokim poziomie uszkodzenia drzew. Udziały drzew zdrowych były dość zróżnicowane (od 5,79% do 11,62%), udziały drzew uszkodzonych (od 22,31% do 29,22%) oraz średnia defoliacja (od 23,40% do 23,96%) były wysokie.

### **Uszkodzenie drzew w układzie województw**

Najzdrowsze okazały się drzewa (gatunki razem) w lasach województwa zachodniopomorskiego, występowały tu: najwyższy udział drzew zdrowych (23,14%), niski

udział drzew uszkodzonych (12,78%) i najniższa średnia defoliacja (18,97%). Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach województwa lubelskiego (niski udział drzew zdrowych równy 7,96%, najwyższy udział drzew uszkodzonych – 34,09% i najwyższa średnia defoliacja – 25,41%) – Rys. 6, 8.



**Rys. 6.** Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie województw w 2014 r.

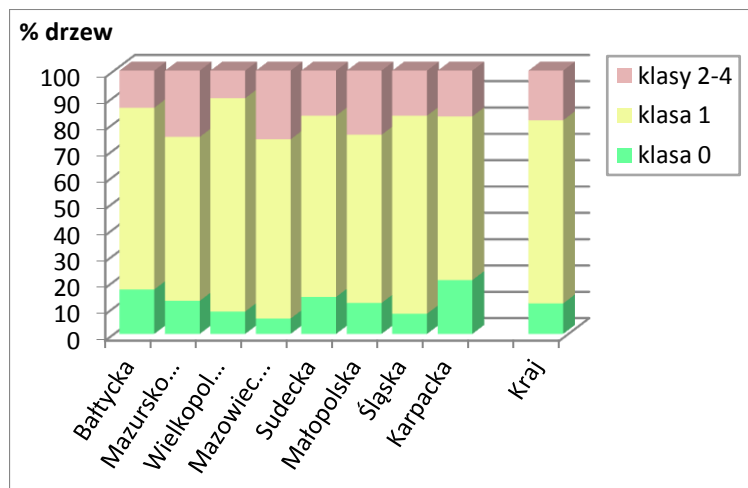
Podobnie jak w przypadku RDLP w większości województw trudno określić pozycję w rankingu uszkodzeń drzew. Województwa: lubuskie, kujawsko-pomorskie i świętokrzyskie charakteryzują się niskim poziomem uszkodzenia (średnia defoliacja poniżej 21%), jednak udziały drzew zdrowych i uszkodzonych są tu mocno zróżnicowane (odpowiednio: od 8,66% do 18,49% i od 7,73% do 17,54%). Podobną kondycją charakteryzują się lasy województw wielkopolsko-pomorskiego i pomorskiego: pomimo niskich udziałów drzew zdrowych (do 6%), przy niewysokich udziałach drzew uszkodzonych (9,49% i 12,63%) wartości średniej defoliacji wynosiły około 21%. Województwa łódzkie, śląskie i dolnośląskie można zaliczyć do grupy województw o średnim poziomie uszkodzenia drzew. Udziały drzew zdrowych, uszkodzonych oraz średnia defoliacja przyjmowały tam wartości średnie, wynoszące odpowiednio: od 6,71% do 14,23%, od 15,87% do 17,66% oraz od 21,27% do 22,00%.

Lasy w województwach małopolskim, podkarpackim i podlaskim charakteryzują się podwyższonym poziomem uszkodzenia drzew. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 21,85% do 22,92%, udziały drzew zdrowych utrzymywały się na średnim poziomie (od 12,48% do 17,37%), udziały drzew uszkodzonych były podwyższone, wynosiły od 20,13% do 23,52%.



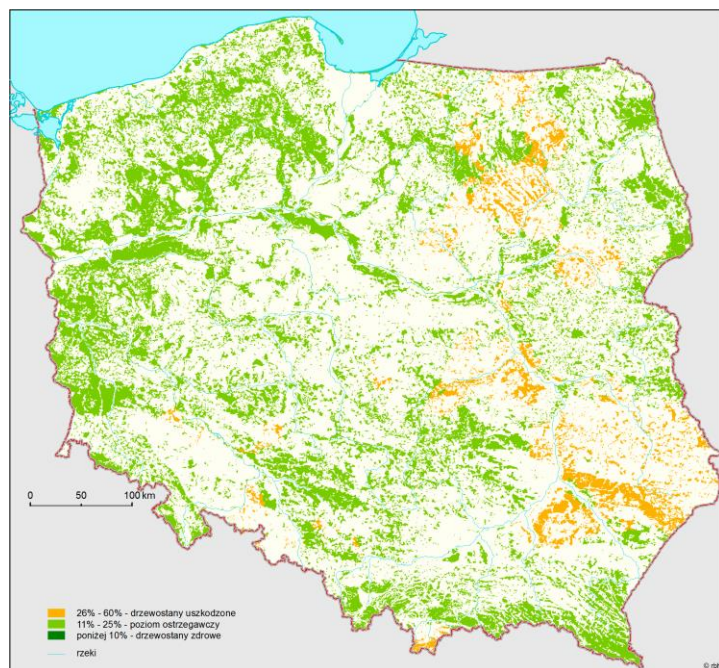
Trzy następne województwa: mazowieckie, opolskie i warmińsko-mazurskie w 2014 r. znalazły się w grupie województw o wysokim poziomie uszkodzenia drzew. Udziały drzew zdrowych nie przekraczały 10%, udziały drzew uszkodzonych zawierały się w przedziale od 19,39% do 27,22%, a średnia defoliacja – w przedziale od 23,31% do 24,68%.

### Uszkodzenie drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych



**Rys. 7.** Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2014 r.

Podlaskiej: niski udział drzew zdrowych (5,83%), najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych (26,08%) i najwyższa średnia defoliacja (24,19%). Krainy Karpacka i Wielkopolsko-Pomorska, które można zaliczyć do krain z lasami o niższym uszkodzeniu



**Rys. 8.** Poziom uszkodzenia lasów w 2014 r. na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach Krainy Bałtyckiej: zanotowano wysoki udział drzew zdrowych (16,86%), niski w porównaniu z innymi krainami udział drzew uszkodzonych (14,09%) i najniższą średnią defoliację (19,96%).

Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach Krainy Mazowiecko-

(zbliżone wartości średniej defoliacji: 20,79% i 20,27%), różnią się znacznie pod względem udziału drzew zdrowych: w pierwszej jest on najwyższy (20,45%), w drugiej – niski (8,50%); oraz pod względem udziału drzew uszkodzonych: w pierwszej przyjmuje wartość średnią (17,36%), a w drugiej – najniższą (10,45%) – Rys. 7, 8.

Podobnie Krainy: Śląska i Sudecka, charakteryzujące się uszkodzeniem drzew na poziomie

średnim (udziały drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja w zakresach wartości średnich, odpowiednio: 17,12% i 17,13% oraz 22,15% i 21,06%) różnią się pod względem udziału drzew zdrowych (odpowiednio: 7,65% i 14,04%). Dwie pozostałe Krainy: Małopolska i Mazursko-Podlaska, charakteryzujące się podwyższonym uszkodzeniem, mają podobne wartości ocenianych parametrów: średnie udziały drzew zdrowych (11,76% i 12,55%), podwyższone udziały drzew uszkodzonych (24,38% i 25,18%) oraz podwyższone wartości średniej defoliacji (23,36% i 23,14%).

W układzie RDLP najzdrowsze okazały się drzewa w lasach RDLP Szczecin, najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach RDLP Lublin.

W układzie województw najlepszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach województwa zachodniopomorskiego, najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach województwa lubelskiego.

W układzie krain przyrodniczo-leśnych najwyższy poziom zdrowotności drzew odnotowano w lasach Krainy Bałtyckiej, najniższy – w lasach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej.

## 2. OCENA SYMPTOMÓW I PRZYCZYN USZKODZEŃ DRZEW – PAWEŁ LECH, SŁAWOMIR ŚLUSARSKI,

W roku 2014 łącznie stwierdzono 38043 uszkodzeń drzew, które występowały na 26950 drzewach (62,50% ocenianych drzew, o około 4% więcej niż w 2013 r.). Na 17815 drzewach stwierdzono występowanie jednego uszkodzenia, na 7085 drzewach – dwóch uszkodzeń, a na 2050 drzewach – trzech. W 2014, w porównaniu do 2013 r. nastąpił wyraźny wzrost liczby drzew z 2 i 3 uszkodzeniami. Wśród gatunków iglastych najwięcej drzew bez uszkodzeń cechowało sosnę (48,28% drzew bez uszkodzeń), zaś wśród gatunków liściastych – buka (36,14%). Najniższym udziałem drzew bez uszkodzeń cechował się dąb (12,71%).

**Tabela 4.** Występowanie uszkodzeń drzew monitorowanych gatunków w klasach wieku – 2014 r.

Gatunki	Liczba uszkodzeń na 1 drzewie w wieku				Łączna liczba uszkodzeń	Liczba uszk./drz. 2014	Liczba uszk./drz. 2013
	21-40 lat	41-60 lat	61-80 lat	>80 lat			
Sosna	0,55	0,63	0,65	0,79	16525	0,67	0,62
Świerk	1,03	0,94	1,02	0,94	2288	1,01	0,95
Jodła	0,51	0,98	0,66	1,18	937	0,95	0,98
Inne iglaste	0,26	0,83	0,53	0,65	309	0,56	0,57
Dąb	1,26	1,32	1,35	1,51	4663	1,47	1,31
Buk	0,83	1,07	1,13	1,08	1971	1,04	0,92
Brzoza	0,94	1,13	1,27	1,41	4725	1,13	0,94
Olsza	1,05	1,12	1,19	1,25	3033	1,17	1,00
Inne liściaste	1,22	1,19	1,35	1,34	3592	1,22	1,07
Razem	0,78	0,83	0,90	0,98	38043	0,87	0,78

Średnia liczba uszkodzeń przypadających na 1 drzewo (gatunki razem) wynosiła 0,87 (Tab. 4). Wartość tego wskaźnika przekroczyła 1,20 w przypadku dębów i domieszkowych gatunków liściastych, niską stwierdzono u sosny (0,67), najniższą u domieszkowych gatunków iglastych (0,56). W porównaniu do ubiegłego roku nastąpił wzrost liczby uszkodzeń większości wyróżnionych gatunków drzew, największy w przypadku brzozy (o 0,17 uszkodzenia/drzewo). Wraz z wiekiem u wszystkich wyróżnionych gatunków drzew poza świerkiem następował wzrost liczby uszkodzeń na drzewie, największy u jodły, u której różnica tego parametru pomiędzy klasami wieku 21-40 lat i powyżej 80 lat wyniosła 0,67.

Przeciętna liczba uszkodzeń przypadającej na jedno drzewo w krainach przyrodniczo-leśnych wynosiła od 0,69 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej do 1,22 w Krainie Sudeckiej, w rdLP - od 0,50 w RDLP Piła do 1,52 w RDLP Krosno.

Na charakter występujących zagrożeń wskazuje zestawienie najczęściej stwierdzanych symptomów i lokalizacji uszkodzeń zarejestrowanych dla danego drzewa oraz związanych z nimi czynników sprawczych (Tab. 5).

**Tabela 5.** Najczęściej występujące lokalizacje, symptomy i czynniki sprawcze uszkodzeń na drzewach monitorowanych gatunków – 2014 rok

Gatunki	Liczba uszkodzeń	Najczęściej występująca lokalizacja			Najczęściej występujący symptom			Najczęściej występujący czynnik sprawczy		
		miejsce	liczba	%	nazwa	liczba	%	nazwa	liczba	%
Sosna	16525	Pień pomiędzy szyją korz., a koroną	5402	32,7	Deformacje	5531	33,5	Badane nie-zidentyfik.	6884	41,7
Świerk	2288	Pień pomiędzy szyją korz., a koroną	978	42,7	Ubytek igieł	537	23,5	Badane nie-zidentyfik.	843	36,8
Jodła	937	Pień pomiędzy szyją korz., a koroną	331	35,3	Deformacje	246	26,3	Badane nie-zidentyfik.	294	31,4
Inne iglaste	309	Pień pomiędzy szyją korz., a koroną	116	37,5	Ubytek igieł	76	24,6	Badane nie-zidentyfik.	142	45,9
Dąb	4663	Liście	2797	60,0	Ubytek liści	2218	47,6	Owady	1943	41,7
Buk	1971	Liście	696	35,3	Ubytek liści	566	28,7	Owady	569	28,9
Brzoza	4725	Liście	2758	58,4	Ubytek liści	2542	53,8	Owady	2108	44,6
Olsza	3033	Liście	1982	65,3	Ubytek liści	1966	64,8	Owady	1687	55,6
Inne liściaste	3592	Liście	1765	49,1	Ubytek liści	1377	40,8	Owady	1227	36,4
Łącznie	38043	Pień pomiędzy szyją korz., a koroną	10672	28,1	Ubytek igieł/liści	12428	32,7	Badane nie-zidentyfik.	13138	34,5

Organem, którego najczęściej dotyczyły uszkodzenia na drzewach iglastych był pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną, a na drzewach liściastych – liście.

Najczęściej identyfikowanym symptomem uszkodzeń był ‘ubytek igieł/liści’ (32,7% wszystkich uszkodzeń). Jedynie w przypadku sosny i jodły najczęściej występowały ‘deformacje’ (odpowiednio; 33,5% i 26,3%).

W dalszym ciągu wysoki jest odsetek drzew, dla których pomimo wykonanej oceny nie udało się określić czynnika sprawczego (34,5%), jednak z roku na rok jest on coraz mniejszy (w 2011 r. – 38,4%, w 2012 r. – 36,8%, w 2013 r. – 35,7%). Było to najczęściej występujące wskazanie w przypadku gatunków iglastych (od 45,9% uszkodzeń u domieszkowych gatunków iglastych do 31,4% uszkodzeń u jodły). W przypadku gatunków liściastych najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym były ‘owady’ (od 55,6% uszkodzeń u olszy do 28,9% uszkodzeń u buków). Szczegółowe dane dotyczące udziału poszczególnych czynników sprawczych w uszkodzeniu monitorowanych gatunków drzew przedstawia tabela 6.

**Tabela 6.** Udział procentowy wyróżnionych kategorii czynników sprawczych na uszkodzonych drzewach badanych gatunków - 2014 r.

Czynniki sprawcze	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Dąb	Buk	Brzoza	Olsza	Inne liściast	Razem
Zwierzęta kręgowce	0,97	5,90	3,52	0,65	0,24	0,76	0,19	0,40	0,58	1,05
Owady	3,08	10,53	6,08	9,71	41,67	28,87	44,61	55,62	35,11	22,09
Grzyby	3,17	5,55	24,55	1,62	9,97	13,70	1,84	2,31	11,36	5,75
Abiotyczne	6,15	5,51	6,62	7,12	2,40	9,13	8,32	6,69	8,27	6,34
Bezpośr. działanie człowieka	6,56	11,06	7,15	12,62	2,38	9,18	2,18	1,78	2,73	5,23
Požary	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,12
Zanieczyszczenia powietrza	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Inne czynniki	38,14	24,56	20,70	22,33	14,56	9,94	13,86	10,06	14,03	24,88
Niezidentyfikowane	41,66	36,84	31,38	45,95	28,78	28,41	28,97	23,11	27,92	34,53

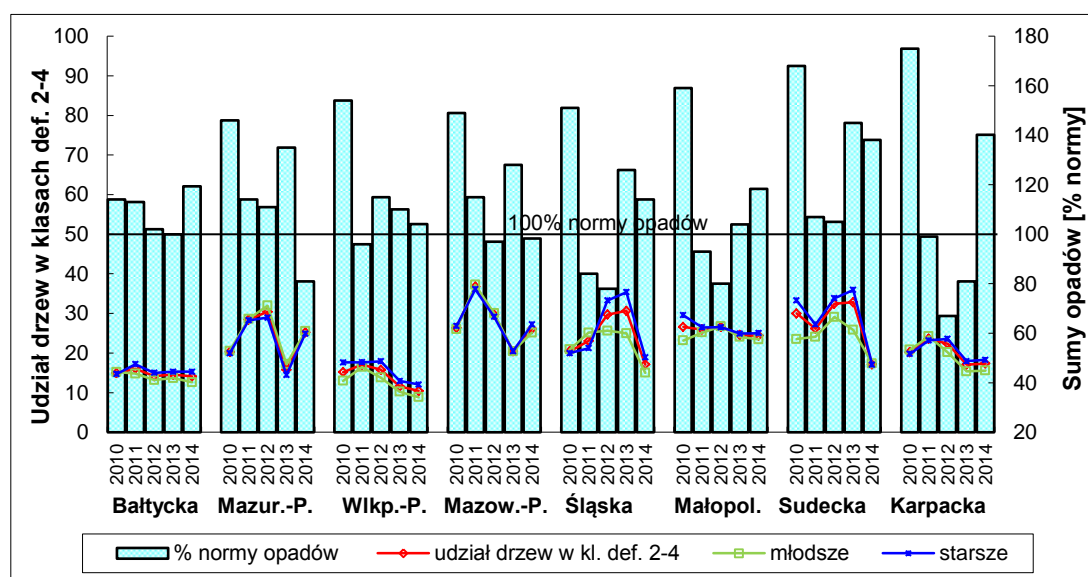
W 2014 r. zarejestrowano 62,5% drzew z uszkodzeniami. To kolejny rok wzrostu liczby uszkodzonych drzew, przy czym narasta liczba drzew z 2 i 3 uszkodzeniami. Najsilniej uszkodzonym gatunkiem był dąb, najmniej uszkodzone - domieszkowe gatunki iglaste.

Najczęściej uszkodzanymi organami drzew iglastych był pień od szyi korzeniowej do podstawy korony, zaś gatunków liściastych – liście. Najczęściej występujące symptomy uszkodzenia to „ubytek liści/igieł” (32,7% wszystkich uszkodzeń). Wśród zidentyfikowanych czynników sprawczych najczęściej wskazywano na „inne czynniki” (24,9%) oraz „owady” (22,1%).

### 3. WPLYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA ZDROWOTNOŚĆ DRZEWOSTANÓW – JADWIGA MAŁACHOWSKA

W 2014 r. średnia suma opadów w kraju w sezonie wegetacyjnym (od kwietnia do września), wyliczona na podstawie wyników z 22 stacji synoptycznych IMGW, była nieco niższa niż w roku ubiegłym i wynosiła 426 mm, co stanowi 110% wieloletniej normy (w 2013 r. wartości te wynosiły odpowiednio: 434 mm i 115% normy) (Biuletyny IMGW, 2013 i 2014). Porównanie poziomów opadów w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych wykazało, że w trzech krainach (Bałtyckiej, Małopolskiej i Karpackiej) były one wyższe niż w roku ubiegłym.

Sumy opadów zawierały się w przedziale od 81% normy (307 mm) w Krainie Bałtyckiej, do 140% normy (1085 mm) w Krainie Karpackiej (Rys. 9) oraz od 74% normy (263 mm) w RDLP Olsztyn do 141% normy (416 mm) w RDLP Szczecin. W 4 krainach oraz w 4 RDLP średnie sumy opadów w okresie wegetacyjnym były bliskie wieloletniej normy lub przekraczały ją najwyżej o 20%. W 2 krainach (Sudeckiej i Karpackiej) i 6 RDLP (Kraków, Wrocław, Poznań, Lublin, Radom i Szczecin) opady były znacznie obfitsze, osiągały od 138% do 140% normy w krainach i od 122% do 141% w RDLP. Niedobór opadów (do 85% normy) wystąpił w Krainie Mazursko-Podlaskiej (Rys. 9), w RDLP: Olsztyn i Toruń.



**Rys. 9.** Uszkodzenie drzew (razem, młodsze i starsze) oraz suma opadów w sezonie wegetacyjnym (IV-IX) w latach 2009-2013 w krainach (Biuletyny IMGW z lat 2010-2014)

Marzec 2014 r. był najcieplejszy średnio w kraju i w większości krain w porównaniu do marca wcześniejszych lat pięćdziesiątych. Kwiecień, lipiec i wrzesień 2014 r. były ciepłe, jednak nie najcieplejsze (kwiecień i wrzesień były najcieplejsze w 2011 r., lipiec – w 2010 r.). W maju 2014 r. temperatury były średnie w porównaniu z ubiegłymi latami. Z kolei czerwiec

oraz sierpień 2014 r. były najzimniejsze średnio w kraju i w większości krain w porównaniu do odpowiadających im miesięcy wcześniejszych lat pięciolecia.

Ciepły początek sezonu wegetacyjnego 2014 r.: najcieplejszy w pięcioleciu marzec, ciepły kwiecień oraz umiarkowanie ciepły maj to sprzyjające warunki dla rozwoju ulistnienia drzew liściastych i przyrostu pędów drzew iglastych.

W większości krain i RDLP obfitość opadów w całym pięcioleciu była zadowalająca. W 2010 r. pomimo obfitych opadów uszkodzenie drzew, wyrażone poziomem defoliacji, na przeważającym obszarze kraju wzrosło. W 2011 r. przy zadowalającym poziomie opadów uszkodzenie drzew w wielu regionach kraju ponownie wzrosło. W 2012 r. nieco niższy poziom opadów nie spowodował ponownego pogorszenia się kondycji drzew, uszkodzenie drzew uległo niewielkim zmianom. Z kolei w 2013 r. wzrostowi ilości opadów towarzyszyła dość znaczna poprawa kondycji drzew. W 2014 r., zadowalającym pod względem opadów, kondycja drzew nie uległa wyraźnym zmianom.

Średnia suma opadów okresu wegetacyjnego 2014 r. w kraju wynosiła 426 mm, co stanowi 110% wieloletniej normy. W większości krain okresy niedoboru opadów przeplatały się z okresami, kiedy opady były zadowalające lub nawet mocno obfite, co oznacza, że nie było okresów przedłużającej się suszy, która mogłaby wpłynąć na pogorszenie stanu koron drzew.

