

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA



STAN ZDROWOTNY LASÓW POLSKI W 2015 ROKU

Sękocin Stary, 2016

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

ZAKŁAD ZARZĄDZANIA ZASOBAMI LEŚNYMI

Stan zdrowotny lasów Polski w 2015 roku

Synteza

opracowania pt. "Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2015 roku na podstawie badań monitoringowych"



SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

Autor tematu: Jerzy Wawrzoniak

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

Kierownik Zakładu :

Dyrektor Instytutu:

Sękocin Stary, październik 2016

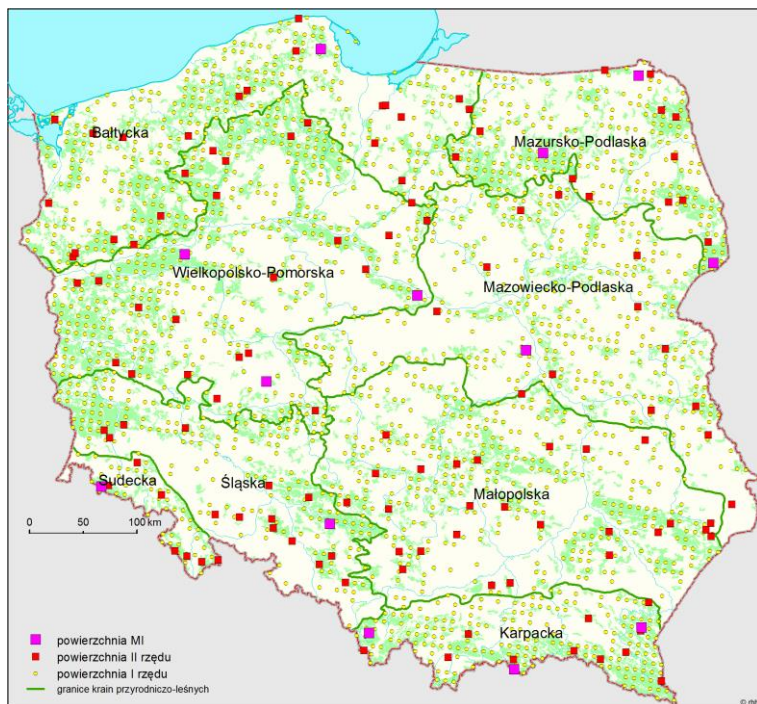
Monitoring lasu jest finansowany przez Ministerstwo Środowiska, Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Jerzy Wawrzoniak</i>	3
Program monitoringu lasów w 2015 roku – <i>Jerzy Wawrzoniak, Grzegorz Zajączkowski</i>	5
Część I Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I i II rzędu....	7
1. Ocena poziomu uszkodzenia monitorowanych gatunków drzew – <i>Jadwiga Małachowska</i>	8
2. Ocena symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew – <i>Paweł Lech, Sławomir Ślusarski,...</i>	17
3. Wpływ warunków pogodowych na zdrowotność drzewostanów – <i>Jadwiga Małachowska</i>	22
4. Stałe powierzchnie obserwacyjne monitoringu lasów na obszarach Natura 2000 – <i>Robert Hildebrand</i>	24
Część II Badania na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI)	27
5. Dynamika parametrów meteorologicznych na SPO MI – <i>Leszek Kluziński</i>	27
6. Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych na SPO MI – <i>Anna Kowalska</i>	29
7. Poziom koncentracji NO ₂ i SO ₂ w powietrzu na terenach leśnych na SPO MI – <i>Anna Kowalska</i>	34
8. Opady podkoronowe oraz roztwory glebowe na terenach leśnych na SPO MI – <i>Anna Kowalska</i>	38
9. Zanieczyszczenia powietrza oraz ocena zagrożenia zakwaszeniem i eutrofizacją terenów leśnych w Polsce na podstawie wyników badań na SPO MI w okresie 2010-2014 – <i>Anna Kowalska, Paweł Lech</i>	46
Część III Informacje ogólne i podsumowanie	51
10. Intensywność obradzania i jakość nasion sosny na terenach leśnych w kraju – <i>Władysław Kantorowicz</i>	51
11. Pożary lasów – <i>Józef Piwnicki i Ryszard Szczygieł</i>	51
12. Ocena warunków hydrologicznych w wybranych zlewniach leśnych – <i>Edward Pierzgalski, Andrzej Stolarek, Jan Tyszka</i>	53
Literatura	57

WSTĘP – JERZY WAWRZONIAK

Program monitoringu lasów w swojej bieżącej działalności rejestruje dużą liczbę danych, charakteryzujących większość komponentów ekosystemów leśnych i parametrów środowiska w ich czasowym i przestrzennym zróżnicowaniu. W okresie 30-letniej działalności programu w bazie danych zgromadzono olbrzymią liczbę informacji. Sposoby wykorzystania i rozpowszechniania danych monitoringowych są zróżnicowane.



Rys. 1. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu oraz powierzchni monitoringu intensywnego (MI) w krainach przyrodniczo-leśnych (2015)

Podstawową formę stanowią coroczne opracowania pt. „*Stan uszkodzenia lasów w Polsce na podstawie badań monitoringowych*”, prezentujące w uporządkowany sposób wyniki pozyskane w minionym roku. Tabele, wykresy i mapy przedstawiają stan zdrowotny lasów w Polsce w danym roku w relacji do wybranych czynników środowiska. Popularną formę tego opracowania stanowią coroczne syntezy w języku polskim i angielskim pt. „*Stan zdrowotny lasów w Polsce*”, które prezentują podstawowy opis zakresu badań, metodyki oraz najważniejsze stwierdzenia i wnioski. Opracowania obejmujące omówienia wyników w okresie 10-15 lat mają charakter monografii i koncentrują się na analizach zmian badanych parametrów stanu zdrowotnego lasów w czasie, na tle zmieniających się warunków środowiska. Przykładem takiego opracowania jest monografia pt. „*Monitoring lasów – ocena stanu zdrowotnego lasów w Polsce w latach 1991 – 2005*”, wydana w języku polskim i angielskim przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w serii „Biblioteka Monitoringu Środowiska” w 2007 roku.

Coroczny charakter mają wydawnictwa ICP-Forests pt. „*Forest Condition in Europe. Technical Report*” i „*The Condition of Forest in Europe Executive Report*”, wydawane w ramach Konwencji LRTAP (Long-range Transboundary Air Pollution), gdzie znajdują się informacje o stanie zdrowotnym lasów w Polsce na podstawie danych przekazanych do ICP-Forests. Nieregularnie ukazują się opracowania naukowe poświęcone zrealizowanym

programom badawczym w ramach aktywności ICP-Forests, w których Polska uczestniczyła. Przykładem takiego opracowania jest *“FutMon Scientific Report Further Development and Implementation of EU-Level Forest Monitoring System”* z 2013 r.