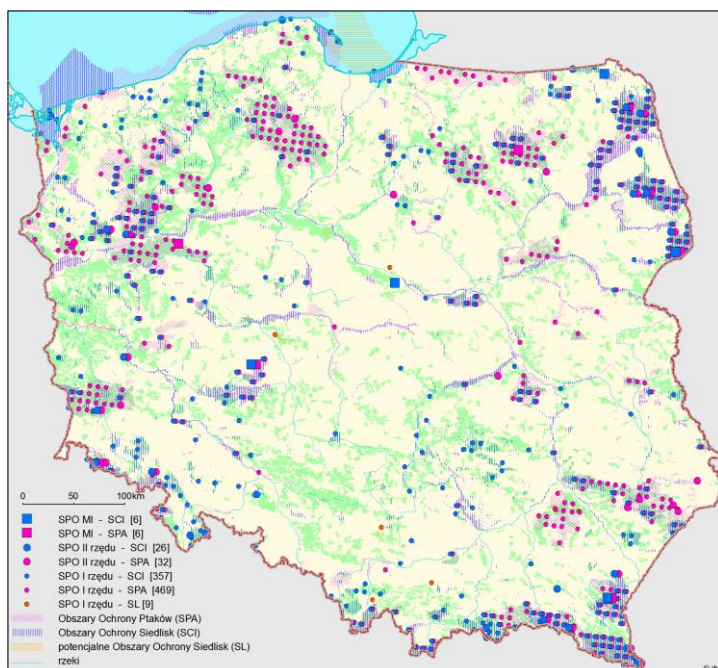
W pięcioleciu 2010-2014 najmniej obfity w opady był sezon wegetacyjny 2012 r. (średnio w kraju: 95% normy opadów = 372 mm), natomiast najbardziej obfity był sezon wegetacyjny 2010 r. (151% normy opadów = 601 mm).

#### **4. STAŁE POWIERZCHNIE OBSERWACYJNE MONITORINGU LASÓW NA OBSZARACH NATURA 2000 – ROBERT HILDEBRAND**

Sieć Natura 2000 została utworzona dla zapewnienia przetrwania najcenniejszych i najbardziej zagrożonych europejskich gatunków i siedlisk. Sieć Natura 2000 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.

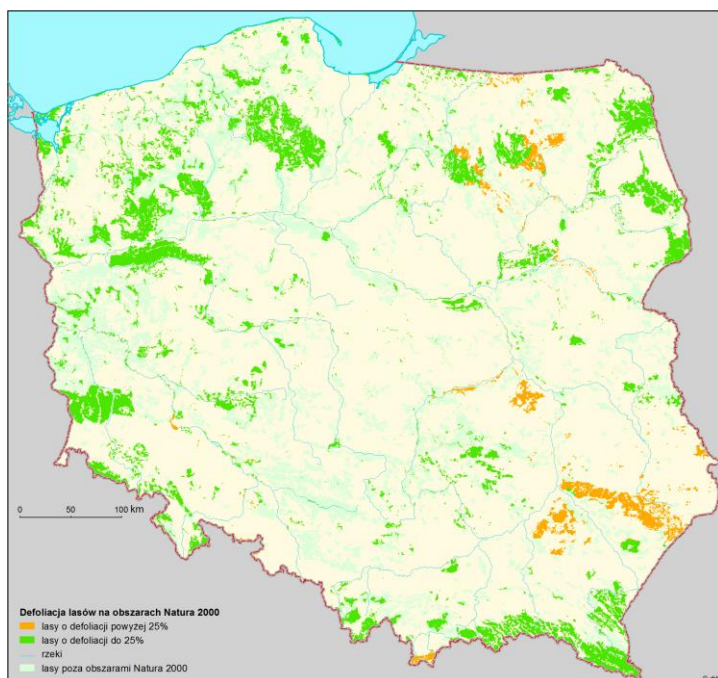
Na obszarach zakwalifikowanych do sieci Natura 2000 wyróżnia się:

- SPECIAL PROTECTION AREAS (SPAs) - obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO)
- SITES OF COMMUNITY IMPORTANCE (SCIs) - specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO)



**Rys. 10.** Rozmieszczenie SPO I i II rzędu oraz powierzchni Monitoringu Intensywnego na obszarach Natura 2000 (stan na koniec 2014 r.)

Na gruncie prawa krajowego podstawą funkcjonowania Sieci Natura 2000 jest ustawa O ochronie przyrody z 16 kwietnia 2004 r. oraz towarzyszące jej dwa rozporządzenia (z 21.07.2004 i z 05.07.2007) ustanawiające obszary specjalnej ochrony ptaków Natura 2000.



**Rys. 11.** Poziom uszkodzenia lasów na obszarach Natura 2000 na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych – 2014 r.

Sieć Natura 2000 stworzona jest w oparciu o dwie dyrektywy Komisji Europejskiej: dyrektywę o ochronie dziko żyjących ptaków 79/409/EEC z 02.04.1979 (*Directive on the Conservation of Wild Birds*) (wersja skonsolidowana z 30.11.2009) i dyrektywę dotyczącą ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory 92/43/EEC z 21.05.1992 (*Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*) (wersja skonsolidowana z 01.01.2007).

Według „Barometru Natura 2000”, który wydaje Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej ze stycznia 2015 zatwierdzono zwiększenie liczby obszarów sieci Natura 2000 w Polsce do 987.

Zmniejsza się corocznie liczba potencjalnych obszarów Natura 2000 („Shadow List”) ogłaszana przez organizacje pozarządowe (Pawlaczyk i in., 2004). W 2015 r. pozostało na niej 45 obszarów, z czego 26 zaplanowano całkiem nowych, a w

19 istniejących zaproponowano modyfikacje przebiegu ich granic.

Na obszarach Sieci Natura 2000 znalazły się 659 czynne (na których wykonywano obserwacje i pomiary) powierzchni obserwacyjne monitoringu leśnego. Stanowiło to ponad 30% wszystkich czynnych powierzchni SPO. Ogólna liczba powierzchni nie jest sumą powierzchni SPO znajdujących się w poszczególnych typach ochrony (Rys. 10).

Na 145 obszarach specjalnej ochrony ptaków (OSO) lasy zajmują około 2,467 mln ha. W większości z nich (83,6% powierzchni leśnej) drzewa uszkodzone są w stopniu lekkim (defoliacja 10-25%). Na 853 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) kompleksy leśne znajdują się na 724 obszarach, zajmują ok. 1,909 mln ha. W tym przypadku również większość z nich (88,7% powierzchni leśnej) wykazuje uszkodzenie drzew w stopniu lekkim. Zarówno na obszarach OSO, jak i na obszarach SOO nie występują kompleksy leśne bez defoliacji jak również z dużą defoliacją. Strukturę i rozmieszczenie uszkodzeń lasów na obszarach Natura 2000 przedstawia Rys. 11.

W perspektywie najbliższych lat struktura i ilość obszarów Sieci Natura 2000 będzie się zmieniać w niewielkim stopniu, modyfikacje wielkości i zasięgu obszarów będą coraz mniejsze. Przy tym należy zwrócić uwagę, że w ostatnim czasie mamy również do czynienia ze zmniejszaniem obszaru poszczególnych powierzchni Natura 2000.

Obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) zajmują 55616,91 km<sup>2</sup>. Znalazło się na nich 6 czynnych powierzchni SPO Monitoringu Intensywnego, 32 czynne SPO II rzędu oraz 469 czynnych SPO I rzędu.

Specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO) zajmują 38188,18 km<sup>2</sup>. Znalazło się na nich 8 czynnych powierzchni SPO Monitoringu Intensywnego, 25 czynnych SPO II rzędu i 357 czynnych SPO I rzędu.

Wartości średniej defoliacji lasów znajdujących się na Obszarach Ochrony Siedlisk (SOO) i Obszarach Ochrony Ptaków (OSO) podobnie jak w roku ubiegłym kształtują się na poziomie lekkiej defoliacji (poniżej 20% def.).

## **5. ZMIANY STANU ODŻYWIENIA DRZEWOSTANÓW W LATACH 1997-2013 NA PODSTAWIE WYNIKÓW MONITORINGU ORGANÓW ASYMLACYJNYCH DRZEW – JÓZEF WÓJCIK, PAULINA DRÓŹDŹ**

Główną przyczyną masowego zamierania drzewostanów w latach osiemdziesiątych XX wieku, przybierającego często charakter klęski ekologicznej, były zakłócenia mineralnego odżywiania drzew. Organy asymilacyjne zamierających drzew wykazywały zbyt niską zawartość magnezu i niekiedy potasu, połączoną zwykle z wysoką koncentracją azotu różnego pochodzenia (Hanschel i in., 1988; Huttel, Wisniewski, 1987; Zech, Popp, 1983).

W celu śledzenia stanu odżywiania drzewostanów system monitoringu lasów funkcjonujący w programie ICP-Forests został poszerzony o analizy chemiczne organów



asymilacyjnych drzew. W Polsce tego typu badania rozpoczęto już w 1997 roku. Objęto nimi 148 stałych powierzchni obserwacyjnych (SPO) II rzędu.

W wielu krajach, dla poszczególnych gatunków drzew leśnych, opracowano graniczne zawartości tych składników, przy których poziom odżywienia drzew jest niedostateczny, optymalny, lub nadmierny (Burg, 1990; Burg, Schaap, 1994; Taylor, 1991). W niektórych landach niemieckich wprowadzono bardziej szczegółową skalę sześciostopniową. Z kolei w Austrii dla świerka, będącego głównym gatunkiem lasotwórczym opracowano podział czteroklasowy, a dla innych podstawowych gatunków drzew leśnych na podstawie badań Burga (1985 i 1990) oraz Bergmana (1993) – trójklasowy.

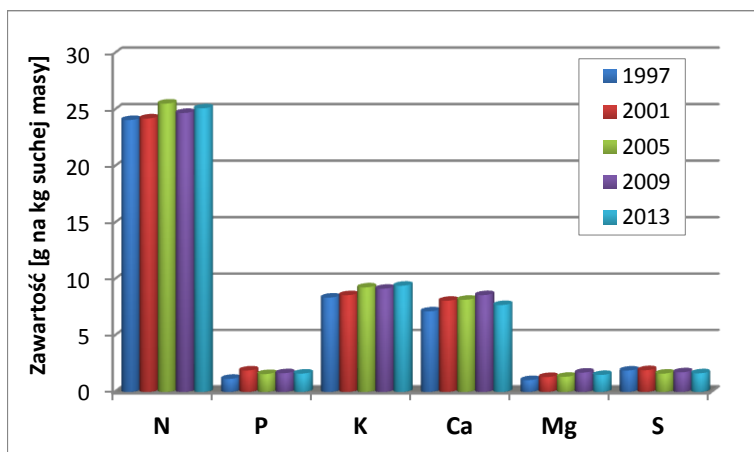
W raporcie dotyczącym stanu odżywienia drzew w skali Europy sporządzonym w ramach programu ICP-Forests podano trzy klasy zawartości makroelementów dla podstawowych gatunków drzew leśnych (Forest Foliar..., 1997).

W niniejszym opracowaniu ocenę stanu odżywienia drzewostanów sosnowych oparto na klasyfikacji obowiązującej w Dolnej Saksonii, natomiast drzewostanów bukowych, dębowych i świerkowych – na klasyfikacji austriackiej. Liczby zaproponowane przez ICP-Forests dla całej Europy, ze względu na ich małą dokładność pominięto.

Przy ocenie stanu odżywienia drzew duże znaczenie mają wzajemne proporcje między zawartością poszczególnych składników pokarmowych w organach asymilacyjnych. Odchylenia od optymalnych proporcji świadczą o nieprawidłowościach w odżywianiu roślin i prowadzą do ograniczenia ich wzrostu i rozwoju (Hanschel i in., 1988, Hüttl, Wisniewski, 1987). W literaturze brak jest jednak ściśle zdefiniowanych optymalnych proporcji między składnikami pokarmowymi. Dokładne proporcje dla świerka wyznaczył Hüttl w 1985 roku. Obowiązują one w Austrii i zostały wykorzystane w niniejszym opracowaniu.

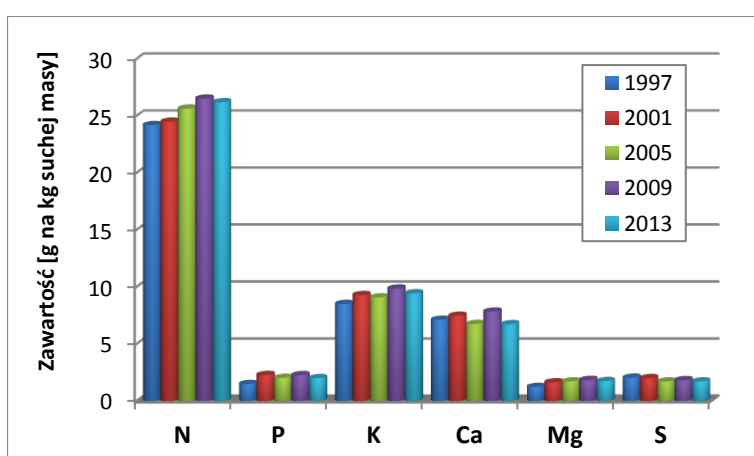
### **Drzewostany bukowe**

Zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w liściach buka była najniższa w 1997 roku (Rys. 12). W następnych cyklach pomiarowych stwierdzano stopniowy wzrost zawartości P, K, Ca oraz Mg. W 2013 roku zawartość fosforu, potasu i magnezu w liściach była odpowiednio o 40, 13 oraz 43% wyższa niż w roku 1997. W analizowanym okresie zawartość azotu i wapnia w zasadzie nie zmieniła się (wzrost odpowiednio o 4 i 8%), doszło natomiast do wyraźnego, wynoszącego 13%, spadku ilości siarki w igłach.



**Rys. 12.** Zmienność zawartości makroelementów w liściach buka w latach 1997-2013

roku na niedobór P i K cierpiało 75%, a na niedobór Mg aż 100% badanych drzewostanów. W kolejnych latach następowała stopniowa poprawa zaopatrzenia drzew w fosfor i częściowo w magnez, podczas gdy zaopatrzenie w potas przez cały okres badań, aż w 75% drzewostanów było zbyt niskie, co nie odbiło się na kondycji zdrowotnej tych drzewostanów. Najlepiej zaopatrzone w składniki pokarmowe były drzewostany bukowe z nadleśnictw Bogdaniec i Dobrocin w Krainie Bałtyckiej, Opole w Krainie Śląskiej, Wałbrzych w Krainie Sudeckiej oraz Lesko i Limanowa w Krainie Karpackiej.



**Rys. 13.** Zmiany zawartości makroelementów w liściach dębu w latach 1997-2013

P, K oraz Mg. W 2013 roku zawartość azotu, fosforu, potasu i magnezu w liściach była odpowiednio o 8, 35, 11 oraz 42% wyższa niż w roku 1997.

Poziom odżywienia drzewostanów dębowych makroelementami w okresie 16 lat badań (1997-2013) był wystarczający lub optymalny. Jedynie drzewostany w Nadl. Strzebielino oraz Olsztyn cierpiały na okresowy niedobór magnezu (1997 rok), a drzewostan w Nadl. Złotoryja na niedobór fosforu i/lub magnezu w latach 1997-2005. Począwszy od

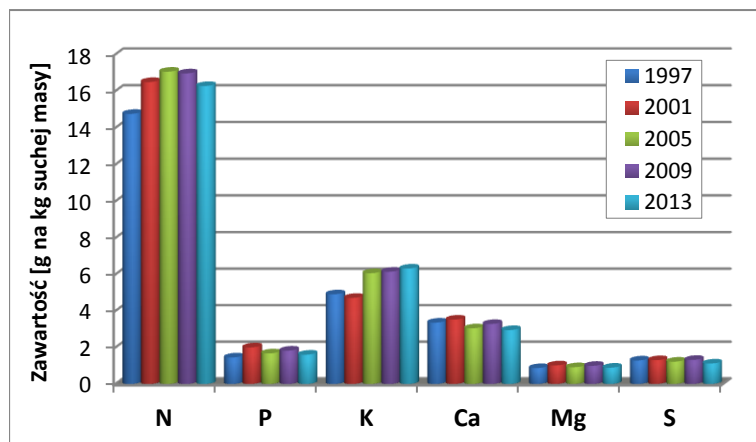
Zaopatrzenie drzewostanów bukowych w azot w ciągu całego okresu pomiarów (1997-2013) mieściło się w klasie odżywienia wystarczającego lub optymalnego. Znacznie gorzej przedstawiało się zaopatrzenie tych drzewostanów w fosfor, potas i zwłaszcza magnez. W najbardziej niekorzystnym 1997

### Drzewostany dębowe

Podobnie jak to miało miejsce w przypadku drzewostanów bukowych, zawartość azotu, fosforu, potasu i magnezu w liściach dębu była najniższa w 1997 roku (Rys. 13). W następnych cyklach pomiarowych stwierdzano znaczący wzrost zawartości N,

2009 roku wszystkie drzewostany dębowe miały co najmniej wystarczającą zawartość wszystkich makroelementów (N, P, K, Ca, Mg i S).

### Drzewostany sosnowe



Rys. 14. Zmiany zawartości makroelementów w igliwiu sosny w latach 1997-2013

Sosna jest gatunkiem panującym na 100 stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu. W kolejnych pięciu czteroletnich cyklach badań obserwowano różnicowany poziom składników pokarmowych (Rys. 14).

Zawartość azotu wyraźnie zwiększała się w pierwszych trzech cyklach badań, osiągając w 2005 roku 116% wartości z roku 1997, po czym stopniowo zmniejszała się, aby w 2013 stanowić 110% wartości początkowej. W ciągu 16 lat badań stwierdzono również niewielki (o 10%) przyrost zawartości fosforu i znaczny (o 29%) przyrost zawartości potasu w igłach. W tym samym czasie nastąpił spadek zawartości wapnia i siarki (o 12 i 13%), co może być spowodowane ograniczeniem ich emisji do atmosfery. Ponieważ związki siarki powodują zakwaszenie środowiska, a związki wapnia jego odkwaszenie, równomierne zmniejszenie ich dopływu nie powinno wpływać na istniejącą równowagę kwasowo-zasadową tego środowiska.

Zawartość azotu wyraźnie zwiększała się w pierwszych

Dopływ do ekosystemów leśnych azotu różnego pochodzenia (głównie na skutek zanieczyszczeń atmosfery, wiązania azotu cząsteczkowego przez symbiotyczne i wolnożyjące organizmy glebowe oraz w wyniku wyładowań atmosferycznych) spowodował, że zawartość tego pierwiastka w igłach sosny w wielu przypadkach przekraczała wartość określoną we wszystkich opracowaniach naukowych jako nadmierna (17,0 g N na kg suchej masy igieł). W 1997 roku nadmierną zawartość azotu stwierdzono w 6%, a w latach 2001, 2005, 2009 oraz 2013 odpowiednio w 38, 45, 46 oraz 31% drzewostanów sosnowych. Liczba drzewostanów znajdujących się w górnej strefie optymalnego zaopatrzenia w azot (na granicy nadmiaru) była również duża (w latach 1997, 2001, 2005, 2009 oraz 2013 wynosiła ona odpowiednio 38, 40, 49, 43 oraz 42 procent wszystkich drzewostanów). W 1997 roku 13% drzewostanów sosnowych cierpiało na niedobór azotu (< 13,0 g N na kg suchej masy igieł). Omówiony wyżej dopływ azotu do ekosystemów leśnych spowodował, że w 2013 roku objawy jego

niedoboru wykazywał już tylko jeden drzewostan sosnowy w Nadl. Płaska, w Puszczy Augustowskiej.

W latach 1997-2013 nastąpił wzrost zawartości fosforu w jednorocznych igłach sosny. O ile w 1997 r. objawy niedoboru wykazywało 15% drzewostanów, to w latach następnych stan odżywienia drzew tym składnikiem był optymalny lub nawet nadmierny, z tym że, w przeciwieństwie do azotu, nadmiar fosforu w roślinach nie wywołuje negatywnych następstw, a jest niekorzystny jedynie ze względu na „rozrzutność” w gospodarowaniu ograniczonymi zasobami tego pierwiastka. W odróżnieniu od agroekosystemów, fosfor pobrany w nadmiarze przez drzewa leśne wraca do obiegu, dostając się z powrotem do gleby wraz z opadem organów asymilacyjnych.

W trakcie szesnastoletniego okresu badań znacznie poprawił się poziom zaopatrzenia drzewostanów w potas. W 1997 roku 5% drzewostanów plasowało się w klasie niedoboru pod względem zawartości K, a 82% drzewostanów – na granicy niedoboru. Podobnie było w roku 2001, kiedy to 16% drzewostanów wykazywało niedobór, a 68% dolne optimum zawartości potasu. W dwóch następnych cyklach pomiarowych (2005, 2009) liczba drzewostanów wykazujących niedobory potasu, lub znajdujących się w dolnym optimum wynosiła odpowiednio 20% i 19%, by w 2013 roku zmniejszyć się do 11%.

Najgorzej zaopatrzone w potas drzewostany sosnowe zlokalizowano na powierzchniach: nr 805 – Nadl. Bircza, nr 411 – Nadl. Rudka, nr 324 – Nadl. Przedborów, nr 214 – Nadl. Nowogród, nr 802 – Nadl. Dukla.

Zawartość wapnia w jednorocznych igłach sosny była w badanym szesnastolecu bardzo zróżnicowana. Optymalny poziom zaopatrzenia w Ca występował na 85-96% SPO, a nadmiarem tego składnika charakteryzowało się 0-5% powierzchni. Omówiony wcześniej spadek zawartości wapnia w igłach (Rys. 14) został potwierdzony stopniowym zwiększaniem się liczby drzewostanów wykazujących w kolejnych latach niedobór tego pierwiastka. O ile roku 1997 nie znaleziono powierzchni, na której występowałyby niedostatek Ca, to w latach 2001, 2005 oraz 2009 takich powierzchni było odpowiednio 1, 4 i 6% a w roku 2013 już 14%.