Wracając do wydawnictw krajowych należy wspomnieć o okresowych opracowaniach *„Stan środowiska w Polsce”*, wydawanych w „Bibliotece Monitoringu Środowiska”, w których znajduje się podrozdział dotyczący stanu lasów, opracowany, między innymi, na podstawie wyników monitoringu lasów. Wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska publikują podobne raporty, o stanie środowiska danego województwa, w których zamieszczają rozdział o stanie lasów w województwie. W raporcie *„Stan środowiska w województwie lubuskim w latach 2013-2014”* w rozdziale „Ochrona przyrody” zamieszczono podrozdział „Monitoring lasów”, omawiający obszernie stan lasów w województwie lubuskim na podstawie badań monitoringowych. Również Główny Urząd Statystyczny w roczniku dotyczącym leśnictwa zamieszcza informacje o stanie zdrowotnym lasów z wykorzystaniem danych monitoringu lasów. Wyniki monitoringu lasów prezentowane są także w *„Raporcie o stanie lasów”*, wydawanym corocznie przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych. Znaczącym obszarem wykorzystywania wyników monitoringu lasów są prace inżynierskie, magisterskie i prace doktorskie. Prace inżynierskie: Bartosza Nowakowskiego pt. *„Stan zdrowotny głównych gatunków lasotwórczych na obszarze Mazursko-Podlaskiej krainy przyrodniczo-leśnej na podstawie wyników monitoringu lasu”* oraz Pauliny Dąbrowskiej pt. *„Ocena stanu zdrowotnego sosny pospolitej na podstawie wyników programu monitoringu lasu z okresu 2005 – 2014”* są dobrym przykładem użyteczności danych monitoringu lasów. Praca doktorska Anny Kowalskiej pt. *„Rola drzewostanu w przemianach składu chemicznego wód opadowych”*, oparta na wynikach pomiarów na powierzchniach monitoringu intensywnego dowodzi możliwości bardziej zaawansowanych opracowań. Dane monitoringu lasów posłużyły do stworzenia publikacji naukowych przyjętych do druku w renomowanych czasopismach naukowych, takich jak: Kowalska, A., Astel, A., Boczoń, A., Polkowska, Ż., 2016. *Atmospheric deposition in coniferous and deciduous tree stands in Poland. Atmospheric Environment, 133: 145-155*, czy Kowalska, A., Boczoń, A., Hildebrand R., Polkowska, Ż., 2016. *Spatial variability of throughfall in a stand of Scots pine (Pinus sylvestris L.) with deciduous admixture as influenced by canopy cover and stem distance. Journal of Hydrology 538, pp. 231-242.*

Wyniki obserwacji, pomiarów i analiz zbierane w programie monitoringu lasów, a także w innych programach monitoringowych realizowanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska mają olbrzymi potencjał informacyjny. Zaprezentowane powyżej

sposoby wykorzystania danych monitoringu leśnego nie wyczerpują tego potencjału. Przeprowadzanie interdyscyplinarnych zaawansowanych analiz wykorzystujących zgromadzone przez lata zasoby informacji zwiększyłyby istotnie spójność i wielowymiarowość programów funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

PROGRAM MONITORINGU LASÓW W 2015 ROKU – JERZY WAWRZONIAK, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI

W 2015 roku obserwacje i pomiary przeprowadzono na 2018 stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu (SPO I rz.), na 139 stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu (SPO II rz.) oraz na 12 stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI). Są to powierzchnie czynne, spełniające wymagane kryteria metodyczne, aby można było przeprowadzić na nich badania. Pełna liczba powierzchni obejmuje również powierzchnie czynne niedostępne (12 SPO I rz.) oraz powierzchnie oczekujące, nie spełniające w danym roku wymaganych kryteriów metodycznych (292 SPO I rz. i 9 SPO II rz.), są to m. in. powierzchnie, na których usunięto drzewostan, w wyniku prowadzonej gospodarki leśnej lub zdarzeń klęskowych. Na SPO II rzędu przejściowo pozbawionych drzewostanu, wykonuje się badania nie powiązane bezpośrednio z drzewostanem).

1. Monitoring uszkodzeń drzewostanów – przeprowadzony na 2018 SPO I rzędu oraz na 139 SPO II rzędu. Oceniono 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 2018 SPO I rzędu oraz na 139 SPO II rzędu. Na 20 drzewach próbnych oceniono: miejsce uszkodzenia na drzewie, symptomy uszkodzenia, specyfikację symptomów, kategorię czynnika sprawczego, rozmiar uszkodzenia.

3. Monitoring depozytu zanieczyszczeń na otwartej przestrzeni – pomiary przeprowadzono na 12 SPO MI. Próbkę opadów atmosferycznych pobierano w cyklu miesięcznym z 2 chwytników rozmieszczonych na otwartej przestrzeni. Określono pH oraz skład chemiczny opadów: zawartość Ca, K, Mg, Na, NH₄, Cl, NO₃, SO₄, Al, Mn, Fe oraz metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn).

4. Monitoring jakości powietrza atmosferycznego – na otwartej przestrzeni w pobliżu 12 SPO MI przeprowadzono w cyklu miesięcznym pomiary koncentracji SO_2 i NO_2 metodą pasywną (z użyciem próbników dyfuzyjnych typu Amaya).

5. Monitoring opadów podkoronowych i roztworów glebowych – pomiary wykonano na 12 SPO MI. Próbki pobierano w cyklu miesięcznym z 15 chwytników podkoronowych i 20 lizymetrów PRENART (pobór roztworów glebowych) rozmieszczonych po 10 na każdej z dwu głębokości (25 i 50 cm). Określono pH oraz skład chemiczny uzyskanych próbek: zawartość Ca, K, Mg, Na, NH_4 , Cl, NO_3 , SO_4 , Al, Mn, Fe oraz metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn).

6. Monitoring spływu po pniu – na dwóch SPO MI w drzewostanach bukowych pobrano próbki i wykonano analizy chemiczne spływu po pniu. Analizy obejmowały: pH, zawartość Ca, K, Mg, Na, NH_4 , Cl, NO_3 , SO_4 , Al, Mn, Fe i metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn).

7. Monitoring parametrów meteorologicznych – w pobliżu 12 SPO MI automatyczne stacje meteorologiczne rejestrowały w cyklu ciągłym: temperaturę powietrza [$^{\circ}\text{C}$] na wysokości 2 m, 0,5 m oraz przy gruncie (na wysokości 5 cm), temperaturę gleby [$^{\circ}\text{C}$] na głębokości 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm, wilgotność względną powietrza [%] na wysokości 2 m, wilgotność gleby [dm^3/m^3], promieniowanie [W/m^2] (całkowite i UVB), prędkość [m/s] i kierunek wiatru [$^{\circ}$] 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 - 2015 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W zarządzie Parków Narodowych	Pozostałe własności	Własności razem
Bałtycka	294	18	3	7	322
Mazursko-Podlaska	167	42	7	2	218
Wielkopolsko-Pom.	353	48	2	12	415
Mazowiecko-Podl.	141	165	5	4	315
Śląska	151	11	0	7	169
Małopolska	191	142	3	18	354
Sudecka	37	4	1	5	47
Karpacka	91	67	13	7	178
Razem	1425	497	34	62	2018

W 2015 roku przeprowadzono obserwacje na 2018 SPO I rzędu (Rys. 1). Większość powierzchni znajduje się w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych (1425) oraz w lasach będących własnością osób fizycznych (497 pow.) (Tab. 1).

Liczba powierzchni: 1) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawiera się w przedziale od 47 w Krainie Sudeckiej do 415 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 2) w

układzie RDLP – w przedziale od 65 w RDLP Piła do 181 w RDLP Białystok, 3) w układzie województw – w przedziale od 40 w województwie opolskim do 206 w województwie mazowieckim.

Tabela 2. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunków w układzie krain – 2015 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Bałtycka	187	11	0	6	204	23	23	36	28	8	118	322
Mazursko-Podlaska	123	17	0	0	140	1	7	25	33	12	78	218
Wielkopolsko-Pom.	339	2	0	2	343	5	19	22	14	12	72	415
Mazowiecko-Podl.	212	1	0	1	214	0	18	48	29	6	101	315
Śląska	96	3	0	3	102	4	25	17	7	14	67	169
Małopolska	249	3	9	1	262	7	31	24	11	19	92	354
Sudecka	1	22	0	0	23	1	7	5	1	10	24	47
Karpacka	27	29	39	5	100	33	5	3	8	29	78	178
Razem	1234	88	48	18	1388	74	135	180	131	110	630	2018

Liczby powierzchni wg gatunku panującego w drzewostanie wynoszą: powierzchnie z dominacją sosny – 1234, świerka – 88, jodły – 48, innych iglastych – 18, buka – 74, dębu – 135, brzozy – 180, olszy – 131, innych liściastych – 110 (Tab. 2).