Z wyjątkiem drzewostanów w Nadl. Złotów i Karczma Borowa zawartość magnezu w igłach w całym okresie badań mieściła się w trzech dolnych klasach zasobności (krytyczny niedobór, niedobór i optimum dolne). W latach 1997, 2001, 2005, 2009 oraz 2013 zawartością magnezu w klasach krytyczny niedobór i niedobór charakteryzowało się odpowiednio 60, 19, 41 30 oraz 51% drzewostanów.

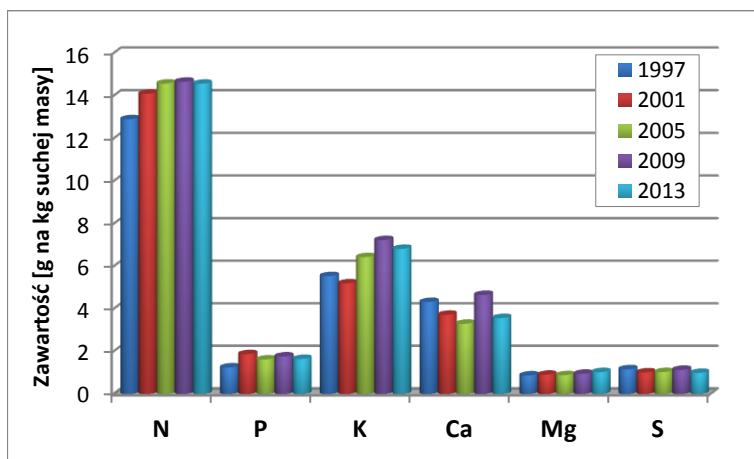
Drzewostany sosnowe w Polsce, rosnące z reguły na glebach bielicoziemnych, wytworzonych z utworów piaszczystych, charakteryzują się nagminnym brakiem potasu i magnezu. Drzewostany te są jednocześnie dobrze zaopatrzone w azot różnego pochodzenia, co może powodować zakłócenia proporcji między makroelementami i – zgodnie z prawem minimum – być przyczyną złego stanu drzewostanów.

Ostatni z sześciu składników pokarmowych zaliczanych do makroelementów – siarka – wymaga szczególnego omówienia. Ze względu na wysoką depozycję związków S, jaka miała miejsce do początku lat 90. XX wieku, nie poświęcano jej uwagi w badaniach związanych z odżywianiem drzew. Tymczasem ograniczenie emisji związków siarki spowodowało – obok wielu pozytywnych efektów – również zmniejszenie ilości tego składnika w ekosystemach. Nieorganiczne związki siarki są łatwo wymywane z gleby, co powoduje, że w ostatnich latach nawet w agroekosystemach – gdzie siarkę wprowadza się niejako dodatkowo, przy okazji stosowania nawozów mineralnych, zawierających jej związki jako balast – zaobserwowano niedobory S w roślinach (Szulc, 2008). W przypadku ekosystemów leśnych jedynym źródłem zewnętrznym tego pierwiastka jest atmosfera. Jeżeli przyjąć, że liczby graniczne zawartości siarki w organach asymilacyjnych sosny są wiarygodne, to 83-99% drzewostanów sosnowych cierpiało na niedobór S we wszystkich cyklach pomiarowych. Zjawisko to pogłębiało się wraz z upływem czasu (od 83% w roku 1997 do 99% drzewostanów w roku 2013). Zagadnienie niedoborów siarki w drzewostanach sosnowych w aspekcie weryfikacji liczb granicznych wymaga dalszych badań.

### **Drzewostany świerkowe**

Podobnie jak to miało miejsce w drzewostanach sosnowych, badane drzewostany świerkowe charakteryzowały się stałym stopniowym wzrostem średniej zawartości azotu, fosforu, potasu oraz magnezu w igłach bieżącego rocznika (Rys. 15). W tym samym czasie – również podobnie jak w drzewostanach sosnowych – następował spadek zawartości wapnia i siarki w organach asymilacyjnych. Porównując zawartość makroelementów w igłach świerka w roku 2013 ze stanem w roku 1997 stwierdzono wzrost zawartości N, P, K oraz Mg średnio odpowiednio o 13, 32, 23 oraz 18% i spadek zawartości Ca i S odpowiednio o 18 i 13%.

O ile jednak w drzewostanach sosnowych zawartość azotu, fosforu, potasu i wapnia stwierdzona na początku badań plasowała te drzewostany w optymalnych lub nawet nadmiernych klasach zasobności, to drzewostany świerkowe w 1997 roku z reguły cierpiały na niedobór tych składników.



**Rys. 15.** Zmiany zawartości makroelementów w igliwiu świerka w latach 1997-2013

na kg suchej masy igieł). W 1997 roku było to 59%, a w kolejnych cyklach monitoringu odpowiednio 14, 32, 9 oraz 14% drzewostanów. Łączna ilość drzewostanów świerkowych wykazujących słaby stan odżywienia azotem (klasa niedoboru i zawartości niewystarczającej) w latach 1997, 2001, 2005, 2009 oraz 2013 wynosiła odpowiednio 100, 86, 55, 68 oraz 41%. Odnotowany w 2013 roku spadek ilości drzewostanów świerkowych słabo zaopatrzonych w azot był spowodowany nie tylko zwiększającym się dopływem ilości tego składnika ze źródeł zewnętrznych, lecz również faktem, że w latach 2009-2013 cztery najgorzej odżywione drzewostany zamarły. Były to drzewostany nr 801 w Nadl. Bielsko, nr 809 i 810 w Nadl. Węgierska Górka oraz nr 814 w Nadl. Limanowa (wszystkie w Krainie Karpackiej). O fakcie wypadnięcia tych drzewostanów należy pamiętać przy dalszych rozważaniach.

Wzrost zawartości fosforu w jednorocznych igłach świerka spowodował, że poziom zaopatrzenia drzew w ten składnik poprawił się. W 1997 roku na niedobór fosforu cierpiało 59% drzewostanów, w latach 2005 i 2009 9%, a w roku 2013 drzewostanów wykazujących niedobór P nie stwierdzono.

Poziom zaopatrzenia drzewostanów świerkowych w potas nie budził większych obaw w całym okresie badań. W 1997 r. optymalnie zaopatrzonych w ten składnik było 86% drzewostanów. W kolejnych czterech cyklach monitoringu udział takich drzewostanów wahał się od 82 do 83%. Najgorzej zaopatrzone w potas drzewostany świerkowe zlokalizowano na powierzchniach: nr 707 w Nadl. Łądek Zdrój, nr 110 w Nadl. Resko oraz nr 814 w Nadl. Limanowa (wypadła w 2009 roku).

W całym szesnastoletnim okresie badań w drzewostanach świerkowych nie stwierdzono niedoboru wapnia, ale rosła ilość drzewostanów z niewystarczającą zawartością tego składnika. W 1997 r. znaleziono 36% takich drzewostanów, w 2001 r. było ich już 55%,

Zawartość azotu w jednorocznych igłach świerka w całym szesnastoletnim okresie badań w żadnym przypadku nie przekraczała wartości określonej jako nadmierna (22,0 g N na kg suchej masy igieł). Większość drzewostanów cierpiała w omawianym okresie na niedobór azotu (do 13,0 g N

a w latach 2005 i 2013 odpowiednio 68 i 61%. Wyjątkiem był rok 2009, w którym niewystarczającą ilość wapnia wykazywało tylko 23% badanych drzewostanów.

Zawartość magnezu w igłach w całym okresie badań mieściła się w większości przypadków w dwóch dolnych klasach zasobności (niedobór i zawartość niewystarczająca). Zawartością magnezu w klasie niedoboru charakteryzowało się od 14 do 32%, a w klasach niedobór i zawartość niewystarczająca łącznie od 86 do 91% drzewostanów. W 2013 r. nie było drzewostanów w klasie niedoboru (wypadły w 2009 r.), natomiast w klasie zawartości niewystarczającej plasowało się aż 72% pozostałych przy życiu drzewostanów.

Niezależnie od roku badań omawiane wcześniej drzewostany bukowe, dębowe oraz sosnowe były dobrze, a czasami nawet nadmiernie zaopatrzone w azot różnego pochodzenia. Tymczasem w większości drzewostanów świerkowych, niezależnie od roku badań, stwierdzano niedobór lub niewystarczający stan zaopatrzenia w ten składnik. Niekorzystny stan odżywienia świerka azotem nie był powodowany brakiem tego składnika w ekosystemie. Występujące w niedalekim sąsiedztwie drzewostany bukowe, dębowe i sosnowe zawierały optymalną, a często nawet nadmierną ilość azotu w organach asymilacyjnych. Przykładem mogą być dwa drzewostany świerkowe z Nadl. Stuposiany (SPO nr 806 i 807), zawierające średnio w całym szesnastoleciu 11,53 g N na kg suchej masy igieł i leżący w tej samej Dzielnicy Bieszczadów drzewostan bukowy z Nadl. Lesko (SPO nr 808), który w tym samym okresie zawierał średnio 24,46 g N na kg suchej masy liści. Porównywane drzewostany rosną w podobnych warunkach, na glebie brunatnej. Powodem złego stanu odżywienia drzewostanów świerkowych azotem nie jest więc niedobór tego pierwiastka, lecz raczej zakłócenia w jego pobieraniu, spowodowane nieznanymi czynnikami. Na niedobór azotu cierpiały przede wszystkim drzewostany w nadleśnictwach Krainy Karpackiej: Piwniczna (2 powierzchnie), Węgierska Górka (2 powierzchnie), Stuposiany (2 powierzchnie) oraz Limanowa. Optymalną zawartością N charakteryzowały się drzewostany w nadleśnictwach Choczewo w Krainie Bałtyckiej, Henryków i Prudnik w Krainie Śląskiej oraz Łądek Zdrój i Zdroje w Krainie Sudeckiej. Drzewostany te charakteryzowały się również niedoborem innych składników pokarmowych: fosforu, potasu, wapnia i zwłaszcza magnezu.

Zdecydowana większość badanych drzewostanów świerkowych charakteryzowała się optymalnym stosunkiem azotu do potasu. Również stosunek azotu do fosforu w większości przypadków był zadowalający. Znacznie gorzej przedstawiał się stosunek azotu do magnezu, potasu do magnezu, a także wapnia do magnezu. W latach 1997-2013 zbyt szerokim stosunkiem N:Mg (za dużo azotu w stosunku do magnezu) charakteryzowało się od 56 do 86% drzewostanów świerkowych. W tym samym okresie stosunek K:Mg, odzwierciedlający

antagonizm między kationami jedno- i dwuwartościowymi, był zbyt szeroki w 36-73% drzewostanów. Wartości stosunku wapnia do magnezu były bardzo zróżnicowane. W 1997 r. był on zbyt szeroki w 55% drzewostanów, w latach 2001 i 2005 jedynie w 18%, ale w 2009 r. znowu aż w 59% drzewostanów. Zupełne rozchwianie stosunku Ca:Mg zanotowano w 2013 r., kiedy to 50% drzewostanów wykazywało optymalny, 17% zbyt szeroki i 33% zbyt wąski stosunek między tymi składnikami pokarmowymi. Należy podkreślić, że szczególnie niekorzystnymi relacjami między poszczególnymi składnikami pokarmowymi charakteryzowały się zwłaszcza drzewostany Krainy Karpackiej i, w znacznie mniejszej części, Krainy Sudeckiej. W drzewostanach Krainy Karpackiej obserwuje się postępujący proces rozchwiania równowagi między makroelementami.

Liczne badania prowadzone w latach 80. i 90. XX wieku, w związku z katastrofalnym zamieraniem lasów w Europie, wykazały istnienie ścisłego związku między faktem braku równowagi między zawartością azotu i zawartością innych makroelementów (a zwłaszcza magnezu) w organach asymilacyjnych drzew, a symptomami tzw. nowego typu uszkodzeń lasu „new type of forest decline” (Cape i in., 1990, Huttel, Wisniewski, 1987, Liu, Huttel, 1991, Zech, Popp, 1983). Zastanawiającym i wymagającym dalszych badań jest fakt ograniczenia pobierania azotu przez świerk, mimo powszechnej jego dostępności w środowisku.

Niezależnie od gatunku, w kolejnych cyklach monitoringu, obserwuje się niewielki, ale stały wzrost zawartości azotu, potasu i magnezu oraz spadek zawartości wapnia i siarki w organach asymilacyjnych.

Stan odżywienia drzewostanów dębowych nie budzi zastrzeżeń.

W drzewostanach bukowych obserwuje się niepokojąco niski poziom zaopatrzenia w magnez, potas i częściowo w fosfor.

Drzewostany sosnowe rosnące z reguły na glebach bielicoziemnych, wytworzonych z utworów piaszczystych, charakteryzują się nagminnym brakiem potasu i zwłaszcza magnezu będąc równocześnie dobrze zaopatrzone w azot różnego pochodzenia, co może powodować zakłócenia proporcji między makroelementami i być przyczyną złego stanu drzewostanów.

Niepokojąco zły jest stan odżywienia drzewostanów sosnowych siarką. Na niedobór tego składnika pokarmowego w całym okresie badań cierpiało 83-96% drzewostanów. Niezbędna jest weryfikacja liczb granicznych dotyczących zaopatrzenia sosny w ten składnik pokarmowy.

Drzewostany świerkowe, w odróżnieniu od pozostałych gatunków cierpią na niedobór azotu, powodowany prawdopodobnie zakłóceniami w pobieraniu tego pierwiastka przez systemy korzeniowe. Dość powszechny jest również niedobór innych składników pokarmowych: fosforu, potasu, wapnia i zwłaszcza magnezu. Zakłócenia te skutkują całkowitym rozchwianiem wzajemnych proporcji między składnikami pokarmowymi, co ma niewątpliwą wpływ na kondycję drzew. Szczególnie niepokojący jest stan odżywienia drzewostanów świerkowych Krainy Karpackiej i częściowo Sudeckiej. Ograniczenie pobierania azotu przez świerk, mimo jego powszechnej dostępności w środowisku wymaga podjęcia dalszych badań.

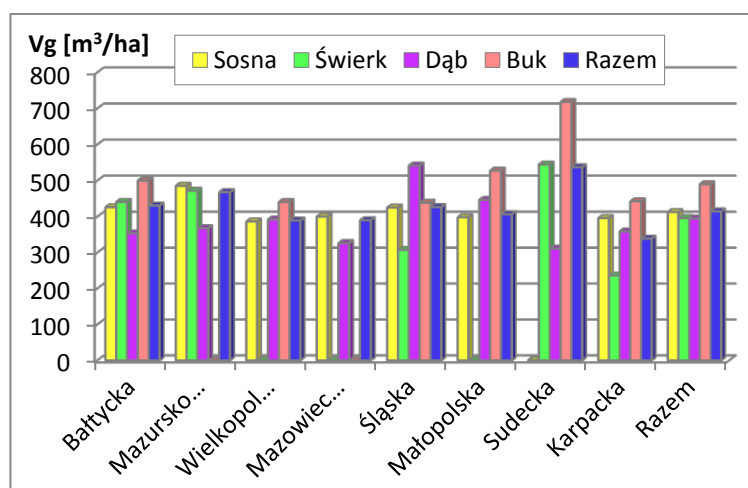


## 6. ANALIZA PARAMETRÓW DENDROMETRYCZNYCH NA SPO II RZĘDU – MALGORZATA DUDZIŃSKA

Badania dendrometryczne na SPO II rzędu wykonywane były w latach 1994 (tylko gatunki iglaste), 1996 (tylko gatunki liściaste), 2004, 2009 i 2014.

W 2014 roku wiek wszystkich drzewostanów na powierzchniach zawiera się w przedziale od 60 do 112 lat (sosnowych od 61 do 86 lat, świerkowych od 60 do 85 lat, dębowych od 84 do 112 lat i bukowych od 73 do 106 lat) – Tab. 7. Najwięcej drzewostanów (76,4%) znajduje się w klasie wieku 61-80 lat. Najmniej licznie reprezentowane są drzewostany w klasie wieku poniżej 41-60 lat (0,7%) i powyżej 100 lat (4,9%).

Przeciętna pierśnica drzewostanów waha się od 17,1 do 44,1 cm (sosnowych od 17,1 do 33,2 cm, świerkowych od 24,4 do 44,1 cm, dębowych od 21,2 do 32,7 cm i bukowych od 28 do 41,4 cm) – Tab. 7. W materiale przeważają drzewostany (37,5%) o pierśnicy zawartej w klasie 25-30 cm. Najniższą przeciętną pierśnicę (klasa 15-20 cm) zanotowano na 3,5% powierzchni (drzewostany sosnowe), w najwyższej klasie pierśnic (klasa >40 cm) znalazły się drzewostany świerkowe i bukowe (2,1% powierzchni).



**Rys. 16.** Kształtowanie się miąższości drzewostanów w układzie gatunków w krainach przyrodniczo-leśnych

waha się od IV do Ia klasy, dominując w klasie I-Ia. Najwyższą bonitacją charakteryzowały się drzewostany sosnowe, w których 49% powierzchni znalazło się w klasie Ia. Najwięcej drzewostanów o niskiej bonitacji (>III klasy) zlokalizowanych jest w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, najwięcej drzewostanów o wysokiej bonitacji (Ia-I) - w Krainie Bałtyckiej.

Średnia miąższość grubizny drzewostanów wynosi 414 m<sup>3</sup>/ha (sosnowych – 413 m<sup>3</sup>/ha, świerkowych – 396 m<sup>3</sup>/ha, dębowych – 395 m<sup>3</sup>/ha i bukowych – 490 m<sup>3</sup>/ha) (Tab. 7, Rys. 16). Najliczniej reprezentowane są drzewostany, w których miąższość zawiera się w granicach 300-400 m<sup>3</sup>/ha (37,5%). Zarówno w drzewostanach iglastych, jak i liściastych największa średnią miąższość zanotowano w klasie wieku 81-100 lat (odpowiednio: 502,6 i

Średnia wysokość drzewostanów kształtuje się od 17,8 do 35,7 m (sosnowych od 17,8 do 32,1 m, świerkowych od 19,1 do 35,7 m, dębowych od 18,8 do 32 m i bukowych od 23,2 do 34,8 m) – Tab. 7. Większość (25%) przyjmowała wartości w granicach 24-26 m.

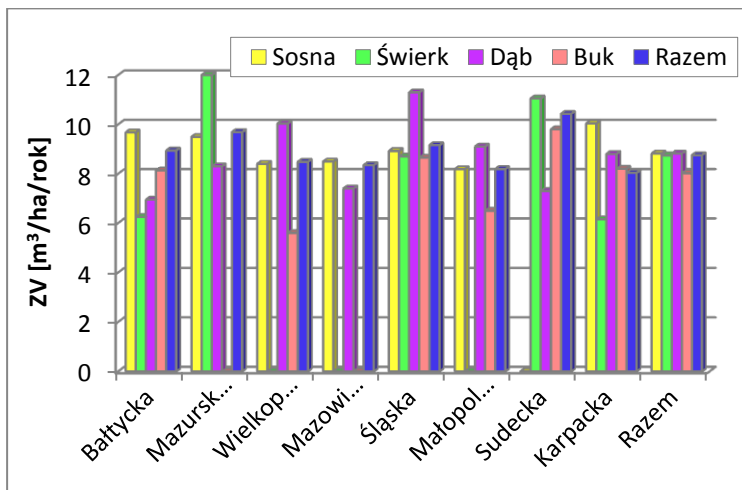
Bonitacja drzewostanów

438,7 m<sup>3</sup>/ha). Największą średnią miąższością (537 m<sup>3</sup>/ha) wyróżniają się drzewostany położone w Krainie Sudeckiej, a najniższą (339 m<sup>3</sup>/ha) – drzewostany Krainy Karpackiej.

**Tabela 7.** Średnie wartości parametrów drzewostanowych dla poszczególnych gatunków drzew w krainach przyrodniczo-leśnych na SPO II rzędu

Kraina	Gatunek	Liczba SPO II rz.	Wiek	Dg	H	Vg	ZV
Bałtycka	Sosna	16	71	267	25,8	426	9,7
	Świerk	2	82	354	30,9	441	6,3
	Dąb	2	98	236	22,2	354	7,0
	Buk	3	93	324	31,1	500	8,1
	<b>Razem</b>	<b>23</b>	<b>77</b>	<b>279</b>	<b>26,6</b>	<b>431</b>	<b>8,9</b>
Mazursko-Podlaska	Sosna	11	74	265	27,5	486	9,5
	Świerk	2	78	360	30,2	472	12,2
	Dąb	2	94	278	26,0	368	8,3
	Buk	0	-	-	-	-	-
	<b>Razem</b>	<b>15</b>	<b>77</b>	<b>280</b>	<b>27,7</b>	<b>468</b>	<b>9,7</b>
Wielkopolsko-Pomorska	Sosna	22	74	237	23,6	387	8,4
	Świerk	0	-	-	-	-	-
	Dąb	3	101	298	26,9	392	10,0
	Buk	1	84	306	31,6	441	5,6
	<b>Razem</b>	<b>26</b>	<b>78</b>	<b>247</b>	<b>24,3</b>	<b>389</b>	<b>8,5</b>
Mazowiecko-Podlaska	Sosna	13	72	244	24,1	400	8,5
	Świerk	0	-	-	-	-	-
	Dąb	2	94	320	30,4	326	7,4
	Buk	0	-	-	-	-	-
	<b>Razem</b>	<b>15</b>	<b>75</b>	<b>254</b>	<b>24,9</b>	<b>390</b>	<b>8,3</b>
Śląska	Sosna	10	75	240	24,4	425	8,9
	Świerk	2	78	319	30,1	307	8,7
	Dąb	2	100	319	26,8	542	11,3
	Buk	2	82	385	32,2	439	8,7
	<b>Razem</b>	<b>16</b>	<b>79</b>	<b>278</b>	<b>26,4</b>	<b>427</b>	<b>9,2</b>
Małopolska	Sosna	23	75	255	24,2	398	8,2
	Świerk	0	-	-	-	-	-
	Dąb	2	88	269	26,6	447	9,1
	Buk	1	89	341	33,4	528	6,5
	<b>Razem</b>	<b>26</b>	<b>76</b>	<b>260</b>	<b>24,7</b>	<b>407</b>	<b>8,2</b>
Sudecka	Sosna	0	-	-	-	-	-
	Świerk	6	78	349	27,4	545	11,1
	Dąb	1	112	314	22,1	311	7,3
	Buk	1	96	337	34,3	718	9,8
	<b>Razem</b>	<b>8</b>	<b>85</b>	<b>343</b>	<b>27,6</b>	<b>537</b>	<b>10,4</b>
Karpacka	Sosna	5	68	286	25,3	396	10,0
	Świerk	6	68	296	26,7	236	6,2
	Dąb	1	95	252	25,1	359	8,8
	Buk	3	97	337	29,7	442	8,2
	<b>Razem</b>	<b>15</b>	<b>76</b>	<b>298</b>	<b>26,7</b>	<b>339</b>	<b>8,0</b>
Razem	Sosna	100	73	253	24,7	413	8,8
	Świerk	18	75	330	28,2	396	8,7
	Dąb	15	97	287	26,1	395	8,8
	Buk	11	91	340	31,5	490	8,0
	<b>Razem</b>	<b>144</b>	<b>77</b>	<b>273</b>	<b>25,8</b>	<b>414</b>	<b>8,7</b>

Dg – przeciętna pierśnica [mm], H – wysokość Loreya [m], Vg - miąższość grubizny drzewostanu [m<sup>3</sup>/ha], Zv – przyrost miąższości [m<sup>3</sup>/ha/rok].