W 2015 roku wykonano pomiary i obserwacje na 139 SPO II rzędu. Liczba powierzchni: 1) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawiera się w przedziale od 8 w Krainie Sudeckiej do 27 w Krainie Małopolskiej, 2) w układzie RDLP – w przedziale od 2 w RDLP Zielona Góra do 17 w RDLP Katowice, 3) w układzie województw – w przedziale od 2 w woj. łódzkim do 13 w woj. dolnośląskim. Liczby powierzchni według gatunku panującego w drzewostanie wynoszą: powierzchnie z dominacją sosny – 100, świerka – 14, buka – 11, dębu – 14.

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

Parametrami oceny poziomu uszkodzenia drzew 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

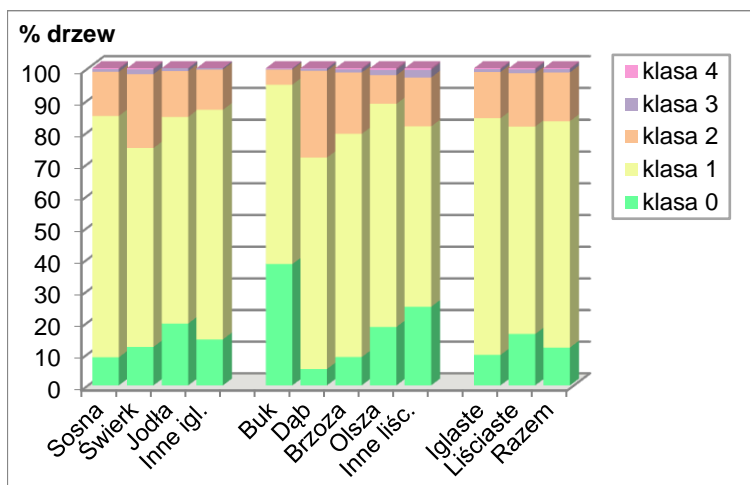
Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem (wiek drzew powyżej 20 lat) wynosiła 21,52%, iglastych razem – 21,59%, a liściastych razem – 21,38%. Udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) gatunków razem wynosił 11,94%, a udział drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji) – 16,67%. Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym udziałem drzew zdrowych (16,20%) oraz wyższym udziałem drzew uszkodzonych (18,35%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 9,60% i 15,75%) – Rys. 2.

W 2015 roku 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 < brzoza, świerk < dąb.

W kolejnych latach pięciolecia 2011-2015 średnia defoliacja gatunków razem wynosiła: 22,41%, 22,77%, 21,55%, 21,91% i 21,52%; udział drzew zdrowych wynosił: 13,96%, 11,28%, 13,73%, 11,55% i 11,94%; udział drzew uszkodzonych: 23,99%, 23,37%, 18,78%, 18,86% i 16,67%. W latach 2012 oraz 2014-2015 zmiany kondycji lasów były niewielkie. W 2013 r. odnotowano poprawę stanu lasów: niewielki wzrost udziału drzew zdrowych (o 2,5 punkty procentowe) oraz wyraźny spadek udziału drzew uszkodzonych (o 4,6 punktów procentowych).

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 innych form własności razem.



Rys. 2. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2015 roku. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.

prywatnych nie wykazywało znaczących różnic, było natomiast wyższe niż w lasach dwu pozostałych kategorii własności. Z kolei uszkodzenie drzew tego gatunku w Lasach Państwowych było nieco niższe niż w lasach ‘innych własności razem’. Udział drzew zdrowych w lasach tych czterech kategorii własności wynosił odpowiednio: 5,95%, 6,28%, 9,59% i 12,86%, drzew uszkodzonych: 19,46%, 20,45%, 13,00% i 18,44%, a średnia defoliacja: 23,81%, 23,33%, 20,92% i 22,24%.

Tabela 3. Średnia defoliacja monitorowanych gatunków według form własności – 2015 r.

Gatunek drzewa	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W zarządzie Parków Narodowych	Pozostałe własności	Własności razem
Sosna	20,92	23,33	23,81	22,24	21,57
Świerk	22,00	26,05	27,57	22,25	23,03
Jodła	20,47	17,12	27,78	18,91	19,97
Inne igłaste	19,72	27,78	26,39	18,69	20,17
Gat. igłaste	20,96	23,24	25,74	21,93	21,59
Buk	15,62	16,00	16,37	15,00	15,69
Dąb	24,19	23,69	15,83	32,14	24,47
Brzoza	22,43	22,29	29,28	23,61	22,53
Olsza	20,21	19,02	23,23	14,22	19,73
Inne liściaste	21,40	20,67	24,26	19,78	21,05
Gat. liściaste	21,43	20,99	21,55	23,16	21,38
Gat. razem	21,12	22,37	23,93	22,45	21,52

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

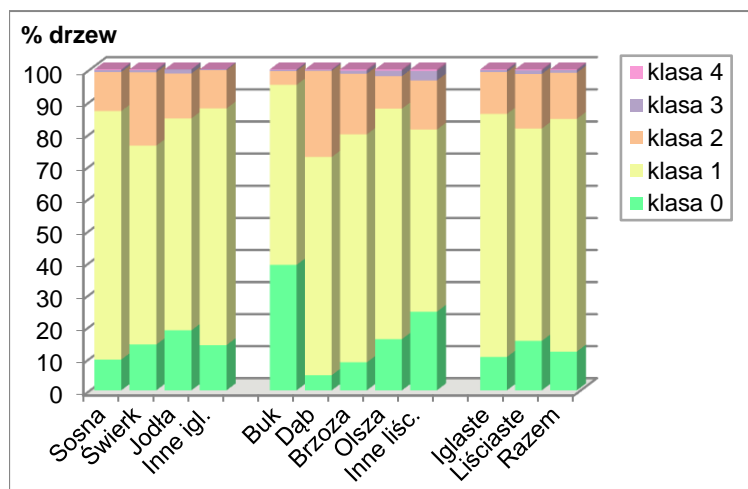
Kategoria ‘inne igłaste’ w lasach prywatnych, dąb i gatunki z kategorii ‘inne igłaste’ i ‘inne liściaste’ w parkach narodowych oraz jodła w lasach ‘innych własności razem’ – ze względu na małą liczebność próby (poniżej 30 drzew) zostały pominięte w analizie.

Uszkodzenie **sosny** w parkach narodowych i w lasach

Największe uszkodzenie **świerka** zarejestrowano w lasach parków narodowych (brak drzew zdrowych, 30,43% drzew uszkodzonych, śr. def. = 27,57%), duże – w lasach prywatnych (8,58% drzew zdrowych, 30,69% drzew uszkodzonych, śr. def. = 26,05%). Niższe uszkodzenia występowały w Lasach Państwowych oraz w lasach ‘innych własności razem’ (odpowiednio: 14,28% i 6,67% drzew zdrowych, 23,72% i 18,33% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja w lasach obydwu form własności wynosiła około 22%).

Najbardziej uszkodzone **jodły** obserwowano w lasach parków narodowych (brak drzew zdrowych,

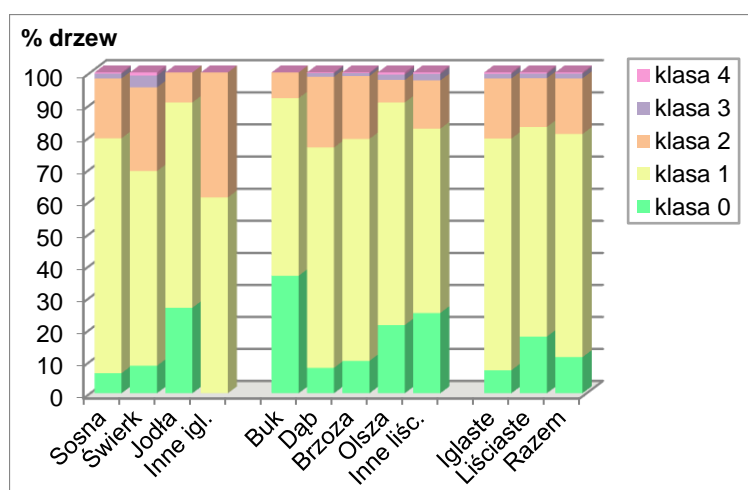
51,11% drzew uszkodzonych, śr. def. = 27,78%). Znacznie mniej uszkodzone były jodły w Lasach Państwowych, najmniej w lasach prywatnych (odpowiednio: 18,71% i 26,69% drzew zdrowych, 15,25% i 9,32% drzew uszkodzonych, 20,47% i 17,12% średniej defoliacji).



Rys. 3. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2015 roku. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.

wykazywało znacznego zróżnicowania w zależności od formy własności lasów. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 15,00% (lasy ‘innych własności razem’) do 16,37% (lasy w Parkach Narodowych).

Najbardziej uszkodzone **dęby** obserwowano w lasach ‘innych własności razem’ (2,60% drzew zdrowych, 57,79% drzew uszkodzonych, śr. def. = 32,14%). Dęby w Lasach Państwowych i w lasach prywatnych były mniej uszkodzone (odpowiednio: 4,72% i 7,93% drzew zdrowych, 27,26% i 23,35% drzew uszkodzonych, 24,19% i 23,69% średniej defoliacji).



Rys. 4. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2015 roku. Wiek powyżej 20 lat. Lasy prywatne.

uszkodzeniem drzew w porównaniu z Lasami Państwowymi i lasami prywatnymi. Udział

Drzewa kategorii ‘**inne iglaste**’ okazały się zdrowsze w lasach ‘innych własności razem’, niż w Lasach Państwowych. Udział drzew zdrowych wynosił odpowiednio: 28,57% i 14,11%, udział drzew uszkodzonych: 9,52% i 12,17%, średnia defoliacja: 18,69% i 19,72%.

Uszkodzenie **buków** nie

Największe uszkodzenie **brzoź** występowało w lasach Parków Narodowych (7,25% drzew zdrowych, 36,23% drzew uszkodzonych, śr. def. = 29,28%). Dużo niższe uszkodzenie zanotowano w lasach pozostałych trzech własności, wśród których lasy ‘innych własności razem’ charakteryzowały się wyższym

drzew zdrowych wynosiło odpowiednio: 1,68%, 8,73% i 10,10%, udział drzew uszkodzonych: 21,85%, 20,22% i 20,68%, średnia defoliacja: 23,61%, 22,43% i 22,29%.

Występowało dość duże zróżnicowanie kondycji **olszy** w lasach różnych form własności. Największe uszkodzenie zanotowano w lasach parków narodowych (19,36% drzew zdrowych, 22,58% drzew uszkodzonych, śr. def. = 23,23%), średnie – w Lasach Państwowych i lasach prywatnych (15,97% i 21,29% drzew zdrowych, 12,23% i 9,31% drzew uszkodzonych, śr. def. = 20,21% i 19,02%). W lasach ‘innych własności razem’ uszkodzenie olszy było najniższe (odpowiednio: 39,66% drzew zdrowych, 1,72% drzew uszkodzonych, śr. def. = 14,22%).

Uszkodzenie drzew kategorii ‘inne liściaste’ nie wykazywało znacznego zróżnicowania w zależności od formy własności lasów. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 19,78% (lasy ‘innych własności razem’) do 21,40% (Lasy Państwowe).

Największe uszkodzenia drzew (gatunki razem) występowały w lasach Parków Narodowych. Zarejestrowano tam 11,77% drzew zdrowych, najwięcej drzew uszkodzonych (23,97%), najwyższa była też średnia defoliacja (23,93%).

Obserwowany wyższy poziom defoliacji drzew w lasach Parków Narodowych związany jest z tym, że w tych lasach nie prowadzi się działalności gospodarczej, polegającej na wykonywaniu trzebieży i cięć sanitarnych, podczas których usuwa się drzewa uszkodzone i o obniżonej zdrowotności.

Najmniej uszkodzone były drzewa w Lasach Państwowych. Było tam 12,08% drzew zdrowych, najmniej drzew uszkodzonych (15,41%), średnia defoliacja była również najniższa (21,12%). W lasach prywatnych i lasach innych własności poziom uszkodzenia drzew był wyższy niż w Lasach Państwowych a niższy niż w lasach Parków Narodowych.

Uszkodzenie monitorowanych gatunków w zależności od wieku

Analizowane parametry oceny poziomu zdrowotności monitorowanych gatunków pogrupowane zostały w trzy kategorie wieku: powyżej 20 lat, do 60 lat i powyżej 60 lat.

Udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) dla wszystkich monitorowanych gatunków razem wyniósł 11,94%, dla wieku do 60 lat – 12,73%, a dla wieku powyżej 60 lat – 11,30%. Udział drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji) razem wyniósł 16,67%, drzew młodszych – 16,06%, a drzew starszych – 17,16%. Średnia defoliacja wszystkich drzew wynosiła 21,52%, młodszych – 21,38%, natomiast starszych – 21,67%.

Zestawienie udziałów drzew zdrowych i uszkodzonych oraz średniej defoliacji w grupach wiekowych wskazuje na niewielkie obniżanie się kondycji drzew w zestawieniu ‘gatunki razem’ wraz ze wzrostem wieku drzew. Powyższa zależność nie została stwierdzona w odniesieniu do gatunków ‘iglastych razem’, natomiast jest silniejsza w przypadku gatunków ‘liściastych razem’. Udział drzew zdrowych, drzew uszkodzonych oraz średnia