**Rys. 17.** Kształtowanie się przyrostu miąższości drzewostanów w układzie gatunków w krainach przyrodniczo-leśnych

Przyrost miąższości drzewostanów waha się od 2,4 do 15,3 m<sup>3</sup>/ha. Drzewostany sosnowe charakteryzują się przyrostem wynoszącym średnio 8,8 m<sup>3</sup>/ha, świerkowe – 8,7 m<sup>3</sup>/ha, dębowe – 8,8 m<sup>3</sup>/ha i bukowe – 8 m<sup>3</sup>/ha (Tab. 7). Najwięcej drzewostanów (36,1%) znalazło się w klasie przyrostu 8-10 m<sup>3</sup>/ha.

Największy średni przyrost (10,5 m<sup>3</sup>/ha) zanotowano w klasie wieku 81-100 lat; w drzewostanach liściastych największym średnim przyrostem (8,9 m<sup>3</sup>/ha) charakteryzowała się klasa wieku >100 lat. Największy średni przyrost stwierdzono w Krainie Sudeckiej (10,4 m<sup>3</sup>/ha), a najmniejszy w Krainach: Karpackiej i Małopolskiej (8 m<sup>3</sup>/ha) (Tab. 7, Rys. 17).

Wiek drzewostanów zawierał się w przedziale od 60 do 112 lat; przeciętna pierśnica – w przedziale od 17,1 do 44,1 cm; średnia wysokość – od 17,8 do 35,7 m. Bonitacja wahała się od Ia do IV. Miąższość grubizny wynosiła od 68,7 do 738,6 m<sup>3</sup>/ha, a przyrost miąższości – od 2,4 do 15,3 m<sup>3</sup>/ha.

Największą średnią miąższością charakteryzowały się drzewostany bukowe (490 m<sup>3</sup>/ha), znacznie niższą – drzewostany sosnowe (413 m<sup>3</sup>/ha), świerkowe (396 m<sup>3</sup>/ha) i dębowe (395 m<sup>3</sup>/ha). Najwyższe wartości przyrostu miąższości zanotowano w drzewostanach sosnowych i dębowych (po 8,8 m<sup>3</sup>/ha), niższe w świerkowych (8,7 m<sup>3</sup>/ha) i bukowych (8,0 m<sup>3</sup>/ha).

Drzewostany na powierzchniach zlokalizowanych w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej charakteryzują się najmniejszymi wartościami przeciętnej pierśnicy i średniej wysokości. Drzewostany na powierzchniach w Krainie Sudeckiej są najstarsze, o największych przeciętnych wartościach pierśnicy, miąższości grubizny i przyrostu miąższości. W Krainie Karpackiej z kolei odnotowano najmniejsze wartości miąższości i przyrostu miąższości.

## **CZĘŚĆ II      BADANIA NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH MONITORINGU INTENSYWNEGO (SPO MI)**

Stałe powierzchnie obserwacyjne monitoringu intensywnego zlokalizowane są w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych: Bałtyckiej (Nadl. Gdańsk), Mazursko-Podlaskiej (Nadl. Suwałki, Strzałowo, Białowieża), Wielkopolsko-Pomorskiej (Nadl. Krucz i Krotoszyn), Mazowiecko-Podlaskiej (Nadl. Łąck i Chojnów), Śląskiej (Nadl. Zawadzkie),

Sudeckiej (Nadl. Szklarska Poręba) oraz Karpackiej (Nadl. Bircza, Bielsko do listopada i Piwniczna od listopada).

Na pięciu powierzchniach gatunkiem dominującym w drzewostanie jest sosna (Strzałowo, Białowieża, Krucz, Chojnów, Zawadzkie), na trzech - świerk (Suwałki, Szklarska Poręba, Bielsko do listopada i Piwniczna od listopada), na dwóch - dąb (Łąck, Krotoszyn) oraz na dwóch - buk (Gdańsk, Bircza).

## **7. DYNAMIKA PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH NA SPO MI – LESZEK KLUZIŃSKI**

**Temperatura powietrza** średnia roczna ze wszystkich stacji wyniosła w 2014 r.  $+8,5^{\circ}\text{C}$ . Najzimniejszym miesiącem był styczeń ( $-2,9^{\circ}\text{C}$ ), zaś najcieplejszym lipiec ( $+19,6^{\circ}\text{C}$ ). Najniższa średnia miesięczna temperatura charakteryzowała styczeń w Piwnicznej ( $-8,8^{\circ}\text{C}$ ), a najwyższa lipiec w Łącku ( $+22,9^{\circ}\text{C}$ ). Najbardziej wyrównanym pod względem temperatur był marzec, maksymalna różnica średnich temperatur między stacjami wyniosła  $3,6^{\circ}\text{C}$ , największe zróżnicowanie wystąpiło w kwietniu - różnica wyniosła  $9,1^{\circ}\text{C}$  (Tab. 8).

**Tabela 8.** Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza i gleby, wilgotności i promieniowania oraz miesięczne sumy opadów z 12 stacji meteorologicznych łącznie na SPO MI w 2014 r.

Miesiąc	Temp. +2 m [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Temp. -50 cm [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Wilgotność +2 m [%]	Promieniowanie [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	Suma opadów [mm]
I	-2,4	3,4	89,0	11,7	47,2
II	1,2	2,2	84,4	41,3	26,4
III	5,1	4,5	80,0	77,8	54,8
IV	8,6	8,1	76,2	127,5	51,1
V	12,6	11,8	79,2	155,1	89,7
VI	14,8	14,3	78,4	179,4	64,9
VII	19,6	16,9	78,0	187,1	106,5
VIII	16,7	17,2	83,1	135,2	73,5
IX	13,3	14,5	86,6	100,4	78,2
X	9,1	11,3	89,2	53,3	36,8
XI	4,6	8,1	94,5	18,3	25,9
XII	-0,1	4,5	92,4	10,9	56,8

wahał się od  $53,3\%$  w Strzałowie do  $71,2\%$  w Piwnicznej. Przeciętny miesięczny opad na stację wynosił  $61,2$  mm. W sezonie wegetacyjnym było to  $81,5$  mm/m-c, zaś w okresie zimowym  $41,8$  mm/m-c. Najbardziej obfitym w opady był lipiec, średnio spadło wówczas

**Temperatura gleby na głębokości 50 cm** uśredniona dla roku i dla 12 stacji (z wyjątkiem lipca i sierpnia w Piwnicznej z powodu awarii czujnika) wynosiła  $+9,6^{\circ}\text{C}$ , była o  $0,9^{\circ}\text{C}$  wyższa, niż w roku 2013. Nie odnotowano temperatur miesięcznych niższych od  $0^{\circ}\text{C}$ . Różnice temperatur pomiędzy stacjami były wyraźniejsze w miesiącach letnich, niż w miesiącach zimowych.

**Roczne sumy opadów** wynosiły od  $454,5$  mm w Suwałkach do  $1006,3$  mm na stacji w Szklarskiej Porębie-Jakuszykach. Większość opadów ( $65,1\%$ ) przypadała na okres letni. Stosunek sumy opadów z okresu letniego do sumy opadów z całego roku

110,5 mm. Najmniej opadów zarejestrowano w lutym i w listopadzie odpowiednio: 27,0 i 28,0 mm.

**Średnia wilgotność względna** z całego roku wynosiła 84,1%, w sezonie wegetacyjnym było to 80,3%, zaś w sezonie zimowym – 87,8%. Średnia roczna zawierała się w przedziale wartości od 80,8% (Chojnów i Krucz) do 89,5% (Strzałowo). Średnie miesięczne wartości tego parametru ze wszystkich stacji oscylowały od 76,4% w kwietniu do 94,1% w listopadzie (Tab. 8).

**Średnie promieniowanie całkowite** z całego okresu pomiarowego zawierało się w przedziale wartości od 58,3 W/m<sup>2</sup> na stacji Strzałowie do 122,8 W/m<sup>2</sup> w Kruczu. Miesiącem o najsilniejszym średnim promieniowaniu był lipiec, kiedy to przeciętne promieniowanie ze wszystkich stacji wyniosło 195,1 W/m<sup>2</sup>, zaś najmniejsze promieniowanie wystąpiło w grudniu (10,7 W/m<sup>2</sup>) (Tab. 8). Średnia z okresu zimowego wyniosła 36,2 W/m<sup>2</sup>, a z sezonu wegetacyjnego 149,3 W/m<sup>2</sup>.

**Prędkość i kierunek wiatru.** Pogodę z wiatrem notowano najrzadziej na stacji w Zawadzkiem i w Chojnowie (36,3% i 40% wszystkich pomiarów), a najczęściej na stacji w Suwałkach (87,5%). Na stacji w Chojnowie dominowały wiatry zachodnie, na stacji Strzałowo – wiatry południowe, na stacjach Białowieża, Krotoszyn i Suwałki - wiatry południowo-zachodnie, na stacji w Piwnicznej – północno-wschodnie. Na pozostałych stacjach przeważały wiatry wschodnie i południowo-wschodnie. Na dwóch stacjach (Białowieża i Zawadzkie) istotną rolę odgrywały wiatry wiejące z dwóch przeciwstawnych kierunków.

W okresie wegetacyjnym (od kwietnia do października): najniższą średnią miesięczną temperaturę odnotowano w kwietniu w Szklarskiej Porębie-Jakuszycach (+2,4°C), najwyższą - w lipcu w Łącku-Podgórzu (+22,9°C); najwyższa roczna suma opadów (1006,3 mm) wystąpiła w Szklarskiej Porębie-Jakuszycach, najniższa (454,5 mm) na stacji Suwałki-Hańcza; na przeważającej liczbie stacji dominowały wiatry południowo-zachodnie, południowo-wschodnie i wschodnie.

Najzimniejszym miesiącem roku był styczeń z temperaturą -2,9°C, najcieplejszym lipiec (+19,6°C). Najniższa średnia miesięczna temperatura charakteryzowała styczeń w Piwnicznej (-8,8°C), a najwyższa – lipiec w Łącku (+22,9°C).

Temperatura gleby na głębokości 50 cm uśredniona dla roku i dla 12 stacji wynosiła +9,6°C.

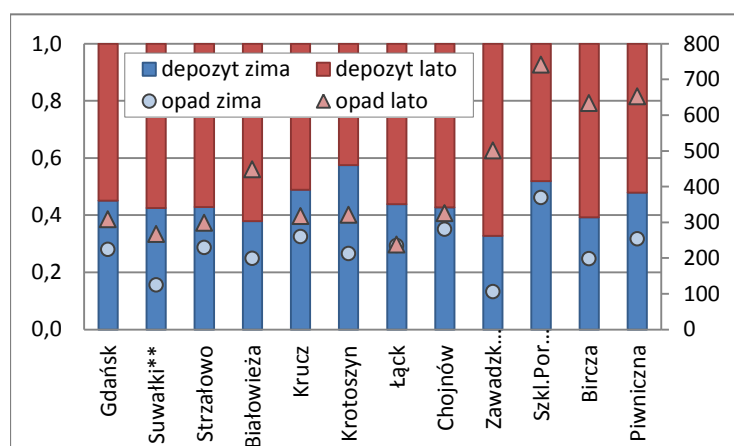
Przeciętny miesięczny opad na stację wynosił 61,2 mm. W sezonie wegetacyjnym było to 81,5 mm/m-c, zaś w okresie zimowym 41,8 mm/m-c.

## 8. WIELKOŚĆ DEPOZYTU WNOSZONEGO Z OPADAMI ATMOSFERYCZNYMI NA TERENACH LEŚNYCH NA SPO MI – ANNA KOWALSKA

### Skład chemiczny opadów

Cechą charakteryzującą chemizm opadów jest przewodność elektrolityczna właściwa (EC), będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości zdysocjowanych soli. W 2014 r. średnie roczne wartości przewodności opadów zawierały się w przedziale od 12,3 do 26,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Niskie średnie roczne przewodności opadów notowano w rejonach górskich, gdzie opady były najwyższe: w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (poniżej 15  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), w Zawadzkim, Strzałowie, Birczy, Białowieży Chojnowie i Suwałkach (do 15  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  W Gdańsku, Krotoszynie i Łącku i mieściła się w zakresie 20,4-21,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Najwyższe stężenie substancji w opadach odnotowano w Kruczu (26,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

### Depozycja roczna



**Rys. 18.** Suma opadu bezpośredniego [mm] (prawa oś) oraz udział depozytu w sezonie letnim (V-X) i zimowym (I-IV, XI-XII) na SPO MI w 2014 roku. \* dane dla Nadleśnictwa Zawadzkie od stycznia do października, \*\*brak danych z października dla Nadleśnictwa Suwałki

Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich wahał się w granicach od 17,6 do 36,0  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Tab. 9). W Białowieży, Birczy i Kruczu wynosił niemal tyle samo co w roku 2013 (99%-103%), w Gdańsku, Zawadzkim, Krotoszynie dużo mniej (od 59 do

76%), na pozostałych powierzchniach stanowił od 80% do 92% wielkości z roku 2013.

Najmniejszą ilość jonów zdeponowały opady w Nadl. Suwałki (17,4  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), dość niską – w Strzałowie (18,4  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i w Piwnicznej (20,3  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). W Kruczu oraz w rejonach górskich (w Birczy i Szklarskiej Porębie) depozyt przekroczył 31  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W Szklarskiej Porębie i Krotoszynie suma depozycji w okresie zimowym była wyższa niż w okresie letnim, stanowiąc odpowiednio 52% i 58% depozycji rocznej. Natomiast na większości SPO MI (z wyjątkiem Zawadzkiego, gdzie pomiary prowadzono przez 10 m-cy), depozyt okresu letniego miał większy udział (od 51% do 62%) w sumie rocznej niż depozyt okresu zimowego (Rys. 18). Duży depozyt okresu letniego wynikał częściowo z przewagi

opadów w okresie letnim, na miesiące letnie przypadało od 54% do 76% sumy rocznej opadu, z wyjątkiem Łącka, gdzie miesiące zimowe i letnie otrzymały w sumie równe ilości opadów.

**Tabela 9.** Depozyt roczny [ $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ] (bez RWO) wniesiony z opadami na SPO MI w 2014 r.

Nr SPO	206	212	312	405	513	203	701	801	801**	322	326	116	804
Nadleśnictwo	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Chojnów	Zawadzkie*	Suwałki**	Szklarska Poręba	Bielsko	Piwniczna	Krotoszyn	Łąck	Gdańsk	Bireza
Gatunek panujący	Sosna					Świerk				Dąb		Buk	
Opad [mm]	528	647	578	606	607	392	1110	-	906	533	472	532	832
H <sup>+</sup>	0,021	0,022	0,041	0,035	0,033	0,007	0,115	-	0,088	0,038	0,027	0,036	0,037
Cl <sup>-</sup>	1,80	2,08	4,34	2,48	2,61	2,12	5,06	-	2,10	3,21	2,88	5,39	2,44
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,26	2,68	5,18	2,79	2,09	1,91	4,38	-	2,60	2,64	2,76	3,52	3,76
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,79	3,08	4,35	4,02	4,12	2,16	5,33	-	4,35	3,75	3,93	2,97	5,68
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4,74	3,66	7,85	5,38	4,06	3,37	5,75	-	3,47	5,11	4,52	2,95	7,62
Ca	2,33	7,94	5,51	4,20	3,95	3,71	3,57	-	2,82	2,80	4,26	5,27	5,48
Mg	0,35	1,15	0,60	0,52	0,35	0,57	0,51	-	0,31	0,47	0,40	0,59	0,49
Na	1,43	1,93	2,79	1,90	1,65	1,60	4,38	-	1,82	2,22	1,81	3,57	1,81
K	1,07	1,71	1,97	2,24	0,75	0,87	0,98	-	1,10	2,23	1,34	1,73	1,38
Fe	0,042	0,031	0,058	0,050	0,041	0,019	0,069	-	0,045	0,048	0,039	0,058	0,064
Al	0,040	0,038	0,078	0,051	0,049	0,019	0,076	-	0,040	0,051	0,052	0,066	0,063
Mn	0,033	0,056	0,061	0,040	0,046	0,020	0,036	-	0,067	0,066	0,061	0,061	0,050
Cd	0,078	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Cu	0,013	0,036	0,021	0,021	0,014	0,008	0,041	-	0,021	0,019	0,024	0,013	0,019
Pb	0,006	0,006	0,006	0,007	0,010	0,004	0,011	-	0,010	0,007	0,007	0,006	0,009
Zn	0,134	0,226	0,230	0,172	0,189	0,117	0,280	-	0,233	0,173	0,170	0,153	0,227
RWO	13,0	34,6	24,0	23,2	26,0	12,3	15,4	-	13,8	21,0	20,5	15,8	21,6
N <sub>tot</sub>	8,28	8,62	15,90	10,60	7,61	6,44	11,50	-	7,27	9,46	8,79	7,98	13,40
<b>Depozyt całkowity</b>	18,4	26,9	36,0	26,3	21,4	17,6	31,9	-	20,3	24,5	23,8	27,9	31,1

RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N<sub>tot</sub> – azot całkowity, \* - brak danych z listopada i grudnia, \*\* - brak danych z października.

Pomiędzy SPO MI wystąpiły istotne różnice w depozycji H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Mn, rozpuszczonego węgla organicznego (RWO) i pojemności zobojętniania kwasów (ANC). Wyniki testów statystycznych wskazują, że powierzchnie w Strzałowie i Suwałkach istotnie różnią się od pozostałych. Na obu powierzchniach depozyt wnoszony z opadami był niższy niż w pozostałych lokalizacjach. W Szklarskiej Porębie i Piwnicznej położonych na terenach górskich wystąpiła mniejsza pojemność zobojętniania kwasów (ANC) niż na powierzchniach Polski północno-wschodniej (w Suwałkach, Białowieży i Gdańsku) oraz istotnie większa depozycja jonów H<sup>+</sup> niż w Suwałkach.

### Depozyt pierwiastków śladowych

Sumaryczny depozyt składników śladowych, tj. żelaza, manganu, glinu oraz metali ciężkich: cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  wynosił od 1,1% do 2,1% depozytu

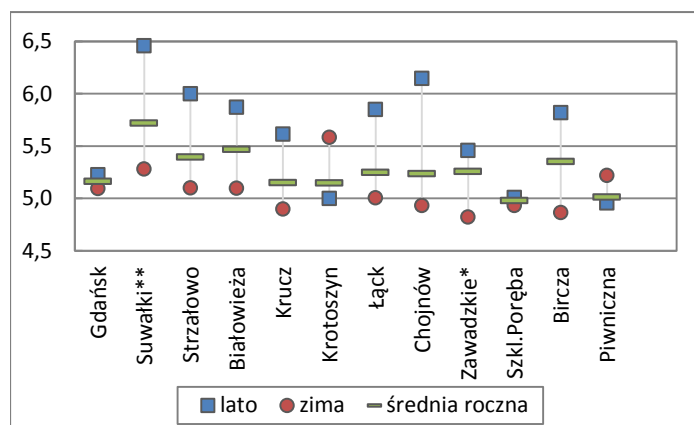
rocznego. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,6% do 1,3%, tj. od 0,13 do 0,33 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>.

Największe ilości metali ciężkich otrzymała Szklarska Poręba (0,33 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>), niewiele niższe: Białowieża (0,27 kg·), Krucz, Bircza i Piwniczna (po 0,26 kg·). Od 0,20 do 0,23 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> otrzymały powierzchnie w Krotoszynie, Łącku, Chojnowie, Zawadzkiem i Strzałowie, w Gdańsku 0,17 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> a w Suwałkach 0,13 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>.

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.

### Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych

Średnie miesięczne pH opadów mieściło się w granicach od 4,0 do 7,1. Minimalną wartość osiągnęło w Łącku w lutym a maksymalną w Białowieży w kwietniu.



**Rys. 19.** Średnie pH roczne, sezonu letniego (V-X) i zimowego (I-IV i XI-XII) na SPO MI w 2014 r. w opadach na otwartej przestrzeni. \*dane dla Nadleśnictwa Zawadzkie od stycznia do października, \*\*brak danych z października dla Nadleśnictwa Suwałki.

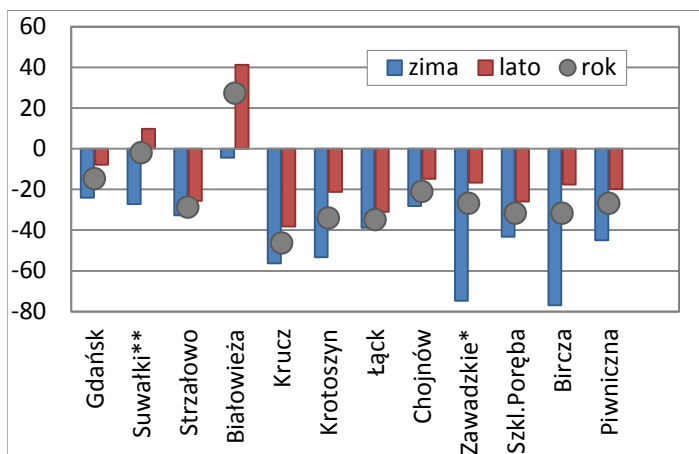
Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 wyniósł 30%, mniej niż w ubiegłych latach (42% w 2010 r., 36% w 2011 r. i 39% w 2012 r., 43% w 2013 r.). Opady o pH niższym od 5,0 przeważały zimą.

Najwyższa kwasowość opadów, mierzona średnią roczną wartością pH, wystąpiła w nadleśnictwach rejonów górskich (w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (pH=5,0) (Rys.

19). Również stosunkowo niskie średnie pH opadów, między 5,2 a 5,3 odnotowano w Gdańsku oraz w Polsce centralnej: w Nadl. Krucz, Krotoszyn, Łąck, Chojnów i Zawadzkie. Niższa kwasowość opadów występowała w Birczy, Strzałowie, i Białowieży (pH 5,4-5,5).

Zasadowość opadów bezpośrednich w większości próbek miesięcznych nie przekraczała 84  $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Średnio rocznie najniższą zasadowością charakteryzowały się opady w nadleśnictwach rejonów górskich w Piwnicznej i Szklarskiej Porębie, a także na ziemi śląskiej, w Zawadzkiem i w Gdańsku (od 5,80, do 14,3  $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). W Łącku, Krotoszynie, Birczy, Strzałowie i Chojnowie średnia roczna nie przekraczała 29  $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ , w Kruczu wyniosła 32,5, w Suwałkach – 40,1, a w Białowieży osiągnęła 47,1  $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

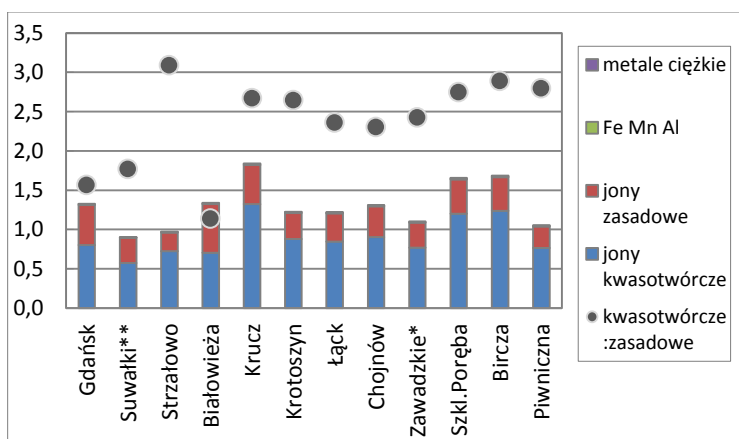




**Rys. 20.** Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [ $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI średnio rocznie, średnio w okresie zimowym (I-IV i XI-XII) i letnim (V-X) w 2014 r. \*dane dla Nadleśnictwa Zawadzkie od stycznia do października; \*\*brak danych z października dla Nadleśnictwa Suwałki.

Ujemne wartości ANC są wskaźnikiem nadmierowej ilości jonów mocnych kwasów w opadach, zaś dodatnie – nadmierowej ilości mocnych zasad. Na SPO MI 85% miesięcznych opadów przyjmowało ujemne wartości ANC. W okresie zimowym aż w 93% próbek opadów ANC było niższe od zera, podczas gdy latem odsetek ten wynosił 77%. Na wszystkich powierzchniach ANC półrocza zimowego było niższe niż w półroczu letnim (Rys. 20).

Dodatnimi wartościami ANC charakteryzowała się powierzchnia w Białowieży średnio w całym roku i w okresie letnim oraz Suwałki w okresie letnim. Na pozostałych powierzchniach w obu półroczach ANC było ujemne, a niskie średnie roczne wystąpiły w Kruczu, Łącku, Krotoszynie, Birczy i Szklarskiej Porębie (od  $-46,3$  do  $-31,7 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).



**Rys. 21.** Ładunek jonów [ $\text{kmoles}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2014 r. \*dane dla Nadl. Zawadzkie od stycznia do października; \*\*brak danych z października dla Nadl. Suwałki.

– Rys. 21. W Białowieży, Gdańsku i Suwałkach udział jonów o charakterze zasadowym w depozycie (od 33% do 41%) był wyższy niż w pozostałych lokalizacjach. Szczególnie niski udział jonów zasadowych (od 22% do 23%) występował w Szklarskiej Porębie, Birczy, Piwnicznej i Strzałowie.

Udział w depozycie jonów o charakterze zakwaszającym ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{NH}_4^+$ ) wynosił od 54% do 67%. Najmniejszy udział tych jonów stwierdzono w Białowieży (46%), niewiele wyższy w Gdańsku (54%) i Suwałkach (58%). Wyższy udział jonów zakwaszających (59%) miały opady w Chojnowie, na

Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich wahał się w granicach od 17,6 do 36,0 kg·ha<sup>-1</sup>.

Sumaryczny depozyt składników śladowych (żelaza, manganu, glinu) oraz metali ciężkich (cynku, miedzi, kadmu i ołowiu) wynosił od 1,1% do 2,1% depozytu rocznego, wyrażonego w kg·ha<sup>-1</sup>. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,6% do 1,3%, tj. od 0,13 do 0,33 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>.

W całkowitym depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego, jony o charakterze zakwaszającym (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> i NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) stanowiły od 54% do 67%.

Podobnie jak w roku ubiegłym, jedynie w Białowieży udział jonów o charakterze zakwaszającym nie przekraczał połowy całkowitego depozytu (43%). Szczególnie niski udział jonów zasadowych (22-23%) występował w Szklarskiej Porębie, Birczy, Piwnicznej i Strzałowie.

## **9. POZIOM KONCENTRACJI NO<sub>2</sub> I SO<sub>2</sub> W POWIETRZU NA TERENACH LEŚNYCH NA SPO MI – ANNA KOWALSKA**

Zakwaszanie i eutrofizacja prowadzące do destabilizacji ekosystemów są skutkiem szkodliwego działania zanieczyszczeń powietrza na lasy. Według prognoz opartych na modelach emisji EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) szacuje się, że do 2020 roku zagrożenie ekosystemów leśnych zakwaszaniem znacząco zmaleje, jeśli nastąpi pełne wdrożenie ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga. Przekroczenia ładunków krytycznych będą występować jedynie na 2-4% powierzchni ekosystemów Europy, ogniskując się m.in. na terenach Polski, gdzie będzie obejmować niemal jedną czwartą powierzchni ekosystemów. Eutrofizacja stanowić będzie nadal poważne zagrożenie, a przekroczenia ładunków krytycznych będą dotyczyły do 2020 roku ponad połowy powierzchni ekosystemów Europy, powodując zmiany bioróżnorodności. W Polsce w tym okresie zagrożenie eutrofizacją będzie obejmować ponad 60% powierzchni ekosystemów (Slootweg i in., 2014).

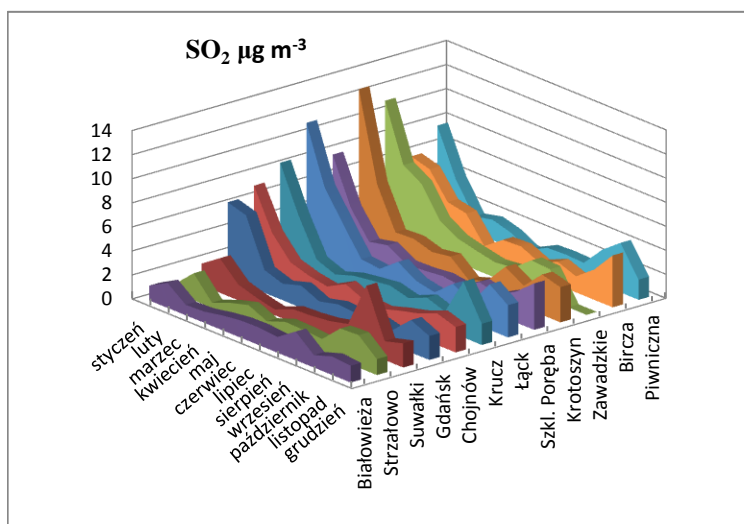
Główne składniki gazowe powietrza, odpowiedzialne za wymienione procesy to dwutlenek siarki i związki azotu. Są one emitowane do atmosfery z różnych źródeł, lecz uważa się, że emisje naturalne (wybuchy wulkaniczne, rozkład biomasy, pożary, wyładowania atmosferyczne) dostarczają zaledwie ułamka ilości SO<sub>2</sub> i tlenków azotu (NO<sub>x</sub>) w porównaniu z aktywnością człowieka (Colvile, 2004).

### **Dwutlenek siarki**

W przeciwieństwie do roku 2013, w roku 2014 poziom średnich rocznych stężeń na powierzchniach SPO MI był stosunkowo mało zróżnicowany. Jak wykazały wielokrotne

porównania, pomiędzy powierzchniami monitoringu intensywnego nie wystąpiły istotne różnice (test Kruskala-Wallisa:  $H [11, N= 142] = 22,05; p=0,024$ ).

Najniższe średnie roczne stężenia dwutlenku siarki (poniżej  $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) występowały, na powierzchniach północnej i wschodniej Polski (Strzałowo, Białowieża, Suwałki,), niskie (do  $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) – w Gdańsku, Chojnowie i Piwnicznej. Na powierzchniach położonych w Nadleśnictwach: Szklarska Poręba, Bircza, Krucz i Krotoszyn średnie roczne stężenia mieściły się w zakresie od  $2,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $2,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Wyższe stężenia notowano w Nadleśnictwach: Zawadzkie i Łąck (odpowiednio  $3,5$  i  $3,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). (Rys. 22). Średnie roczne stężenia  $\text{SO}_2$  były na większości powierzchni wyższe od 7% do 33% od notowanych w roku poprzednim, z wyjątkiem Nadleśnictwa Bircza, gdzie odnotowano spadek stężenia aż o 34% w stosunku do roku 2013.



**Rys. 22.** Roczny przebieg stężeń  $\text{SO}_2$  w powietrzu na SPO MI w 2014 r.

Na wszystkich SPO występowały duże i istotne różnice pomiędzy miesięcznymi stężeniami  $\text{SO}_2$ . (ANOVA Friedmana:  $\chi^2 [N = 11, \text{df } 11] = 66,05; p \leq 0,001$ ). Średnie miesięczne mieściły się w przedziale  $0,4\text{-}12,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$ . Niskie stężenia notowano kwietnia do września, podwyższone wczesną wiosną i jesienią: w marcu, październiku i listopadzie, zaś wysokie w okresie styczeń-luty. Taki rozkład stężeń wiąże się bezpośrednio z występowaniem sezonu grzewczego i spalaniem paliw opałowych, będących podstawowym źródłem emisji  $\text{SO}_2$ . W grudniu nastąpił jedynie niewielki wzrost stężeń  $\text{SO}_2$  w porównaniu z miesiącami jesiennymi, do czego przyczyniły się warunki pogodowe. Wskutek łagodnych temperatur zużycie do celów grzewczych paliw będących źródłem emisji  $\text{SO}_2$  mogło być niższe niż zazwyczaj. Największe różnice stężeń między powierzchniami obserwowane były w styczniu, kiedy występowały średnio najniższe temperatury w roku.

Według średnich z okresu zimowego stężenia układały się w porządku malejącym dla nadleśnictw: Zawadzkie > Łąck, Krotoszyn > Krucz, Bircza, Szklarska Poręba, Piwniczna >> Gdańsk > Chojnow > Suwałki > Strzałowo > Białowieża.

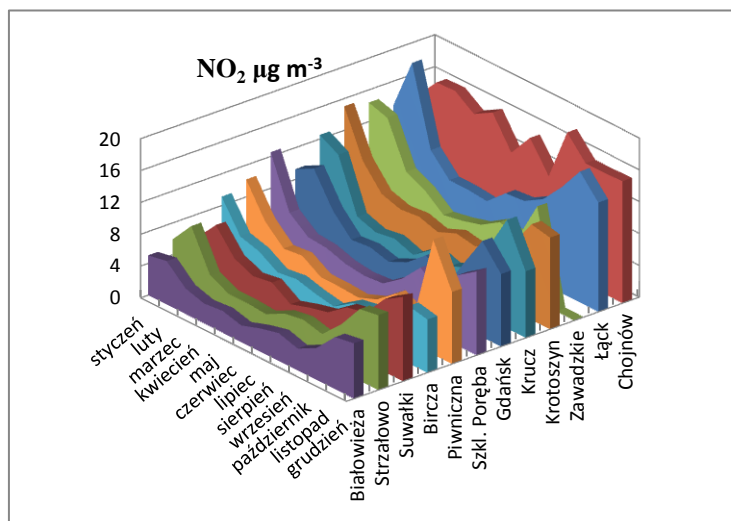
Średnie sezonu letniego układały się w porządku malejącym: Zawadzkie > Łąck, Bircza > Krucz, Krotoszyn, Szklarska Poręba > Gdańsk, Białowieża, Chojnów > Piwniczna, Strzałowo, Suwałki.

Różnice pomiędzy okresem zimowym i letnim były szczególnie niskie w Białowieży i Strzałowie. Z wyjątkiem Zawadzkiego, gdzie wyraźnie wzrosły w roku 2014 oraz Birczy, Szklarskiej Poręby i Krotoszyna, gdzie zmalały, na pozostałych powierzchniach kształtowały się na zbliżonym poziomie jak w roku 2013. Prawdopodobnie wynika to z uwarunkowań termicznych: łagodnej jesieni i zimy w latach 2013 i 2014, co mogło znaleźć odzwierciedlenie w mniejszym zużyciu paliw w sezonie grzewczym.

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz. U. z dnia 18 września 2012, poz. 1031) poziom dopuszczalny  $\text{SO}_2$  ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej (okres od 1 października do 31 marca) został ustalony na poziomie  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Średnie roczne stężenia  $\text{SO}_2$  na SPO MI zawierały się w granicach  $1,4\text{-}3,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , a w porze zimowej  $1,4\text{-}5,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , co stanowiło od 7% do 18% wartości dopuszczalnej rocznie i od 7% do 28% w porze zimowej.

### Dwutlenek azotu

W stosunku do roku 2013 średnie roczne stężenie  $\text{NO}_2$  były wyższe o 19% w Łącku, o 14%-16% w Gdańsku i Strzałowie, a na pozostałych powierzchniach nie różniły się o więcej niż 10%.



**Rys. 23.** Roczny przebieg stężeń  $\text{NO}_2$  w powietrzu na SPO MI w 2014 r.

powierzchnie położone w bliskim sąsiedztwie dużych aglomeracji miejskich, w pobliżu ośrodków przemysłowych lub dróg o dużym natężeniu ruchu. Wartości stężeń wynosiły odpowiednio:  $14,8$ ;  $11,3$  i  $8,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

Powierzchnie SPO MI istotnie różniły się pod względem stężeń  $\text{NO}_2$  (test Kruskala-Wallisa:  $H [11, N= 142] = 64,08$ ;  $p \leq 0,001$ ). Podobnie jak w poprzednich latach, najwyższe średnie roczne stężenia  $\text{NO}_2$  stwierdzono w Polsce centralnej, w Chojnowie i Łącku oraz południowej, w Zawadzkiem ( $8,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

W Krotoszynie dwutlenek azotu występował w stężeniu średnio  $8,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ . W nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej (Białowieża, Strzałowo, Suwałki i Gdańsk) oraz w rejonach górskich (Bircza, Piwniczna i Szklarska Poręba) występowały niższe średnie roczne stężenia  $\text{NO}_2$  (od 4,0 do  $6,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

Dla wszystkich SPO MI różnice stężeń  $\text{NO}_2$  w kolejnych miesiącach na przestrzeni roku były statystycznie istotne (ANOVA Friedmana:  $\chi^2$  [N = 11, df 11] = 92,16,  $p < 0,001$ ). Średnie miesięczne wahały się w granicach od 2,1 do  $19,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  i wykazywały wyraźną sezonowość. W miesiącach zimowych: styczniu, lutym, listopadzie i grudniu, mediana stężeń miesięcznych była szczególnie wysoka ( $9,1\text{-}12,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$ ). Najwyższe miesięczne stężenie  $\text{NO}_2$  zanotowano w lutym w Łącku ( $19,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$ ) (Rys. 23). W Chojnowie podobnie jak w poprzednich latach, wartości minimalne przekraczały  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$  nawet w okresie letnim, gdy stężenia były ogólnie niższe niż w miesiącach zimowych. Stężenia niższe niż  $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$  występowały w Białowieży, Suwałkach i Strzałowie (Polska północno-wschodnia) między kwietniem a wrześniem oraz w Piwnicznej, Birczy i Szklarskiej Porębie (Polska południowa, rejony górskie) między majem a lipcem.

Średnie stężenia  $\text{NO}_2$  w sezonie letnim (kwiecień - wrzesień) układały się w porządku malejącym dla nadleśnictw: Chojnow > Łąck > Zawadzkie, Krotoszyn > Gdańsk, Krucz, Szklarska Poręba > Suwałki > Piwniczna, Bircza > Strzałowo > Białowieża.

Średnie stężenia  $\text{NO}_2$  w okresie zimowym (styczeń-marzec i październik-grudzień) były od 1,1 do 2,3 razy wyższe niż dla okresu letniego. Układały się w porządku malejącym: Chojnow > Łąck > Zawadzkie > Krotoszyn > Krucz, Gdańsk > Szklarska Poręba > Piwniczna, Strzałowo, Suwałki > Bircza > Białowieża.

W roku 2014 średnie wartości stężeń  $\text{NO}_2$  wynosiły od 4,0 do  $14,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ , tj. odpowiednio od 13% do 49% wartości dopuszczalnej poziomu tlenków azotu. Wartość dopuszczalna została określona Rozporządzeniem Ministra Środowiska (Dz. U. z dn. 18 września 2012, poz. 1031) dla roku kalendarzowego ze względu na ochronę roślin na poziomie  $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

### **Łączna depozycja siarki i azotu**

Na podstawie średnich stężeń rocznych i sezonowych oszacowano ładunek N i S, jaki był deponowany na SPO MI w 2014 roku – zastosowano metody szacowania wg Thimonier i in. (2005) i Rihm (1996). Powierzchnie monitoringu intensywnego można połączyć w trzy grupy różniące się sumarycznym obciążeniem zanieczyszczeniami gazowymi. Najmniejsza łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery występowała na powierzchniach północno-

wschodniej Polski w Białowieży, Strzałowie i Suwałkach ( $3,3-4,4 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) oraz w Gdańsku ( $5,1 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ), przeciętna w centralnej części kraju (SPO MI Krotoszyn i Krucz) oraz na terenie Karpat i Sudetów (SPO MI Bircza, Piwniczna i Szklarska Poręba) ( $4,9-6,1 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ), zaś najwyższa na powierzchniach w Chojnowie i Zawadzkiem (odpowiednio  $8,5$  i  $8,2 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) oraz w Łącku ( $7,3 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

Niskie średnie roczne stężenia  $\text{SO}_2$  (poniżej  $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) występowały, podobnie jak w latach ubiegłych, na powierzchniach Polski północno-wschodniej (Strzałowo, Białowieża, Suwałki). Wysokie stężenia występowały w Nadl. Zawadzkie ( $3,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) i Łąck ( $3,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

Wysokie średnie roczne stężenia  $\text{NO}_2$  (powyżej  $8,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), podobnie jak w latach ubiegłych, zanotowano w Polsce centralnej (Chojnow i Łąck) oraz na południu kraju (Zawadzkie). Niższe stężenia (od  $4,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $6,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) występowały w Polsce północnej i północno-wschodniej (Białowieża, Strzałowo, Suwałki i Gdańsk) oraz w rejonach górskich (Bircza, Piwniczna i Szklarska Poręba).

## **10. OPADY PODKORONOWE ORAZ ROZTWORY GLEBOWE NA TERENACH LEŚNYCH NA SPO MI – ANNA KOWALSKA**

### **Opady podkoronowe**

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.

**Średnia przewodność elektrolityczna właściwa**, będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości jonów w wodach, wynosiła na SPO MI w 2014 r. od  $25,2$  do  $57,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ , z wahaniami miesięcznymi między  $12,4$  a  $254 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . W opadach podkoronowych w 96% przypadków wartości przewodności były wyższe niż w opadach docierających do koron. Wartości przewodności były zależne od ilości opadów w badanym okresie. Zanieczyszczenia dostarczane z wodą opadową i splukiwane oraz wymywane z liści były w okresach niskich opadów obecne w próbkach w dużych stężeniach, zaś przy wysokich opadach występował tzw. efekt rozcieńczenia. Wysoka przewodność średnio w ciągu roku wystąpiła w próbkach opadów w nadleśnictwach Suwałki, Krotoszyn, Gdańsk, Łąck i Zawadzkie (odpowiednio  $57,6$ ,  $57,2$ ,  $48,1$ ,  $47,1$  i  $46,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Stosunkowo niską przewodność ( $28,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) notowano w Szklarskiej Porębie, zaś najniższą – miały opady w Piwnicznej ( $25,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). W pozostałych drzewostanach przewodność opadów kształtowała się w zakresie od  $36,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  do  $38,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

Największy **roczny depozyt podkoronowy** odnotowano, podobnie jak w latach ubiegłych, na powierzchni świerkowej w Nadleśnictwie Szklarska Poręba ( $77,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

W Krotoszynie i Suwałkach depozyt wyniósł odpowiednio: 76,2 i 66,3 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. W Piwnicznej, Łącku, Birczy i Gdańsku (suma depozycji z opadów podkoronowych i spływu po pniu) oraz Zawadzkiem (10 miesięcy) depozyt mieścił się w granicach 50,3-55,7 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Stosunkowo niski depozyt odnotowano w drzewostanach sosnowych w Strzałowie, Kruczu, Białowieży i Chojnowie (od 40,0 do 47,1 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>). Większa część depozycji (od 51% do 67%) przypadała na miesiące letnie, co w dużym stopniu wiąże się z większymi opadami, występującymi w półroczu letnim.