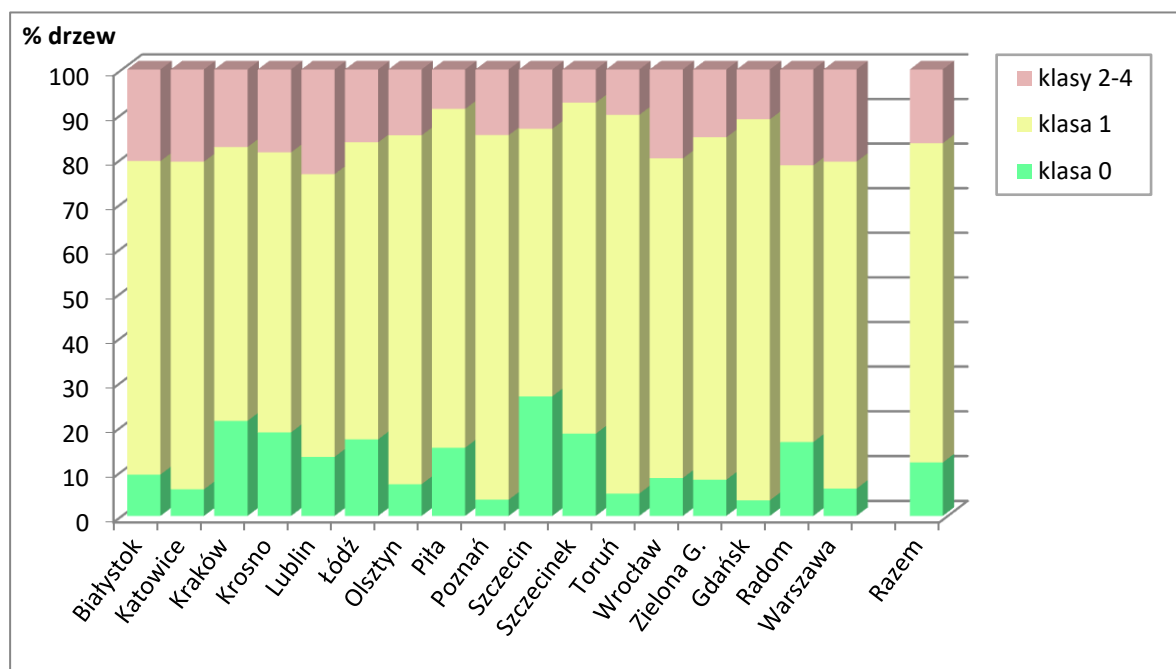
defoliacja wynosił odpowiednio, dla gatunków ‘iglastych razem’: 9,61%, 16,23%, 21,87% u drzew młodszych i 9,60%, 15,37%, 21,37% u drzew starszych oraz dla gatunków ‘liściastych razem’: 18,00%, 15,76%, 20,56% u drzew młodszych i 9,60%, 15,37%, 21,37% u drzew starszych. Obserwowana w 2015 r. słaba zależność kondycji drzew ‘gatunki razem’ i ‘liściaste razem’ od wieku była również opisywana w latach 2006-2010 i 2012-2014. W 2011 r. nie odnotowano takiej zależności.

W rozbiciu na gatunki – spadek kondycji drzew związany z wiekiem (wyrażony wzrostem defoliacji) zaobserwowano: wysoki wśród dębów i gatunków z grupy ‘inne iglaste’, znaczący – wśród brzoź i gatunków z grupy ‘inne liściaste’, niewielki – wśród świerków, jodeł i buków. Nie zanotowano tej zależności u sosny i olszy.

Uszkodzenie drzew w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach RDLP Szczecinek i Szczecin. W RDLP Szczecinek zanotowano średni udział drzew zdrowych (18,36%), najniższy udział drzew uszkodzonych (7,44%) oraz najniższą średnią defoliację (17,89%). W RDLP Szczecin z kolei udział drzew zdrowych był najwyższy w zestawieniu (26,71%), udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja były niskie (odpowiednio: 13,32% i 18,70%).

Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach RDLP Piła: średni udział drzew zdrowych (15,23%), jeden z niższych udziałów drzew uszkodzonych (8,85%) i niska średnia defoliacja (19,12%).



Rys. 5. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP) w 2015 r.

Dobry stan zdrowotny drzew zarejestrowano w lasach RDLP Kraków, Łódź i Krosno: dość wysoki udział drzew zdrowych (od 17,09% do 21,22%), udział drzew uszkodzonych na średnim poziomie (od 16,35% do 18,60%), umiarkowane wartości średniej defoliacji (od 20,51% do 21,89%).

RDLP Toruń, Gdańsk, Olsztyn, Radom i Zielona Góra zaliczone zostały do grupy RDLP o średnim poziomie uszkodzenia drzew. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 20,84% do 22,17%, udział drzew zdrowych i uszkodzonych były zróżnicowany. W RDLP Toruń i Gdańsk zanotowano niewiele drzew zdrowych (5,00% i 3,49%), ale również niski udział drzew uszkodzonych (10,18% i 11,18%). W RDLP Zielona Góra i Olsztyn udział drzew zdrowych był bardzo niski (8,08% i 7,09%), a udział drzew uszkodzonych – dość niski (15,22% i 14,77%). Z kolei w RDLP Radom średni był udział drzew zdrowych (16,51%), oraz wysoki - drzew uszkodzonych (21,51%).

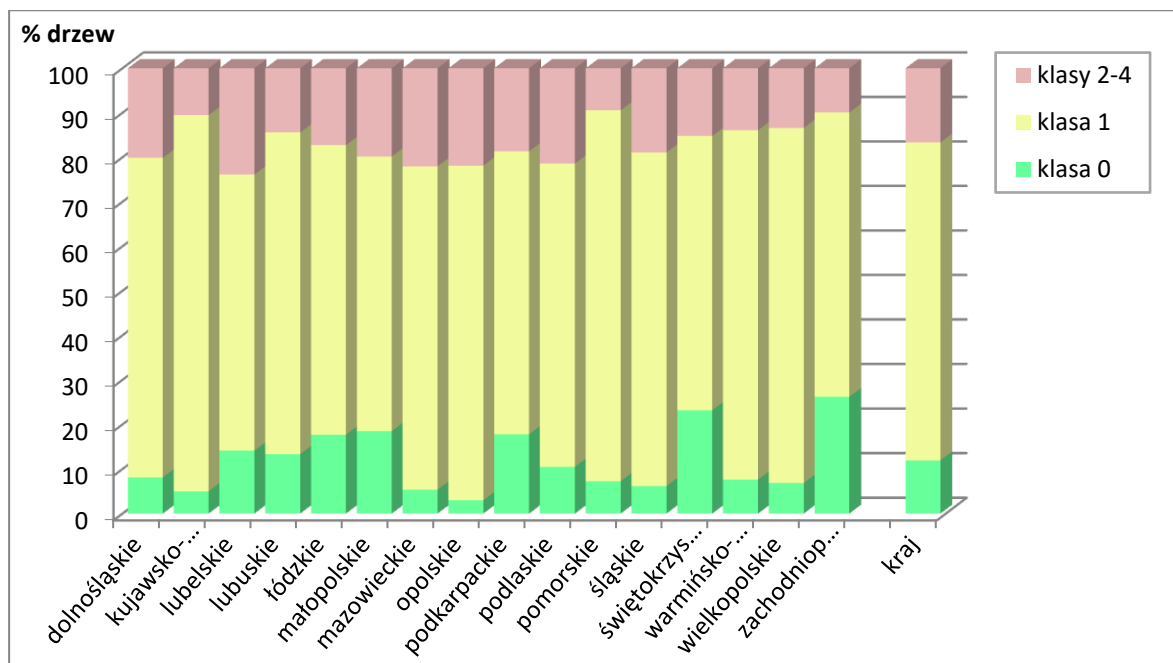
Lasy w RDLP Wrocław, Lublin, Poznań i Białystok charakteryzowały się wysokim poziomem uszkodzenia drzew. Średnia defoliacja zawierała się w wąskim przedziale od 22,53% do 22,81%, natomiast udziały drzew zdrowych i uszkodzonych były dość zróżnicowane. W RDLP Poznań zanotowano bardzo niski udział drzew zdrowych (3,62%) oraz dość niski udział drzew uszkodzonych (14,74%). W RDLP Lublin zarejestrowano dość niski udział drzew zdrowych (13,19%) oraz najwyższy wśród wszystkich RDLP udział drzew uszkodzonych (23,48%). RDLP Białystok i Wrocław charakteryzowały się niskim udziałem drzew zdrowych (9,23% i 8,46%) oraz podwyższonym udziałem drzew uszkodzonych (20,55% i 19,96%)

Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach RDLP Katowice i Warszawa: bardzo niski udział drzew zdrowych (6,00%), wysoki udział drzew uszkodzonych (20,70%) i najwyższa średnia defoliacja – 23,00% (Rys. 5).