W opadach podkoronowych występowało więcej istotnych różnic pomiędzy SPO MI, niż w opadach na otwartej przestrzeni. Istotne różnice wykryto dla wszystkich głównych składników opadów (H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca, Mg, Mn, Al i RWO), poza K.

Szklarska Poręba wyróżnia się spośród kilku SPO MI pod względem depozycji szeregu jonów, w tym także jonów o charakterze zakwaszającym tj. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> i NO<sub>3</sub><sup>-</sup> i jonów H<sup>+</sup>. Liczne różnice między Szklarską Porębą a innymi SPO MI wynikają w głównej mierze ze znacznie większej depozycji całkowitej w tej lokalizacji.

W drzewostanach bukowych w Gdańsku i Birczy występowały istotnie mniejsze depozyty rozpuszczonego węgla organicznego (RWO), niż w drzewostanach sosnowych w Białowieży, Kruczu, Chojnowie i Zawadzkiem. Zanotowane różnice znajdują potwierdzenie w literaturze (Le Mellec i in.,2010)

**Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich:** żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,48 do 2,02 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, co odpowiadało od 1,0% do 3,8% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Najwyższy udział omawianych metali w depozycie ogólnym stwierdzono w Łącku, przy czym w depozycie metali aż 79% udziału miał Mn. Mangan jest łatwo wymywany z koron drzew i jego stężenia w opadach podkoronowych mogą wielokrotnie przewyższać stężenia w opadach atmosferycznych (Kowalska et Janek, 2009).

Udział samych metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, i Cd) stanowił w sumie rocznego depozytu od 0,3% do 0,6%. Na poszczególnych powierzchniach depozyt metali ciężkich wyniósł od 0,15 do 0,50 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, z czego 79%-91% stanowił cynk.

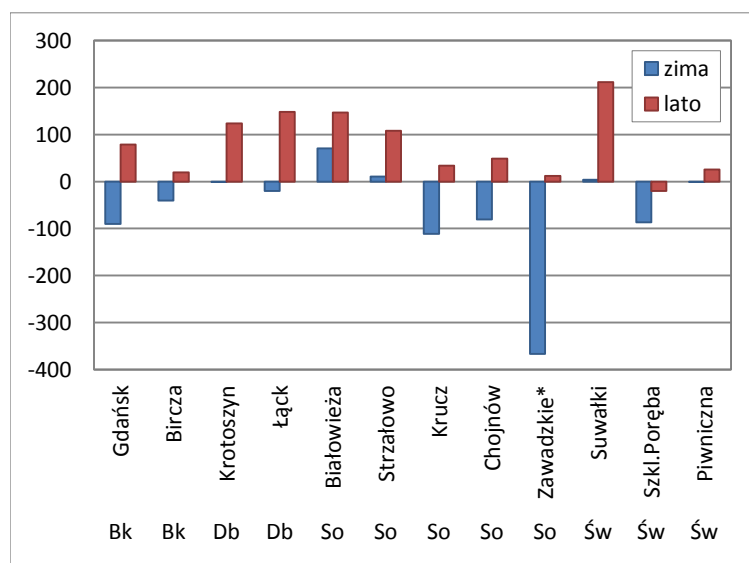
**Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych.** W ciągu roku na SPO MI w 28% miesięcznych próbek opadów występowało obniżone pH (poniżej 5,0) i przeważnie odnosi się to do próbek zebranych zimą. Styczeń, luty i grudzień charakteryzowały się niskim pH i stosunkowo niewielkim zróżnicowaniem odczynu opadów pomiędzy powierzchniami. W

styczniu i lutym wartości pH mieściły się w granicach 3,9-5,3, a w grudniu w granicach 4,5-6,0. W sezonie letnim pH miesięcznych opadów mieściło się w zakresie 4,7-7,1.

Najniższe średnie roczne pH wystąpiło w Szklarskiej Porębie (4,8). W Chojnowie, Kruczu i Piwnicznej również było niskie (odpowiednio: 5,0, 5,1 i 5,1), czego przyczyną były głównie kwaśne opady półrocza zimowego. Stosunkowo wysokie pH miały średnie roczne opady w Suwałkach (6,0). Na pozostałych powierzchniach (Łąck, Zawadzkie, Gdańsk, Bircza, Białowieża, Strzałowo i Krotoszyn) pH wynosiło od 5,2 do 5,4.

Zasadowość opadów oraz pojemność zobojętniania kwasów (ANC) są cechami, które charakteryzują zdolność wody do zobojętniania kwasów. W wodach podkoronowych najwyższą zasadowość w opadach miesięcznych notowano w Suwałkach ( $223 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Podobnie jak w poprzednich latach najniższą zasadowością średnio w roku charakteryzowały się opady podkoronowe w Szklarskiej Porębie ( $6,0 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

Pojemność zobojętniania kwasów (ANC), obliczona jako różnica stężeń kationów mocnych zasad (Ca, Mg, Na, K) i anionów mocnych kwasów ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) w opadach, mierzona w  $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ , jest wskaźnikiem pozwalającym ocenić, czy w wodach występuje nadmiar wolnych mocnych kwasów ( $\text{ANC}<0$ ), czy zasad ( $\text{ANC}>0$ ).

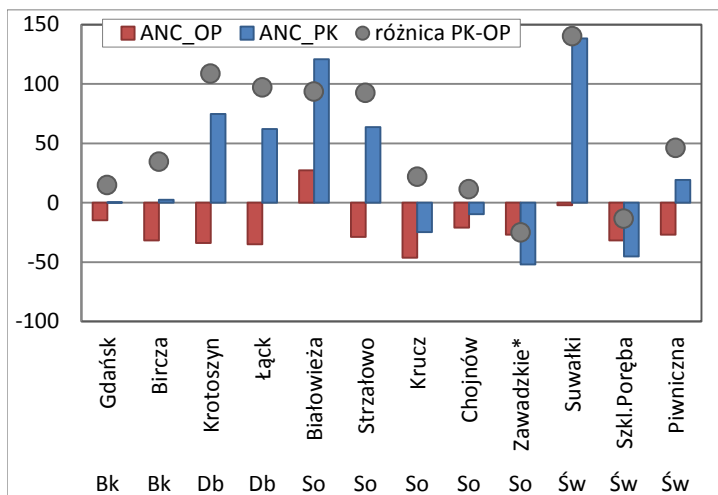


**Rys. 24.** Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [ $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2014 r. Średnie dla okresu zimowego (miesiące I-IV i XI-XII) i letniego (V-X)  
\* – dane od stycznia do października

W porównaniu z wodami opadowymi oraz w porównaniu do ubiegłych lat, udział opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC występował rzadziej (w 36% przypadków). Ujemne wartości ANC, związane z przewagą jonów wolnych kwasów, występowały przeważnie w okresie zimowym, co można przypisać zarówno wzmożonym emisjom zanieczyszczeń w związku z sezonem grzewczym

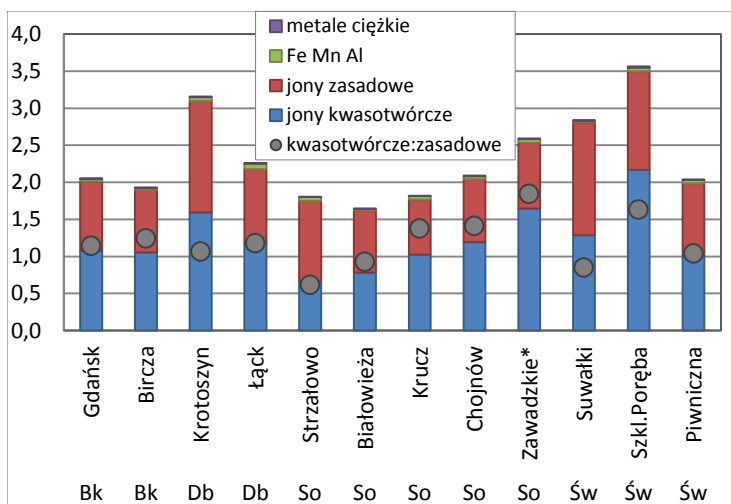
jak i zmniejszonej aktywności biologicznej drzew i mniejszej wymianie jonowej niż w okresie wegetacyjnym. Na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych ANC półrocza zimowego było niższe niż w półroczu letnim (Rys. 24).





**Rys. 25.** Średnia roczna pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [µeq·dm<sup>-3</sup>] w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i podkoronowych (PK) na SPO MI w 2014 r. \* - dane od stycznia do października

wartość ANC była bliska zera. W drzewostanach: świerkowym w Szklarskiej Porębie oraz sosnowych w Polsce centralnej i południowej (Chojnów, Krucz i Zawadzkie) w opadach występowała przewaga jonów wolnych kwasów (ANC było równe odpowiednio: -45,2, -9,7, -24,6 i -51,9 µeq·dm<sup>-3</sup>·rok<sup>-1</sup>). - Rys. 25.



**Rys. 26.** Ładunek jonów [kmolc·ha<sup>-1</sup>] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach podkoronowych na SPO MI w 2014 r. \* – dane od stycznia do października

stosunku do opadów docierających do koron. W skali miesięcznej notowano przypadki obniżenia ANC opadów w koronach, dotyczyły one większości powierzchni, zwłaszcza iglastych: sosnowych (Zawadzkie, Chojnów, Krucz) i świerkowych (Szklarska Poręba, Suwałki), miały miejsce niemal wyłącznie w okresie zimowym.

Dodatnią średnią roczną wartość ANC (przewagę wolnych zasad) w opadach podkoronowych odnotowano w świerzyniach w Suwałkach i Piwnicznej (138 i 19,2 µeq·dm<sup>-3</sup>·rok<sup>-1</sup>), w obydwu drzewostanach dębowych w Krotoszynie (74,7) i Łącku (62,1) oraz w dwóch sosnowych: Białowieży (121) i Strzałowie (63,8). W obydwu drzewostanach bukowych: w Gdańsku i Birczy średnia roczna

W Zawadzkiem i Szklarskiej Porębie opady po przejściu przez korony miały większy nadmiar jonów wolnych kwasów (niższe ANC), niż opady docierające do drzewostanu. Na pozostałych powierzchniach wpływ okapu w różnych gatunkowo drzewostanach zaznaczył – się w podniesieniu wartości ANC średnio w roku w opadach podkoronowych, w

Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) stanowiły od 42% do 59%, a w Białowieży zaledwie 33%, rocznego molowego depozytu (sumy azotu całkowitego, chlorków, siarczanów (VI), kationów zasadowych, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich, wyrażonej w  $\text{mol}_c \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Udział ten jest zbliżony do obserwowanego w roku 2013. Najwyższy udział takich jonów stwierdzono w drzewostanie w Zawadzkiem (59%). W Chojnowie, Kruczu, Birczy i Gdańsku wynosił co najmniej 50%.

W grupie powierzchni, gdzie depozyt molowy jonów zasadowych ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Na}^+$ ) przewyższał depozyt jonów zakwaszających znalazły się, podobnie jak w 2013 r., Nadleśnictwa Białowieża, Strzałowo i Suwałki (Rys. 26).

### **Spływ po pniu**

Depozycja składników z opadami w drzewostanach byłaby znacząco niedoszacowana, gdyby pominięto jedną ze ścieżek dopływu wód opadowych do gleb leśnych: wody spływające po pniach drzew. W monitoringu lasów ta frakcja wód opadowych jest badana jedynie w drzewostanach bukowych, gdyż architektura koron buka oraz struktura kory w większym stopniu sprzyjają odprowadzaniu opadu po pniach, niż u innych gatunków. Spływ po pniu stanowi w buczynach istotną formę transportu wody, substancji pokarmowych oraz zanieczyszczeń zawartych w opadach (Chang i Matzner, 2000).

Badania spływu po pniu prowadzono w nadleśnictwach Gdańsk i Bircza w okresie bezmroźnym. Szacuje się, że ilość spływu po pniu przekroczyła w badanym okresie 32 mm w Gdańsku i 55 mm w Birczy i stanowiło od 4% do 28% sumy opadu bezpośredniego (na otwartej przestrzeni) w Gdańsku oraz od 4% do 11% w Birczy, co koresponduje z wartościami przytaczanymi w literaturze (Chang et Matzner, 2000, Johnson et Lehmann, 2006).

Spływ po pniu w Birczy, przy niższym pH, zasadowości roztworów i ANC w porównaniu z Gdańskiem, charakteryzował się również niższymi stężeniami większości składników, z wyjątkiem  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{NO}_3^-$ . Na obu powierzchniach średnie roczne pH i pojemność zobojętniania kwasów (ANC) osiągały wyższe wartości niż w opadach podkoronowych. Depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu wyniósł w badanym okresie  $5,37 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  w Gdańsku i  $4,94 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  w Birczy, w obu przypadkach stanowiło to 10% depozytu podkoronowego. Woda opadowa spływając po pniach, w większym stopniu niż przepływając przez warstwę koron, wzbogaca się w  $\text{K}^+$  i związki organiczne, co w odniesieniu do  $\text{K}^+$  potwierdzają wyniki innych badań (Chang i Matzner, 2000). W składzie chemicznym spływu po pniu zauważalny był wpływ aerozoli morskich w Gdańsku: średnie stężenia jonów sodowych, chlorkowych, Ca i Mg były większe niż w Birczy.

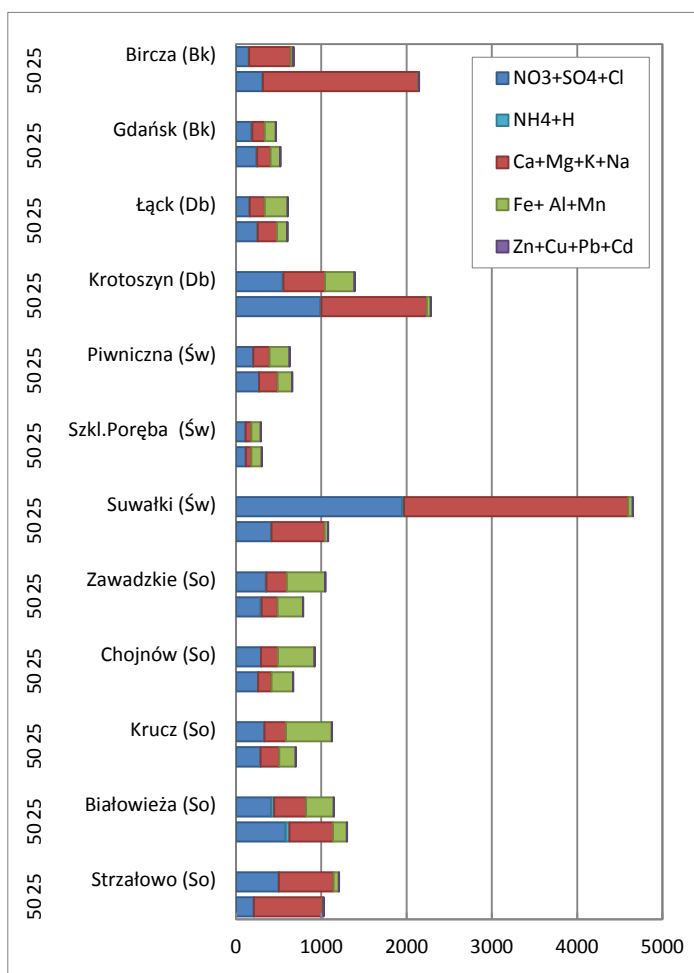
## Roztwory glebowe

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 2014 r. średnie pH w badanych roztworach glebowych pobranych z SPO MI wynosiło od 4,14 do 6,19 na głębokości 25 cm oraz od 4,49 do 6,77 na głębokości 50 cm. Najbardziej kwaśne roztwory występowały w drzewostanie sosnowym w Kruczu z pH 4,1 na głębokości 25 cm i 4,5 na głębokości 50 cm. W Strzałowie (sosna), Birczy (buk) i w Suwałkach (świerk) było wyższe niż 5,5, osiągając na głębokości 50 cm w Birczy i Strzałowie maksymalne średnie wartości odpowiednio 6,7 i 6,8. Z reguły w górnej części profilu glebowego występowało nieznaczne zakwaszenie roztworów w stosunku do głębszych poziomów, z wyjątkiem Gdańska, gdzie pH przyjmowało zbliżone wartości na obu głębokościach. W Strzałowie i Krotoszynie różnica między pH na głębokości 25 i 50 cm była stosunkowo wysoka i wynosiła odpowiednio 1,2 i 1,6 jednostki pH.

Powierzchnie monitoringu intensywnego różniły się pod względem sumy jonów w roztworach glebowych. Wysokie stężenia jonów wystąpiły na powierzchniach i na głębokościach, na których występowało mniejsze zakwaszenie (Białowieża, Suwałki, Strzałowo, Krotoszyn i Bircza) i wynosiły około  $1030\text{--}4650 \mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ . Niskie stężenia jonów występowały w świerczynach górskich (Szklarska Poręba i Piwniczna), w buczynie nadmorskiej w Gdańsku i dąbrowie w Łącku (około  $290\text{--}660 \mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ). W drzewostanach sosnowych w Chojnowie, Zawadzkiem i Kruczu, gdzie pH roztworów glebowych było niższe niż na innych powierzchniach, stężenia jonów w roztworach przyjmowały wartości pośrednie: od około 670 do  $1130 \mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ .

W składzie roztworów glebowych znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K. W Strzałowie i Birczy stanowiły one na głębokości 50 cm 71-76% sumy jonów oraz w Suwałkach i Krotoszynie - 50% i 39%. W płytszej części profilu udział wynosił 54-63% w Suwałkach i Birczy, 48% w Strzałowie i 25% w Krotoszynie (Rys. 27). W Białowieży udział wynosił: na 50 cm głębokości – 33%, a na 25 cm – 26%. W Kruczu, Chojnowie i Zawadzkiem wynosił od 11% do 17%, w Łącku i Piwnicznej – od 20% do 26%. Najniższy udział kationów o charakterze zasadowym w sumie jonów odnotowano na powierzchniach w Gdańsku i w Szklarskiej Porębie, mieścił się w zakresie 9-11%.



**Rys. 27.** Suma stężeń jonów [ $\mu\text{mol}_e \cdot \text{dm}^{-3}$ ] w roztworach glebowych na głębokości 25 i 50 cm (oznaczenie z lewej strony pionowej osi wykresu) na SPO MI w 2014 r.

BC/Al wynosił 1,0 na głębokości 25 cm i wzrastał do 3,3 na głębokości 50 cm. Na pozostałych powierzchniach (Krotoszyn (dąb), Strzałowo (sosna), Bircza (buk) i Suwałki (świerk) przekraczał - niekiedy znacznie - przyjętą wartość krytyczną.

W okresie badań jony  $\text{NO}_3^-$  występowały w roztworach glebowych poniżej głównej strefy korzeniowej roślin, na głębokości 50 cm, w Białowieży w stężeniu od 4,3 do 5,8  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  (od kwietnia do lipca), w Kruczu w stężeniu od 0,4 do 3,7  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  (w czerwcu i lipcu). W Suwałkach obserwowano stężenie od 0,3 do nawet 5,3  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ , przy czym najwyższa wartość pojawiła się w marcu a stężenie spadało w kolejnych miesiącach. W niewielkich stężeniach jony azotanowe pojawiały się w Piwnicznej (0,3  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  w kwietniu, czerwcu i sierpniu), w Łącku (0,2  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  w sierpniu) i Szklarskiej Porębie (0,25  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  w kwietniu).

Na SPO MI, gdzie pomiary obejmowały równy okres na otwartej przestrzeni i pod okapem (z wyjątkiem Suwałk), do gleby w opadach podkoronowych wpłynął ładunek substancji około 3 razy większy niż z opadem na otwartej przestrzeni.

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al) w roztworach glebowych stosowany jest jako wskaźnik stopnia zagrożenia gleby przez czynniki zakwaszające. Przyjmuje się, że przy wartościach  $(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}):\text{Al} \geq 1$  korzenie drzew są chronione przed skutkami zakwaszania gleb.

Wskaźnik BC/Al przyjął znacznie niższe od jedności wartości (0,3-0,7) na obu głębokościach w Nadl.: Szklarska Poręba (świerk), Chojnów, Krucz i Zawadzkie (sosna) oraz Gdańsk (buk). W Piwnicznej (świerk) mieścił się w granicach 0,6-0,9. W Łącku (dąb) wynosił 0,5 na głębokości 25 cm i wzrastał do 1,3 w głębszym poziomie gleby. W Białowieży

Największy depozyt podkoronowy [ $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ] odnotowano na powierzchni świerkowej w Nadl. Szklarska Poręba (77,3), wysoki w Krotoszynie (76,2) i Suwałkach (66,3), niski – w Strzałowie, Kruczu, Białowieży i Chojnowie (od 40,0 do 47,1).

Udział metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, Cd) stanowił w sumie rocznego depozytu 0,3% do 0,6%. Na poszczególnych powierzchniach wyniósł od 0,15 do 0,50  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ , z czego 79%-91% stanowił cynk.

W 28% prób opadów średnia miesięczna wartość pH nie przekraczała 5,0, takie wartości przeważały w okresie zimowym. W sezonie letnim wartości tego parametru mieściły się w granicach 4,7-7,1.

Średnie pH badanych roztworów glebowych wynosiło od 4,14 do 6,19 na głębokości 25 cm oraz od 4,49 do 6,77 na głębokości 50 cm.