Uszkodzenie drzew w układzie województw

Najzdrowsze okazały się drzewa (gatunki razem) w lasach województwa zachodniopomorskiego, występowały tu: najwyższy udział drzew zdrowych (26,19%), niski udział drzew uszkodzonych (9,94%) i najniższa średnia defoliacja (17,84%) – Rys. 6.

Zadowolającą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach województw: świętokrzyskiego, pomorskiego, lubuskiego i łódzkiego – średnia defoliacja nie przekraczała 21,20%, natomiast udziały drzew zdrowych i uszkodzonych były zróżnicowane (wynosiły odpowiednio: od 7,26% do 23,19% i od 9,45% do 17,27%).



Rys. 6. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie województw w 2015 r.

Województwa: kujawsko-pomorskie, małopolskie, podkarpackie, warmińsko-mazurskie i wielkopolskie można zaliczyć do grupy województw o średnim poziomie uszkodzenia drzew – średnia defoliacja nie przekraczała 21,80%, natomiast udziały drzew zdrowych i uszkodzonych były zróżnicowane (wynosiły odpowiednio: od 5,00% do 18,49% i od 10,54% do 19,83%).

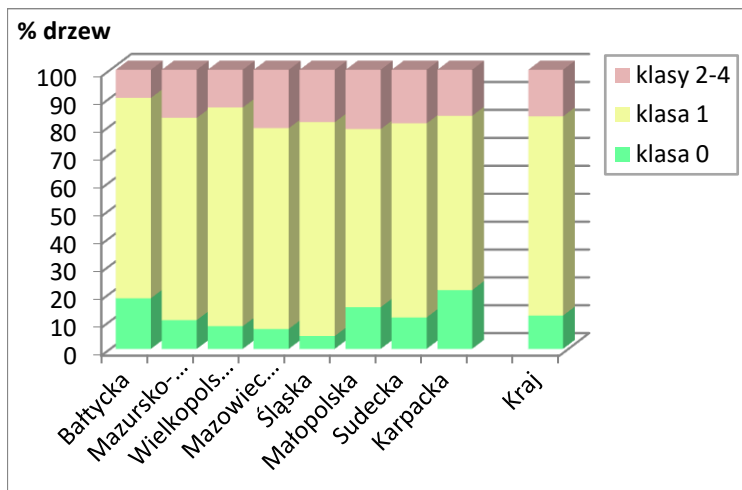
Lasy w województwach śląskim, dolnośląskim, lubelskim i podlaskim charakteryzowały się wysokim poziomem uszkodzenia drzew: średnia defoliacja zawierała się w wąskim przedziale od 22,59% do 22,90%, udziały drzew zdrowych utrzymywały się na niskim poziomie, wynosiły od 6,15% do 14,10%, udziały drzew uszkodzonych były dość wysokie w zestawieniu, wynosiły od 18,92% do 23,87%.

Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach województw mazowieckiego i opolskiego: poniżej 5,50% drzew zdrowych, 22,00% drzew uszkodzonych, 23,50% średniej defoliacji.

Uszkodzenie drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach Krainy Bałtyckiej: zanotowano wysoki w porównaniu z innymi krainami udział drzew zdrowych (18,17%), najniższy udział drzew uszkodzonych (10,05%) i najniższą średnią defoliację (18,84%).

Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w Krainie Karpackiej: najwyższy wśród krain udział drzew zdrowych (21,10%), udział drzew uszkodzonych na średnim poziomie (16,45%) i dość niska średnia defoliacja (20,59%).

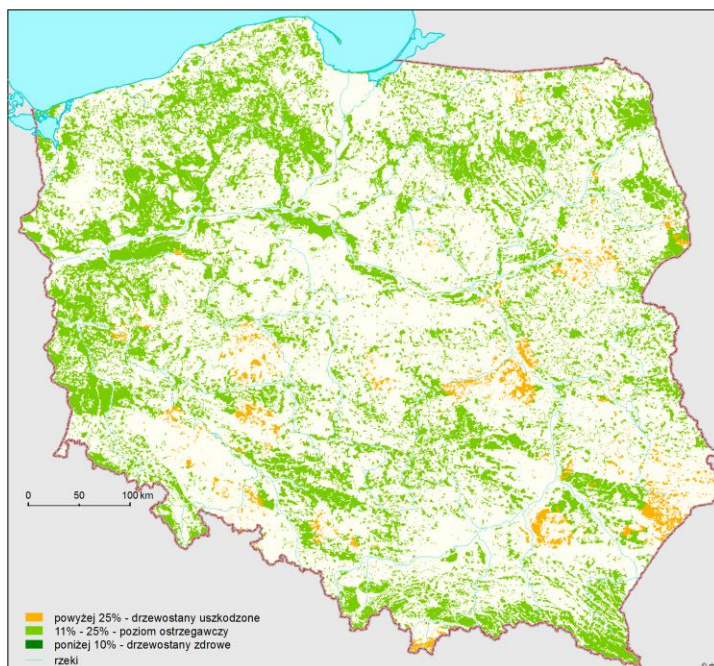


Rys. 7. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2015 r.

Krainy: Wielkopolsko-Pomorska i Mazursko-Podlaska zaliczone zostały do grupy krain o średnim poziomie uszkodzenia drzew. Zanotowano niski udział drzew zdrowych (8,14% i 10,34%), stosunkowo niski udział drzew uszkodzonych (13,46% i 17,18%), średnia defoliacja wynosiła 21,35% i 22,07%.

Krainy: Małopolska i Sudecka wykazywały podwyższony poziom uszkodzenia drzew. Udział drzew zdrowych był dość niski (14,96% i 11,28%), natomiast udział drzew uszkodzonych - wysoki (21,20% i 19,15%), średnia defoliacja wynosiła 22,42% i 21,86%.

Lasy Krainy Śląskiej charakteryzowały się wysokim poziomem uszkodzenia drzew, udział drzew zdrowych był najniższy w zestawieniu (4,61%), udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja były wysokie (18,73% i 22,70%).



Rys. 8. Poziom uszkodzenia lasów w 2015 r. na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji

Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej: niski udział drzew zdrowych (7,14%), wysoki udział drzew uszkodzonych (20,86%) i najwyższa w zestawieniu średnia defoliacja (22,90%).

Porównano kondycję monitorowanych gatunków drzew w lasach poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych. Ze względu na zbyt małą liczbę drzew (do 30 sztuk) poszczególnych gatunków w kilku krainach wyłączone z

analizy: sosnę w Krainie Sudeckiej, świerk – w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, jodłę – w sześciu krainach (oprócz Karpackiej i Małopolskiej), gatunki z kategorii ‘inne iglaste’ oraz

buki – w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej i Mazursko-Podlaskiej, olsze – w Krainie Sudeckiej.

Najzdrowsze sosny, gatunki z kategorii „inne iglaste”, dęby oraz brzozy występowały w Krainie Bałtyckiej, najzdrowsze świerki i olsze – w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, jodły i gatunki z kategorii „inne liściaste” – w Krainie Karpackiej, buki – w Krainie Sudeckiej.

Wysoki poziom uszkodzenia brzoź zanotowano w Krainach: Małopolskiej i Śląskiej, dębów – w Krainach: Sudeckiej i Śląskiej, gatunków z kategorii „inne liściaste” – w Krainie Sudeckiej.

Najbardziej uszkodzone sosny występowały w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, świerki i jodły – w Krainie Małopolskiej, gatunki z kategorii „inne iglaste”, dęby i olsze – w Krainie Karpackiej, buki i gatunki z kategorii „inne liściaste” – w Krainie Śląskiej, brzozy – w Krainie Mazursko-Podlaskiej.