Wysokie stężenia jonów w roztworach glebowych ( $1030\text{-}4650\ \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) wystąpiły na powierzchniach o mniejszym zakwaszeniu, (Białowieża, Suwałki, Strzałowo, Krotoszyn i Bircza).

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu przyjął znacznie niższe od 1,0 wartości (w zakresie od 0,3 do 0,7) w roztworach glebowych na obu głębokościach w Szklarskiej Porębie, Chojnowie, Kruczu i Zawadzkiem oraz w Gdańsku.

## **11. OCENA PRESJI ŚRODOWISKA NA EKOSYSTEMY LEŚNE NA PODSTAWIE BADAŃ NA SPO MI – ANNA KOWALSKA, PAWEŁ LECH**

W roku 2014 na 12 stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI) realizowano w cyklach miesięcznych badania poziomu zanieczyszczeń powietrza, depozytu całkowitego, podkoronowego (w tym spływu po pniu), roztworów glebowych oraz ciągłe pomiary parametrów meteorologicznych.

Suma opadów rocznych przypadająca średnio na stację była zbliżona do tej z roku 2013, zawierała się w przedziale od 454,5 mm w Suwałkach do 1006,3 mm w Szklarskiej Porębie. Większość opadów (64,7%,) przypadała na okres letni, zaś dla poszczególnych powierzchni mieściła się w zakresie od 53,3% (Strzałowo) do 70,8% (Szklarska Poręba). Wydaje się, że dostępność wody dla drzew w roku 2014 była wystarczająca.

Wg raportu Europejskiej Agencji Środowiska (European Union emission inventory report 1990-2011, 2013) emisje dwutlenku siarki na obszarze Unii Europejskiej w okresie 1990-2011 zmalały, o 82%, co sprawiło, że według prognoz EMAP do 2020 roku zagrożenie ekosystemów leśnych zakwaszeniem znacząco zmaleje. Przekroczenie ładunków krytycznych występować będzie tylko na 2-4% powierzchni ekosystemów Europy, z czego relatywnie najwięcej przypadac będzie na Polskę, tu zagrożonych zakwaszeniem może być nawet jedna czwarta ekosystemów. W przypadku tlenków azotu redukcje emisji w ostatnich dziesięcioleciach były mniejsze, aczkolwiek znaczące (48% pomiędzy latami 1990-2011), jednakże prognozowane zagrożenie eutrofizacją ekosystemów Europy w 2020 r. utrzymywac

się będzie w dalszym ciągu na wysokim poziomie, przekroczenie ładunków krytycznych dotyczyć może nawet około połowy powierzchni ekosystemów, oddziałując niekorzystnie na ich różnorodność biologiczną i stabilność. Wg danych KOBIZE w Polsce również następowało w minionych latach zmniejszenie emisji SO<sub>2</sub>, w latach 2000-2012 o 41%. W przypadku NO<sub>2</sub> redukcja emisji była znacząco mniejsza, w tym samym okresie wyniosła tylko 5%. Najniższe średnie roczne stężenia dwutlenku siarki (poniżej 2 µg·m<sup>-3</sup>) występowały w 2014 r. w Polsce północno-wschodniej na SPO MI w Białowieży, Strzałowie i Suwałkach. W Gdańsku, Chojnowie i Piwnicznej odnotowano niskie stężenia nie przekraczające 2,5 µg·m<sup>-3</sup>. Na powierzchniach w Zawadzkiem i Łącku odnotowano najwyższe stężenia SO<sub>2</sub>, (3,5 i 3,2 µg·m<sup>-3</sup>). Średnie roczne stężenia SO<sub>2</sub> były na większości powierzchni wyższe o 7% do 33% od notowanych w roku poprzednim, z wyjątkiem powierzchni w Birczy, gdzie odnotowano spadek stężenia aż o 34%. Powyżej podane wartości średnie roczne stanowiły od 7% do 18% wartości stężenia SO<sub>2</sub> dopuszczalnego dla roślin wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2012 r. Stężenia rejestrowane dla okresu zimowego (1,4-5,6 µg·m<sup>-3</sup>), wyższe niż dla całego roku, stanowiły od 6% do 28% wartości dopuszczalnej. Średnie roczne stężenia dwutlenku azotu były w 2014 r. wyższe niż w roku ubiegłym o 19% w Łącku, 14-16% w Gdańsku i Strzałowie, a na pozostałych powierzchniach nie różniły się o więcej niż 10%. Podobnie jak w latach ubiegłych najwyższe średnie roczne stężenia SO<sub>2</sub> stwierdzono w rejonach Polski centralnej: w Chojnowie i Łącku (14,8 i 11,3 µg·m<sup>-3</sup>) oraz południowej, w Zawadzkiem (8,6 µg·m<sup>-3</sup>). Powierzchnie te zlokalizowane są w sąsiedztwie dużych aglomeracji miejskich (Chojnów – Warszawa) i/lub ośrodków przemysłowych (Zawadzkie – GOP, Łąck – Płock) oraz ruchliwych dróg krajowych. Znacząco niższe średnie roczne stężenia NO<sub>2</sub> (od 4,0 do 6,8 µg·m<sup>-3</sup>) odnotowano w Polsce północno-wschodniej (Białowieża, Strzałowo, Suwałki i Gdańsk) oraz w rejonach górskich (Bircza, Bielsko i Szklarska Poręba). W 2014 r. średnie wartości stężeń NO<sub>2</sub> wyniosły, w zależności od powierzchni, od 12% do 48% wartości dopuszczalnej wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2012 r., co oznacza, że zarówno SO<sub>2</sub>, jak i NO<sub>2</sub> nie stanowiły w skali kraju czynnika negatywnie oddziałującego na kondycję lasów. Analizy statystyczne wykazują jednak istnienie zróżnicowania obciążeniem zanieczyszczeniami gazowymi poszczególnych SPO MI. Najmniejsza łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery (3,3-5,1 kg N+S·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>) występowała na powierzchniach północno-wschodniej Polski (Białowieża, Strzałowo, Suwałki i Gdańsk, przeciętna (4,9-6,1 kg) w centralnej części kraju (Łąck, Krotoszyn i Krucz) oraz na terenie Karpat Wschodnich i Sudetów (Bircza i Szklarska Poręba), zaś najwyższa - w Chojnowie (8,5 kg) i Zawadzkiem (8,2 kg). Rejony centralnej Polski cechujące się wysoką depozycją

gazowych zanieczyszczeń powietrza pokrywają się z obszarami zagrożonymi przekroczeniem ładunków krytycznych eutrofizacji i zakwaszenia. Prognozy EMAP wskazują, że zagrożenie to, pomimo systematycznego zmniejszania się poziomu emisji w minionych dekadach, będzie się utrzymywać, nawet po wdrożeniu ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga.

Odczyn opadów na otwartej powierzchni w 2014 r. przyjmował miesięczne wartości pH w zakresie od 4,0 do 7,1, udział opadów o  $\text{pH} < 5,0$  wyniósł 30%, nieco mniej niż w latach ubiegłych. Najniższe średnie roczne pH opadów odnotowano w górach (Piwniczna i Szklarska Poręba), trochę wyższe (w zakresie 5,2-5,3) - w Gdańsku oraz w Polsce centralnej (Krucz, Łąck, Krotoszyn, Chojnow i Zawadzkie), najniższe – na powierzchniach w Birczy Strzałowie, Białowieży i Suwałkach ( $\text{pH}$  od 5,4 do 5,7). Zbliżone wyniki odzwierciedla inna miara: pojemność zobojętniania kwasów (ANC), która była ujemna (co oznacza nadmierną ilość jonów mocnych kwasów w opadach) na wszystkich SPO MI z wyjątkiem Białowieży. 85% miesięcznych opadów miało ujemne wartości ANC, w okresie zimowym udział próbek wody o ujemnym ANC wynosił 93%, zaś w okresie letnim – 77%. Najniższe wartości ANC charakteryzowały w 2014 r. powierzchnie zlokalizowane w Kruczu, Łącku, Krotoszynie, Birczy, i Szklarskiej Porębie (poniżej  $-30 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Również depozyt jonów zakwaszających ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) w ciągu całego roku stanowił 54%-67% ładunku molarnego na otwartej powierzchni. Najmniejszy udział tych jonów stwierdzono, podobnie jak w 2013 r., w Polsce północno-wschodniej: w Białowieży (43%), Suwałkach i Gdańsku (58% i 54%), wyższy w Chojnowie (59%), wysoki (62-67%) na pozostałych powierzchniach.

Nieco korzystniejsze były właściwości kwasowo-zasadowe podopopowych wód opadowych. Obniżona wartość pH (poniżej 5,0) wystąpiła w 28% miesięcznych prób opadów. W porównaniu z wodami opadowymi z otwartej przestrzeni udział opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC (pojemność zobojętniania kwasów) był w 2014 r. zdecydowanie niższy i wynosił 36%. Ujemne wartości ANC, związane z przewagą jonów wolnych kwasów, występowały głównie w okresie zimowym, co wiąże się ze wzmożonymi emisjami zanieczyszczeń w sezonie grzewczym. Podobnie jak w opadach na otwartej przestrzeni, na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych ANC półrocza zimowego było niższe niż w półroczu letnim. Przewaga wolnych kwasów (średnie roczne  $\text{ANC} < 0$ ) w opadach podopopowych w całym roku była znacząca w Zawadzkim, Chojnowie, Szklarskiej Porębie oraz Kruczu (ANC równe odpowiednio: -51,9, -45,2, -24,6 i -9,7  $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

Średnie pH roztworów glebowych na większości SPO MI w 2014 r. było zbliżone do wartości z 2013 r., wynosiło od 4,14 do 6,19 na głębokości 25 cm oraz od 4,49 do 6,77 na głębokości 50 cm. Kwaśnemu odczynowi roztworów glebowych z reguły towarzyszył bardzo

niski udział kationów zasadowych w całkowitej sumie jonów. Na powierzchniach ze świerkiem w Szklarskiej Porębie i z bukiem w Gdańsku mieścił się on w zakresie 9-11%, zaś na powierzchniach z sosną w Chojnowie, Kruczu i Zawadzkiem – w zakresie 11-17%. Ponadto roztwory glebowe z powierzchni w Nadl. Szklarska Poręba, Chojnow, Krucz i Zawadzkie i Gdańsk cechował niski stosunek sumy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (Al), na obu głębokościach mieścił się w zakresie od 0,3 do 0,7, a w Piwnicznej – od 0,6 do 0,9, czyli znacznie poniżej granicy jedności, uznawanej za bezpieczną dla rozwoju i funkcjonowania korzeni roślin. Wskazuje to na ograniczoną zdolność gleb na tych powierzchniach do kompensowania zakwaszania i potencjalną niestabilność ekosystemu leśnego i rosnących na nich drzewostanów.

Analiza danych pozwoliła dokonać oceny co do występowania zagrożenia zakwaszeniem i eutrofizacją siedlisk leśnych na SPO MI. Trzy spośród 5 powierzchni z sosną (w Chojnowie, Kruczu i Zawadzkiem) oraz jedna spośród 3 powierzchni ze świerkiem (w Szklarskiej Porębie) zagrożone są zakwaszeniem. Powierzchnie te cechowały się wysoką kwasowością roztworów glebowych, niekorzystnym stosunkiem jonów zasadowych do glinu, ujemnym ANC oraz wysoką depozycją siarki. Na pozostałych dwu powierzchniach świerkowych (w Piwnicznej i w Suwałkach) wyniki badań nie są tak alarmujące. W Piwnicznej odczyn roztworów glebowych był zbliżony do mierzonego w Szklarskiej Porębie, ale udział zasad był ponad dwukrotnie wyższy, korzystniejszy był tu również stosunek jonów zasadowych do glinu. W Suwałkach, odczyn roztworów glebowych był wyższy niż na pozostałych powierzchniach ze świerkiem, depozycja zanieczyszczeń gazowych była niska, a udział jonów zasadowych przekraczał 50%. Występujące na tej powierzchni podwyższone stężenia azotanów w roztworach glebowych na głębokości 50 cm nie są symptomem postępującej eutrofizacji, ale raczej powolnego rozpadu drzewostanu, spowodowanego czynnikami o charakterze biotycznym – występowaniem patogenów korzeni i szkodników wtórnych. Na powierzchniach z bukiem zagrożenia związane z zakwaszeniem występują jedynie w Gdańsku, gdzie w roztworach glebowych kationy o charakterze zasadowym miały niewielki udział, występowało niskie pH gleby (3,5-4,2) w fazie mineralnej (do głębokości 65 cm) i roztworów glebowych (pH 4,7), co oznacza obecność toksycznego jonu  $Al^{3+}$ , szkodliwego dla rozwoju roślin. Powierzchnia w Birczy, o znacząco wyższej żyzności gleb i ich zdolności buforującej wolna jest od tego typu zagrożeń. Spośród dwu powierzchni z dębem, jedynie ta w Łącku może być zagrożona zakwaszeniem, na co wskazuje niższy od jedności stosunek jonów zasadowych do glinu w roztworach glebowych na głębokości 25 cm.



Dopływ azotu ( $N_{tot}$ ) do gleb pod okapem wahał się od poniżej 10 kg  $N \cdot ha^{-1}$  (Białowieża, Strzałowo i Piwniczna), poprzez wartości rzędu 11-15 kg  $N \cdot ha^{-1}$  (Krucz, Chojnów, Łąck, Gdańsk, Suwałki i Bircza), do około 16-20 kg  $N \cdot ha^{-1}$  (Szkłarska Poręba, Zawadzkie i Krotoszyn). W puli azotu całkowitego od 59% do 83% stanowiły formy mineralne ( $N-NH_4^+$  i  $N-NO_3^-$ ). Wielkość całkowitej depozycji azotu jest jednak trudna do określenia, ze względu na pomijane w pomiarach gazowe formy azotu, pobierane przez rośliny z powietrza, podobnie jak część azotu z opadów, która jest sorbowana w warstwie koron i za pośrednictwem roślin trafia do ekosystemu. Wnioskowanie na podstawie wielkości depozycji pod okapem prawdopodobnie powoduje niedoszacowanie całkowitej ilości azotu, wnoszonego do ekosystemów leśnych. Zakładając, że całkowita depozycja azotu może być większa, niż wskazują na to wyniki depozycji podkoronowej w 2013 r., na niektórych badanych powierzchniach monitoringu intensywnego, głównie poza północną częścią Polski i terenami górskimi na południu, nie można wykluczyć zagrożenia, spowodowanego nadmierną podażą azotu i wynikającą stąd eutrofizacją środowiska leśnego.

### **CZĘŚĆ III            INFORMACJE OGÓLNE I PODSUMOWANIE**

#### **12. INTENSYWNOŚĆ OBRADZANIA I JAKOŚĆ NASION SOSNY NA TERENACH LEŚNYCH W KRAJU – WŁADYSŁAW KANTOROWICZ**

Do badań monitoringowych nad wydajnością i jakością nasion sosny posłużyły próbki zebrane jesienią 2014 r. w 96 nadleśnictwach. Każda próbka zawierała około 1 kg szyszek zebranych z co najmniej 8 drzew. Łuszczenie szyszek i badanie jakości nasion prowadzono w laboratorium Zakładu Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych IBL.

Prognoza na sezon 2014/2015 przewidywała stosunkowo dobry urodzaj sosny wynoszący 39%, o 3% wyższy od średniego z dziesięciolecia 2001-2010 i o 12% wyższego od średniego z lat 1951-2010 (Kantorowicz, 2014). Średnia wydajność nasion z szyszek wyniosła 1,56%, czyli nieznacznie lepiej, niż średnia przyjęta dla sosny (1,5%) (Kantorowicz, 2015). Bardzo wysoką wydajność miały szyszki sosny z terenu RDLP Poznań i Wrocław - średnio ponad 2%, a rekordową osiągnęła próbka szyszek z Nadleśnictwa Karczma Borowa - 2,71%. Z kolei bardzo niską wydajność miały próbki szyszek z terenu RDLP Kraków, Lublin, Radom i Białystok (od 1,12 do 1,21%). Najniższą wydajnością charakteryzowały się szyszki z Nadleśnictw Zwierzyniec i Dąbrowa Tarnowska (0,62% i 0,70%).

Masa jednej szyszki wynosiła średnio 6,25 g, natomiast przeciętna liczba pełnych nasion w jednej szyszce wahała się w próbkach pochodzących z różnych nadleśnictw od 5 do 32, średnio w Polsce około. 16.

Masa 1000 sztuk nasion wynosiła od 4,29 g do 7,89 g, średnio 6,05 g. Zdolność kiełkowania wszystkich próbek była wysoka i wyniosła przeciętnie blisko 98%, a energia kiełkowania prawie 97%, i wartości te nie różniły się zbytnio w poszczególnych regionalnych dyrekcjach. Gorsze natomiast okazały się te wartości po przeprowadzeniu testu postarzania. W nasionach pochodzących z nadleśnictw: Smardzewice, Katowice, Kaliska oraz Turawa, żywotność nasion obniżyła się do II klasy. Niższa była zarówno zdolność kiełkowania, jak i energia kiełkowania. Stwarza to groźbę, że nasiona zebrane w sezonie 2014/2015, szczególnie z rejonów ww. nadleśnictw, mogą stracić żywotność na etapie przechowywania.

Rok 2014 był drugim z rzędu rokiem dobrego urodzaju. Dobra była zarówno wydajność, jak też żywotność nasion. Trafiły się jednak próbki, których odporność na test postarzania była słaba i ich żywotność obniżyła się po poddaniu ich jego stresowym warunkom.

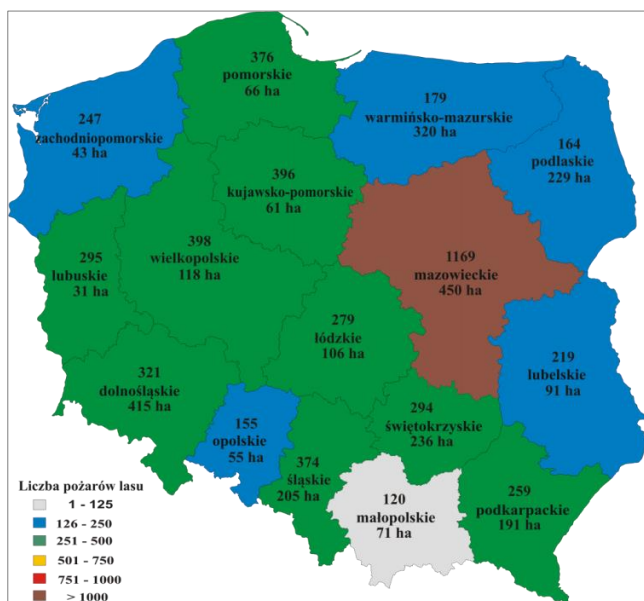
### **13. POŻARY LASÓW – JÓZEF PIWNICKI I RYSZARD SZCZYGIEL**

W 2014 r. zarejestrowano 5245 pożary lasów (o 362 więcej niż w 2013 r.), w tym 34,8% (1825 pożary, o 143 więcej niż w 2013 r.) w Lasach Państwowych. Ogółem spłonęły lasy na powierzchni 2690 ha (o 1401 więcej niż w roku ubiegłym), w tym 20,86% (561 ha, o 300 ha więcej niż 2013 r.) w Lasach Państwowych. W ostatnim 5-leciu w LP w sumie spaleni uległo 2998 ha, tj. o 409 ha mniej niż w poprzednim 5-letnim okresie. Udział tej powierzchni w LP w ogólnej powierzchni spalonej w kraju wynosił 19%. Średnio w minionym 5-letnim okresie powierzchnia objęta pożarami w Polsce (3204 ha) zmalała wobec poprzedniego 5-lecia (3546 ha) o 342 ha.

Średnia powierzchnia jednego pożaru w wyniosła 0,51 ha, w LP - 0,31 ha, a w lasach pozostałych form własności (głównie niepaństwowych) - 0,62 ha (w 2013 r. wartości te wynosiły odpowiednio: 0,26 ha, 0,16 ha, 0,32 ha).

Sezon palności w 2014 r. charakteryzowało przeciętne zagrożenie pożarowe lasów, ogólnokrajowy stopień zagrożenia pożarowego (OSZPL) wyniósł dla obszaru całego kraju 1,5, podczas gdy średnia wieloletnia wynosi 1,6. Procentowy udział występowania 3. stopnia zagrożenia pożarowego dla sezonu palności wynosił średnio 21% i był niższy od średniego udziału wieloletniego. Najbardziej palnym miesiącem 2014 r. był marzec (20,7% pożarów, tj. 1088), następnie kwiecień (16,8%), lipiec (15,9%) i czerwiec (11,2%). Najmniej pożarów w sezonie palności (IV-IX) powstało w sierpniu i wrześniu.

Najwięcej pożarów lasów, podobnie jak w ubiegłym roku, było na terenie województwa mazowieckiego (1 169 - 22% ogólnej liczby), najmniej w województwach małopolskim (120) i opolskim (155) – Rys. 28.



**Rys. 28.** Liczba pożarów lasu i powierzchnia spalona w województwach w 2014 r.

Największe powierzchnie spalone lasów odnotowano w województwie mazowieckim (450 ha), duże - w dolnośląskim (415 ha) i warmińsko-mazurskim (320 ha), natomiast najmniejsze w lubuskim (31 ha) i zachodniopomorskim (43 ha).

Najwięcej pożarów w LP w 2014 roku powstało w RDLP Katowice (280), dużo - w RDLP Toruń (203) i Zielona Góra (200). Największą powierzchnię (60% całości) objęły pożary na terenie RDLP Katowice (128

ha), Olsztyn (125 ha) i Wrocław (84 ha).

W roku 2014 zarejestrowano 5245 pożarów lasu (o 362 więcej niż w roku ubiegłym), w tym 34,8% (1825 pożary) w Lasach Państwowych. Ogółem spłonęły lasy na powierzchni 2690 ha (o 1 401 ha więcej niż w roku ubiegłym), w tym 20,86% (561 ha) w Lasach Państwowych.