Uszkodzenie drzew w układzie Parków Narodowych

Ogółem w Parkach Narodowych poddano obserwacjom 680 drzew (na 34 powierzchniach), w tym 185 sosen (w 9 parkach), 138 świerków (w 7 parkach), 45 jodeł (w 5 parkach), 18 drzew z kategorii ‘inne iglaste’ (w 2 parkach), 124 buki (w 6 parkach), 12 dębów (w 1 parku), 69 brzoź (w 4 parkach), 62 olsze (w 4 parkach), 27 drzew z kategorii ‘inne liściaste’ (w 3 parkach).

Udział drzew zdrowych wśród wszystkich poddanych obserwacjom drzew wynosił 11,76%, udział drzew uszkodzonych – 23,97%, średnia defoliacja – 23,93%. Gatunki ‘iglaste razem’ charakteryzowały się wyższym uszkodzeniem niż gatunki ‘liściaste razem’. Wśród ‘iglastych razem’ udział drzew zdrowych wynosił 3,11%, udział drzew uszkodzonych – 26,94%, a średnia defoliacja – 25,74%. Wśród ‘liściastych razem’ wartości porównywanych parametrów wynosiły odpowiednio: 23,13%, 20,07% i 21,55%.

Porównano uszkodzenie poszczególnych gatunków ogółem w parkach. Dąb, gatunki z kategorii ‘inne iglaste’ i ‘inne liściaste’ ze względu na małą liczebność próby (poniżej 30 drzew we wszystkich parkach razem) zostały pominięte w analizie. Najlepszą kondycją charakteryzował się buk, dobrą – olsza. Uszkodzenie sosny było silniejsze niż buka i olszy, ale mniejsze niż pozostałych gatunków (świerka, brzozy i jodły).

RDLP uszeregowane grupami według kondycji drzew w lasach od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: Szczecin, Szczecinek < Piła < Kraków, Łódź, Krosno < Toruń, Gdańsk, Olsztyn, Radom, Zielona Góra < Białystok, Lublin, Poznań, Wrocław < Katowice, Warszawa.

Województwa uszeregowane grupami według kondycji drzew w lasach od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: zachodniopomorskie < świętokrzyskie, pomorskie < lubuskie, łódzkie < kujawsko-pomorskie, małopolskie, podkarpackie < warmińsko-mazurskie, wielkopolskie < śląskie, dolnośląskie, lubelskie, podlaskie < mazowieckie < opolskie.

Krainy przyrodniczo-leśne uszeregowane grupami według kondycji drzew w lasach od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: Bałtycka < Karpacka < Wielkopolsko-Pomorska, Mazursko-Podlaska < Małopolska, Sudecka < Mazowiecko-Podlaska < Śląska.

Uszeregowano parki narodowe grupami, według stanu koron drzew w lasach, od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: Bieszczadzki, Świętokrzyski < Drawieński, Białowiecki < Ojcowski, Woliński < Gór Stołowych, Magurski, Kampinoski, Wigierski < Biebrzański, Roztoczański, Wielkopolski, Gorczański < Babiogórski, Tatrzański < Poleski.

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

W 2015 roku łącznie stwierdzono 39609 uszkodzeń drzew, które występowały na 28033 drzewach, (65,0% ocenianych drzew, o 2,5% więcej niż w 2014 r.). Na 18538 drzewach stwierdzono występowanie jednego uszkodzenia, na 7414 drzewach – dwóch uszkodzeń, a na 2081 drzewach – trzech. W 2015 r., w porównaniu do 2014 r., liczba drzew z 1 uszkodzeniem wzrosła o około 4%, z 2 uszkodzeniami - o ponad 4,6%, a z 3 uszkodzeniami – poniżej 1,5%. Nieuszkodzonych było łącznie 15104 drzew (35,0% ocenianych drzew). Wśród gatunków iglastych najczęściej drzew bez uszkodzeń cechowało sosnę (44,7% drzew bez uszkodzeń), zaś spośród gatunków liściastych – buka (33,5%). Najniższy udział drzew bez uszkodzeń zanotowano wśród olszy i dębów (odpowiednio; 13,7% i 13,9% drzew).

Średnia liczby uszkodzeń przypadających na 1 drzewo (gatunki razem) wynosiła 0,91 i była większa niż w 2014 r. (Tab. 4). Na drzewach gatunków iglastych było przeciętnie poniżej 1 uszkodzenia, a na drzewach gatunków liściastych – powyżej 1 uszkodzenia. Najwięcej uszkodzeń na 1 drzewie występowało na domieszkowych gatunkach liściastych i dębach (ok. 1,30 uszk./drzewo), najmniej – na domieszkowych gatunkach iglastych i sosnach (odpowiednio: 0,62 i 0,71 uszk./drzewo). Wraz z wiekiem u sosny, brzozy, olszy i innych gatunków liściastych następował wzrost liczby uszkodzeń na drzewie, natomiast u świerka odnotowano nieznaczny spadek tej wartości. W przypadku sosny, brzozy, domieszkowych gatunków liściastych oraz prawdopodobnie buka w okresie 2011-2015 następował potwierdzony statystycznie (test Mann-Kendall'a) wzrost nasilenia występowania uszkodzeń. W przypadku pozostałych gatunków i grup gatunków drzew stwierdzono albo stabilizację nasilenia występowania uszkodzeń, albo brak trendu, tzn., w kolejnych latach występował naprzemiennie wzrost i spadek nasilenia występowania uszkodzeń na drzewach.

Tabela 4. Wskaźnik występowania uszkodzeń na drzewach badanych gatunków w klasach wieku (2015 r.) oraz trend zmian wskaźnika występowania uszkodzeń na jednym drzewie w latach 2011-2015 określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Gatunki	Liczba uszkodzeń na 1 drzewie w przedziale wieku (lata)				Średnia liczba uszkodzeń na drzewie w roku					Trend
	21-40	41-60	61-80	>80	2015	2014	2013	2012	2011	
Sosna	0,56	0,66	0,70	0,83	0,71	0,67	0,62	0,57	0,55	W
Świerk	1,05	1,01	1,00	0,95	0,99	1,01	0,95	0,87	1,08	S
Jodła	0,64	1,03	0,69	1,20	0,97	0,95	0,98	0,86	0,65	N
Inne igl.	0,26	0,78	0,67	0,64	0,62	0,56	0,57	0,64	0,73	S
Dąb	1,24	1,21	1,22	1,44	1,30	1,47	1,31	1,10	1,23	N
Buk	0,70	1,08	1,00	1,07	1,01	1,04	0,92	0,80	0,80	Pr W
Brzoza	0,95	1,13	1,25	1,53	1,15	1,13	0,94	0,81	0,78	W
Olsza	1,17	1,18	1,29	1,38	1,26	1,17	1,00	1,04	1,22	N
Inne liściaste	1,22	1,30	1,39	1,32	1,32	1,22	1,07	0,96	0,88	W
Razem	0,80	0,86	0,92	1,00	0,91	0,87	0,78	0,72	0,72	W

W - wzrost, S - stabilizacja, N - brak trendu, Pr W - prawdopodobnie wzrost

Zróznicowanie pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem średniej liczby uszkodzeń przypadającej na jedno drzewo było w 2015 r. umiarkowane. Zawierało się w przedziale od 0,67 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej do 1,19 w Krainie Sudeckiej. W przypadku świerka oraz sosny zróznicowanie to było mniejsze, natomiast dla domieszkowych gatunków iglastych i monitorowanych gatunków liściastych – większe, największe – w przypadku buka i brzozy (różnica pomiędzy krainami > 1 uszk./drzewo). Najwyższym nasileniem występowania uszkodzeń na drzewach gatunków iglastych cechowały się Krainy Małopolska i Mazowiecko-Podlaska, a na drzewach gatunków liściastych – Kraina Sudecka. W Sudetach odnotowano najwyższe wartości średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie: dla brzozy (1,94) i dębu (1,69), natomiast najniższe nasilenie występowania uszkodzeń sosny (0,38 uszkodzenia/drzewo). W porównaniu do roku poprzedniego, w 2015 odnotowano wzrost średniej liczby uszkodzeń przypadających na 1 drzewo w 4 krainach oraz spadek – w 4. Jedynie w Krainie Mazursko-Podlaskiej wzrost nasilenia występowania uszkodzeń przekraczał 0,2 uszkodzenia/drzewo, w pozostałych krainach odnotowane zmiany nasilenia występowania uszkodzeń były nieznaczne (Tab. 6).