Najwięcej pożarów, podobnie jak w ubiegłym roku, zarejestrowano na terenie województwa mazowieckiego (1169 - 22% ogólnej liczby), najmniej w województwach małopolskim (120) i opolskim (155). Najwięcej pożarów w LP powstało w RDLP Katowice (280).

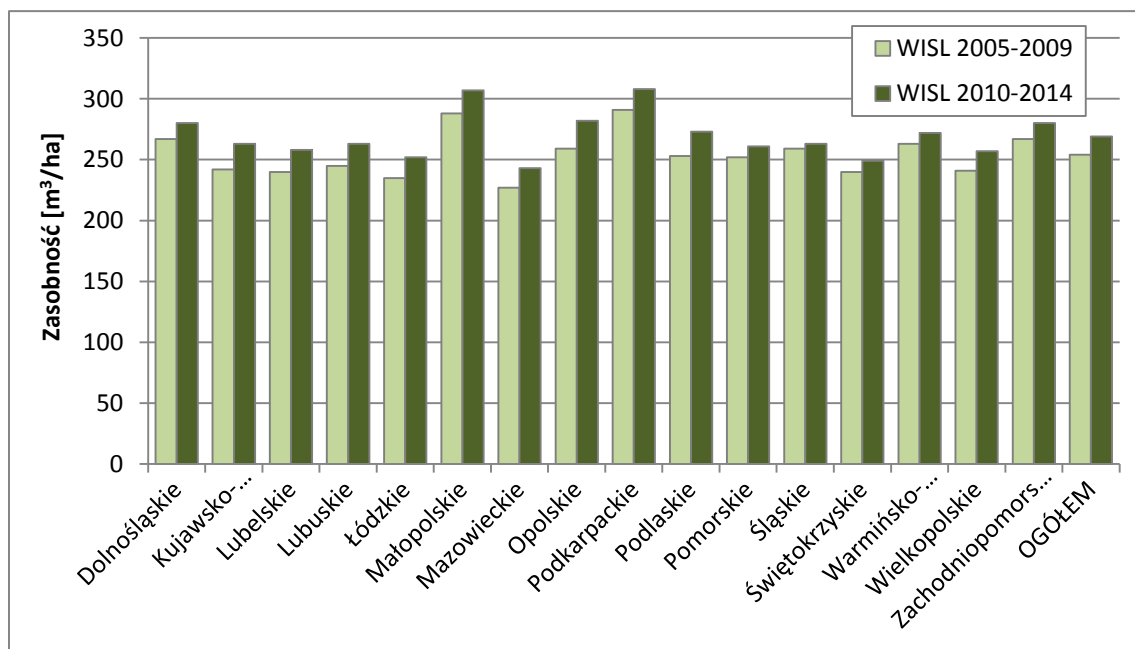
W lasach wszystkich form własności 40% pożarów powstało wskutek podpaleń, 29% wskutek zaniedbań, a przyczyny 22% pożarów nie ustalono.

#### **14. ZASOBNOŚĆ I PRZYROST DRZEWOSTANÓW NA PODSTAWIE WYNIKÓW WIELKOObszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL) – MAREK JABŁOŃSKI**

W latach 2006-2008 dokonano integracji SPO I rzędu monitoringu lasów z wielkoobszarową inwentaryzacją stanu lasu (WISL). Pomiary WISL przeprowadzone na 28 tys. stałych powierzchni próbnych w latach 2005-2009 dostarczyły wiarygodnych danych odnośnie zasobów drzewnych w Polsce (BULiGL 2010). Powtórzenie obserwacji w latach 2010-2014 pozwoliło na określenie bieżącego przyrostu miąższości (BULiGL 2015).

Według danych II cyklu WISL zasoby drzewne polskich lasów to prawie 2,5 mld m<sup>3</sup> grubizny brutto (w korze). Przeciętna zasobność (miąższość w przeliczeniu na ha) wynosi 269 m<sup>3</sup>. Lasy publiczne charakteryzują się wyższą zasobnością (278 m<sup>3</sup>/ha) niż lasy prywatne (232 m<sup>3</sup>/ha). Największą zasobnością charakteryzują się lasy województwa podkarpackiego (308 m<sup>3</sup>/ha), niewiele mniejszą (307 m<sup>3</sup>/ha) – lasy województwa małopolskiego. Z kolei

najniższa zasobność drzewostanów występuje w województwie mazowieckim (243 m<sup>3</sup>/ha) (Rys. 29). Wysoka zasobność lasów województwa podkarpackiego i małopolskiego to m.in. efekt dużego udziału siedlisk lasowych, w tym górskich oraz średniego wieku drzewostanów, o co najmniej 7 lat wyższego od średniej dla kraju, która wynosi 53 lata.



**Rys. 29.** Zasobność lasów w Polsce w układzie województw wg danych WISL 2005-2009 i WISL 2010-2014 (BULiGL 2010, 2015)

W porównaniu do wyników I cyklu WISL (lata 2005-2009) zasobność polskich lasów wzrosła o 15 m<sup>3</sup>/ha (Rys. 29). Najniższy wzrost zasobności odnotowano w województwie śląskim, najwyższy w kujawsko-pomorskim. Zmian zasobności nie należy utożsamiać z przyrostem na pniu, ponieważ na jej wielkości w kolejnych okresach mają wpływ zmiany powierzchni lasów - szczególnie zalesienia. Wzrost zasobów drzewnych w Polsce jest wynikiem realizacji pozyskania drewna, zgodnie z zasadą trwałości lasów i konsekwentnego powiększania ich powierzchni.

Bieżący roczny przyrost miąższości wynosi 9 m<sup>3</sup>/ha. Prawie 46% przyrostu (4,1 m<sup>3</sup>/ha) jest odkładane na pniu a 54% podlega użytkowaniu (BULiGL 2015). Przyrost miąższości w lasach publicznych (9,1 m<sup>3</sup>/ha) jest nieco wyższy od przyrostu w lasach prywatnych (8,6 m<sup>3</sup>/ha). Największym przyrostem charakteryzują się drzewostany II klasy wieku (21-40 lat), najniższym drzewostany w wieku 1-20 lat. O wyraźnie wyższym przyroście miąższości możemy mówić w przypadku gatunków iglastych (9,3 m<sup>3</sup>/ha) w porównaniu do gatunków liściastych (8,2 m<sup>3</sup>/ha).

Największy przyrost miąższości stwierdzono w województwie małopolskim (10,2 m<sup>3</sup>/ha), najniższy w województwie łódzkim (7,9 m<sup>3</sup>/ha). Województwo łódzkie charakteryzuje się również najniższą lesistością w Polsce (GUS 2014).

Największą zasobnością charakteryzują się lasy województwa podkarpackiego (308 m<sup>3</sup>/ha), niewiele mniejszą (307 m<sup>3</sup>/ha) - lasy województwa małopolskiego, Najniższa zasobność drzewostanów występuje w województwie mazowieckim (243 m<sup>3</sup>/ha).

W porównaniu do wyników I cyklu WISL (lata 2005-2009) zasobność polskich lasów wzrosła o 15 m<sup>3</sup>/ha. Najniższy wzrost zasobności odnotowano w województwie śląskim, najwyższy - w kujawsko-pomorskim.

Bieżący roczny przyrost miąższości określony na podstawie pomiarów inwentaryzacji wielkoobszarowej wynosi 9 m<sup>3</sup>/ha. Prawie 46% przyrostu (4,1 m<sup>3</sup>/ha) jest odkładane na pniu a 54% podlega użytkowaniu (wg danych z BULiGL z 2015 r.). Przyrost miąższości w lasach publicznych (9,1 m<sup>3</sup>/ha) jest nieco wyższy od przyrostu w lasach prywatnych (8,6 m<sup>3</sup>/ha).

Największy przyrost miąższości stwierdzono w województwie małopolskim (10,2 m<sup>3</sup>/ha), najniższy w województwie łódzkim (7,9 m<sup>3</sup>/ha)

## **15. OCENA WARUNKÓW HYDROLOGICZNYCH W WYBRANYCH ZLEWNIACH LEŚNYCH – EDWARD PIERZGALSKI, ANDRZEJ STOLAREK, JAN TYSZKA**

Analiza charakterystyk hydrologicznych stanowi podstawę podejmowania racjonalnych decyzji dotyczących eksploatacji infrastruktury wodnej w lasach lub przedsięwzięć inwestycyjnych m.in. budowy zbiorników wodnych, renaturyzacji mokradeł, zamiany systemów odwadniających na systemy regulowanego odpływu.

Informacje o trendach warunków hydrologicznych nabierają coraz większego znaczenia dla gospodarki leśnej w aspekcie konieczności jej adaptacji do zmian klimatu. Przy obserwowanym trendzie wzrostu temperatury powietrza, zmienia się także rozkład i ilość opadów oraz zwiększa się częstotliwość hydrologicznych zjawisk ekstremalnych, których skutkiem są powodzie i mniej lub bardziej długotrwałe susze. Te ostatnie są najbardziej groźne dla stabilnego rozwoju drzewostanów. W siedliskach świeżych o ombrofilnej gospodarce wodnej decydujący jest przychód i rozkład opadów w półroczu letnim, a w siedliskach wilgotnych, bagiennych i na łągach równie ważne jest odtworzenie stanu zasobów wody gruntowej w okresie zimy. Ocenia się, że wzrost średniej temperatury powietrza o 1<sup>0</sup>C powinien być rekompensowany zwiększeniem wielkości opadu w półroczu letnim o około 50 mm (Tyszka, Fronczak, Stolarek 2014), co mogą częściowo zastąpić urządzenia ograniczające odpływ wody z siedlisk leśnych.

Ocena warunków hydrologicznych w lasach wykonana została na podstawie badań przeprowadzonych w roku hydrologicznym 2014 (1.XI.2013 – 30.X. 2014) w czterech (spośród kilkunastu) małych zlewniach leśnych o zróżnicowanych warunkach siedliskowych i

drzewostanowych reprezentatywnych dla krain przyrodniczo-leśnych zlokalizowanych w obszarach nizinnych, wyżynnych i górskich. Przedstawiono wyniki badań prowadzonych w zlewniach następujących rzek:

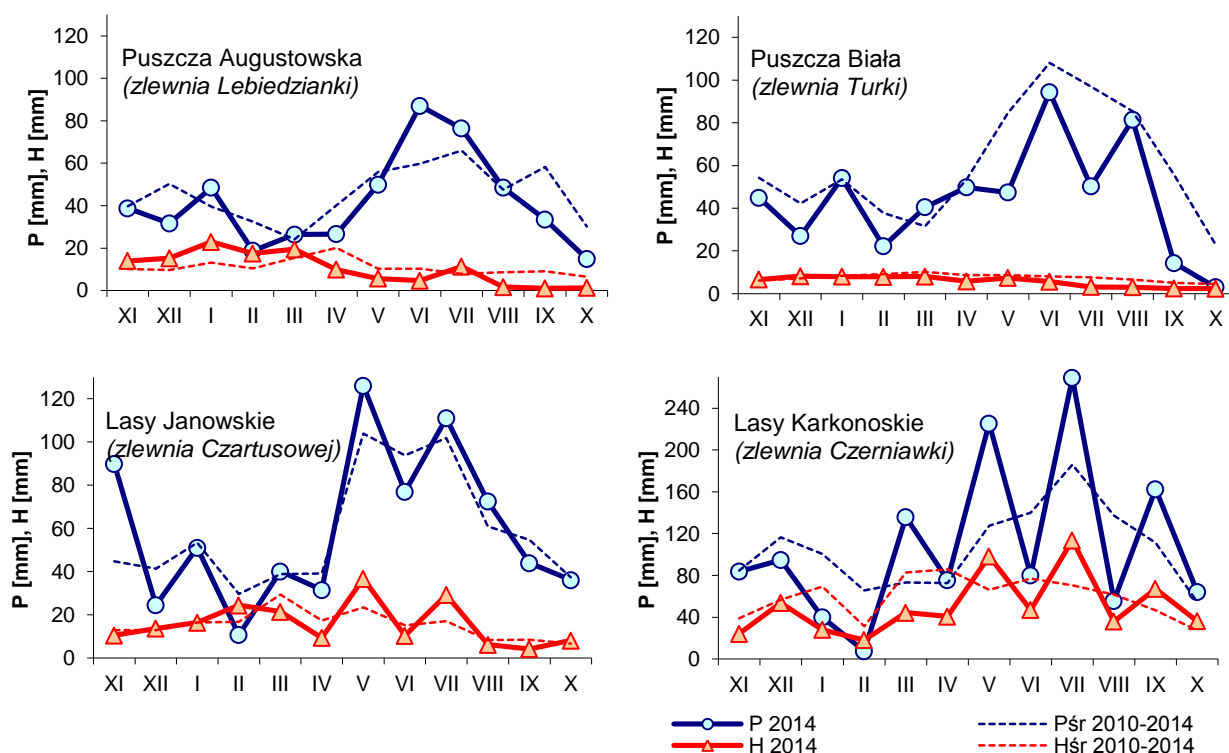
- Lebedzianka (Puszcza Augustowska, Kraina Mazursko-Podlaska),
- Turka (Puszcza Biała, Kraina Mazowiecko-Podlaska),
- Czartusowa (Lasy Janowskie, Kraina Małopolska),
- Czerniawka (Lasy Karkonoskie, Kraina Sudecka).

Warunki opadowe w zlewniach były zróżnicowane. Zgodnie z klasyfikacją opadu wg Kaczorowskiej rok 2014 w zlewniach rzek Lebedzianki i Turki można zaliczyć do suchych, a w pozostałych dwóch - do normalnych. W ważnym dla drzewostanów półroczu letnim w zlewni rzeki Lebedzianki występowały warunki odpowiadające latom suchym, a w zlewni Turki bardzo suchym. W zlewniach z południa Polski opady były większe: w zlewni Czartusowej półrocze letnie było mokre, a w Czerniawce bardzo mokre. Opad w okresie zimy we wszystkich zlewniach był stosunkowo mały, wskutek czego, zwłaszcza w zlewniach południowych, wystąpiły niewielkie odpływy roztopowe. Niskie w stosunku do wartości normalnych sumy opadu spowodowały mniejszy odpływ we wszystkich zlewniach w półroczu zimowym, a w Puszczy Białej i w Puszczy Augustowskiej odnotowano także bardzo znaczące zmniejszenie odpływu półrocza letniego (Rys. 30).

Maksymalne przepływy roczne, które przypadły na okres zimy wystąpiły: w Lebedzince 10 stycznia po opadzie 13,6 mm, w Turce 16 lutego (wezbranie roztopowo-opadowe). W południowej części kraju wezbrania rzek przypadły na okres półrocza letniego i wystąpiły na Czartusowej 16 maja po opadzie 30,3 mm i na Czerniawce 7 lipca po opadzie 69,7 mm. Mała pojemność retencyjna zlewni Czartusowej sprawiła, że przy podobnej sumie największych opadów dobowych, jak na Lebedziance i Turce, spowodowane nimi wezbrania były kilkakrotnie większe. Jeszcze bardziej gwałtowne wezbranie miało miejsce w górskim potoku Czerniawka. Minimalne odpływy wystąpiły w poszczególnych zlewniach w sierpniu lub we wrześniu, kiedy o odpływie decydowało zasilanie gruntowe.

W trzech zlewniach (poza zlewnią potoku Czerniawki) mierzone są stany wód gruntowych w charakterystycznych dla zlewni siedliskach. Przeanalizowano dane uzyskane w 2014 r. na tle uśrednionych wielkości z ostatnich pięciu lat. W zlewniach rzek Lebedzianki i Turki przebieg zmian położenia wody gruntowej był podobny, na początku roku poziom wód gruntowych był wyższy od przeciętnych, a pod koniec roku niższy. Spadek zwierciadła wody w stosunku do średnich z pięciolecia był spowodowany niskimi opadami. W zlewni

Czartusowej) w okresie zimowym i wiosennym woda gruntowa utrzymywała się na wyższym od przeciętnego poziomie, a latem i jesienią był zbliżony do średnich z wielolecia.



**Rys. 30.** Miesięczne wartości opadu (P) i odpływu (H) w zlewniach badawczych w 2014 r. na tle średnich 5-letnich

W Polsce północno-wschodniej zaznacza się tendencja do wzrostu strat bilansowych na ewapotranspirację i zasilanie wód gruntowych. Oznacza to pogorszenie warunków wodnych dla rozwoju drzewostanów, jakkolwiek analizując warunki hydrologiczne w roku 2014 na tle ostatniego pięciolecia nie można wysuwać wniosku o występowaniu krytycznego trendu zmian warunków wodnych. Można natomiast stwierdzić, że zrealizowane w ostatnich kilku latach w tym rejonie liczne przedsięwzięcia retencyjne łagodzące okresowe niedobory wodne były niewątpliwie celowe.

W 2014 stan zasobów wodnych w zlewniach był zróżnicowany. We wszystkich zlewniach opad zimowy był mniejszy od średnich z wielolecia, natomiast w półroczu letnim był znacznie mniejszy w zlewniach na północy kraju, niż w zlewniach południowych. Niskie w stosunku do wartości normalnych sumy opadu spowodowały mniejszy odpływ we wszystkich zlewniach w półroczu zimowym, a w Puszczy Białej i w Puszczy Augustowskiej odnotowano także bardzo znaczące zmniejszenie odpływu półroczu letniego.

## LITERATURA

- Barometer Natura 2000* (2015). *Biuletyn o przyrodzie i różnorodności biologicznej*. Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej, nr 37.
- Bergmann, W. (1993). *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. 614S.
- Biuletyny Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej*, miesięczniki z lat 2010-2014, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Inwentaryzacja wielkoobszarowa lasów kraju wszystkich form własności – według stanu na dzień 1 stycznia 2006 roku. Etap 1.6. Opracowanie wyników z prac terenowych całego 5-letniego cyklu inwentaryzacji wielkoobszarowej (lata 2005-2009). Raport końcowy.* (2010). Maszynopis, BULiGL. Sękocin Stary.
- Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasów w Polsce. Wyniki za okres 2010-2014* (2014). Maszynopis, BULiGL. Sękocin Stary.
- Burg J. van den (1985). *Foliar analysis for determination of tree nutrient status - A compilation of literature data*. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos - en landschapsbouw "De Dorschkamp" Wageningen Rapport nr. 414, 615.
- Burg J. van den (1990). *Foliar analysis for determination of tree nutrient status - a compilation of literature data. 2. Literature 1985-1989. „De Dorschkamp”*, Institute for Forestry and Urban Ecology. Wageningen, The Netherlands. Rapport nr. 591. 220.
- Burg J., Schaap W. (ed.) (1994). *Directive for application of mineral fertilizers and liming as effective measures for forest vitality (in Dutch)*. Report No. 16 of the Information Centre for Nature Management, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, Wageningen. 63.
- Cape J.N., Freer-Smith P.H., Paterson I.S., Parkinson J.A., Wolfenden J. (1990). *The nutritional status of Picea abies (L.) Karst. Across Europe, and implications for „forest decline*. *Trees: Structure and Function* 4, 211-224.
- 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.
- 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.
- Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora.*, Dyrektywa Siedliskowa z 01 stycznia 2007, 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
- Forest Foliar Condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years)*. EC-UN/ECE-FBVA, Brussels, Geneva, Vienna. 1997.
- Hanschel R., Kaupenjohann M., Horn R., Zech W. (1988). *Acid rain studies in the Fichtelgebirge (NE-Bavaria)*, [w:] Mathy, P. (red.) *Air pollution and ecosystems*. Riedel, Dordrecht, 881-886.
- Hüttl R. (1985). "Neuartige" Waldschäden und Nährelementversorgung. *Freiburg im Breisgau*. Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre: 195.
- Hüttl R.F., Wisniewski J. (1987). *Fertilization as a tool to mitigate forest decline associated with nutrient deficiencies*. *Water, Air and Soil Pollution* 32, 265-276.
- Johnson M.S., Lehmann J. (2006). *Double-funneling of trees: Stemflow and root-induced preferential flow*. *Écoscience*, 13(3), 324–333.
- Kantorowicz W. i in. (2015). *Sprawozdanie z przebiegu oceny oraz wyniki badania jakości nasion drzew i krzewów leśnych w Polsce w okresie od 1 I do 31 XII 2014*. Sękocin Stary, 54 ss.
- Kantorowicz W. (2014). *Komunikat nr 67 o przewidywanym urodzaju nasion najważniejszych gatunków drzew leśnych w Polsce w 2014 r.* Sękocin Stary, 35 ss.
- 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.
- Krajowy bilans emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2010-2012 w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny*, KOBIZE 2014. <[http://www.kobize.pl/materialy/Inwentaryzacje\\_krajowe/2014/Bilans\\_emisji-raport\\_syntetyczny\\_2012.pdf](http://www.kobize.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/2014/Bilans_emisji-raport_syntetyczny_2012.pdf)>
- Le Mellec A., Meesenburg 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
- Liu J.C., Hüttl R.F. (1991). *Relations between damage symptoms and nutritional status of Norway spruce stands (Picea abies Karst) in southwestern Germany*. *Fertilizer Research* 27, 9-22.
- 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.

- Pawlaczyk P. i in. (2004). *Propozycja optymalnej sieci obszarów Natura 2000 w Polsce – „Shadow List”*. Szczegółowa analiza wdrożenia Dyrektywy Siedliskowej. Syntetyczne ujęcie wdrożenia Dyrektywy Ptasiej. Warszawa.
- 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 Województw 2014* (2015). Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu* (Dz. U. 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](http://www.wge-cce.org)>
- Szulc W. (2008). *Potrzeby nawożenia roślin uprawnych siarką oraz metody ich wyznaczania*. Rozpr. Naukowe I Monografie. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Taylor C.M.A. (1991). *Forest fertilization in Great Britain*. Forestry Commission Bulletin 95. Her Majesty's Stationery Office, London.
- 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.
- Zech, W., Popp, E. (1983). *Magnesiummangel einer der Grunde für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern*. Forstw. Cbl. 102, 50-55.
- European Union emission inventory report 1990-2012 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. EEA Technical report No 12/2014, European Environment Agency, 2014.