Pomiędzy regionalnymi dyrekcjami LP zróznicowanie średniej liczby uszkodzeń przypadającej na jedno drzewo było większe niż pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi – od 0,49 (RDPL Piła) do 1,48 (RDLP Krosno). Mniejsza niż przeciętna dla całej Polski liczba uszkodzeń na 1 drzewie (0,91 uszkodzenia/drzewo) wystąpiła w 10 rdLP (Kraków Lublin,

Tabela 5. Najczęściej występujące lokalizacje, symptomy i czynniki sprawcze uszkodzeń na drzewach badanych gatunków - 2015 r.

Gatunki	Liczba uszkodzeń	Najczęściej występująca lokalizacja			Najczęściej występujący symptom			Najczęściej występujący czynnik sprawczy			
		Miejsce	Liczba	Udział	Nazwa	Liczba	Udział	Nazwa	Liczba	Udział 2015	Udział 2014
Sosna	16049	Pień pomiędzy szyją korz, a koroną	5606	34,9%	Deformacje	5227	32,5%	Badane niezidentyfikowane	6281	39,1%	41,7%
Świerk	1935	Pień pomiędzy szyją korz, a koroną	829	42,8%	Ubytek igieł	514	26,5%	Badane niezidentyfikowane.	633	32,7%	36,8%
Jodła	973	Pień pomiędzy szyją korz, a koroną	339	34,8%	Deformacje	280	28,7%	Badane niezidentyfikowane.	294	30,2%	31,4%
Inne iglaste	303	Pień pomiędzy szyją korz, a koroną	116	38,2%	Rany	51	16,8%	Badane niezidentyfikowane.	127	41,8%	45,9%
Dąb	4072	Liście	2431	59,7%	Ubytek liści	2042	50,1%	Owady	1805	44,3%	41,7%
Buk	1687	Pień pomiędzy szyją korz, a koroną	621	36,8%	Ubytek liści	508	30,1%	Owady	544	32,2%	28,9%
Brzoza	4921	Liście	2761	56,1%	Ubytek liści	2554	51,9%	Owady	2137	43,4%	44,6%
Olsza	3254	Liście	2097	64,4%	Ubytek liści	2118	65,0%	Owady	1851	56,9%	55,6%
Inne liściaste	3530	Liście	1746	49,5%	Ubytek liści	1448	41,0%	Owady	1337	37,9%	36,4%
Łącznie	36724	Pień pomiędzy szyją korz, a koroną	10859	29,6%	Ubytek igieł/liści	12585	34,3%	Badane niezidentyfikowane.	11753	32,0%	34,5%

Olsztyn, Piła, Poznań, Szczecin, Szczecinek, Toruń, Zielona Góra i Gdańsk), w pozostałych rdLP oraz w parkach narodowych była wyższa. W 5 rdLP (Białystok, Krosno, Łódź, Wrocław i Warszawa) oraz w parkach narodowych wskaźnik przekraczał wartość 1. W 9 rdLP w 2015 r. w porównaniu do 2014 r. odnotowano wzrost średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie, zaś jedynie w 7 rdLP – spadek (Tab. 6). Największą średnią liczbą uszkodzeń na jednym drzewie cechowały się sosny w RDLP Białystok i Łódź (odpowiednio 1,01 i 0,99 uszkodzenia/drzewo), świerki w RDLP Krosno (1,39 uszkodzenia/drzewo) oraz jodły w RDLP Krosno i parkach narodowych (odpowiednio 1,71 i 1,53 uszkodzenia/drzewo). W przypadku dębu we wszystkich rdLP średnia liczba uszkodzeń na 1 drzewie była wysoka,

Tabela 6. Liczba uszkodzeń przypadająca na 1 drzewo danego gatunku w krainach przyrodniczo-leśnych i RDLP – 2015 rok

Kraina przyrodniczo-leśna RDLP	Średnio KP-L RDLP		Gatunki iglaste				Gatunki liściaste				
	2015	2014	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Dąb	Buk	Brzoza	Olsza	Inne liściaste
Bałtycka	0,804	0,861	0,541	0,862	0,000	0,626	1,302	0,723	1,144	1,389	1,197
Mazursko-Podlaska	0,962	0,722	0,800	1,058	0,000	0,083	1,437	0,367	1,187	1,148	1,063
Wielkopolsko-Pomorska	0,671	0,688	0,602	0,842	0,000	0,491	1,053	0,349	0,809	1,059	0,978
Mazowiecko-Podlaska	0,967	0,895	0,874	1,036	0,000	1,346	1,183	0,333	1,012	1,153	1,270
Śląska	0,912	0,957	0,504	0,872	0,000	0,377	1,443	1,011	1,479	1,232	1,642
Małopolska	1,020	1,008	0,875	1,100	0,989	1,167	1,360	0,786	1,325	1,623	1,287
Sudecka	1,193	1,220	0,375	0,988	0,538	0,178	1,691	0,841	1,944	1,737	1,445
Karpacka	1,170	1,140	0,689	1,041	0,975	0,792	1,340	1,403	1,392	1,763	1,477
Białystok	1,122	0,933	1,014	1,145	0,000	1,000	1,548	0,000	1,261	1,230	1,249
Katowice	0,941	0,977	0,654	1,081	0,541	0,333	1,410	0,801	1,570	1,473	1,426
Kraków	0,895	0,832	0,686	0,863	0,483	1,061	1,449	0,871	1,093	1,603	1,119
Krosno	1,479	1,518	0,832	1,387	1,710	0,674	2,324	1,881	1,565	1,780	1,947
Lublin	0,771	0,829	0,788	1,000	0,886	1,667	0,888	0,535	0,578	0,520	0,824
Łódź	1,127	1,111	0,990	1,077	1,250	0,614	2,058	1,389	1,547	1,607	1,702
Olsztyn	0,895	0,686	0,656	0,861	0,000	0,148	1,389	0,890	1,132	1,236	1,202
Piła	0,492	0,497	0,416	0,706	0,000	0,067	0,970	0,000	0,899	1,364	0,625
Poznań	0,624	0,705	0,530	0,167	0,000	0,769	0,774	0,250	0,908	0,816	0,918
Szczecin	0,736	0,722	0,485	0,887	0,000	0,652	1,262	1,053	1,301	1,339	1,018
Szczecinek	0,622	0,618	0,449	0,816	0,000	0,516	0,918	0,444	1,040	1,255	0,978
Toruń	0,662	0,660	0,556	1,000	0,000	0,308	1,318	0,632	0,547	1,508	1,382
Wrocław	1,026	1,054	0,526	0,981	0,538	0,272	1,553	0,672	1,495	1,129	1,429
Zielona Góra	0,880	0,910	0,771	0,875	0,000	1,000	1,418	0,133	1,343	1,271	1,130
Gdańsk	0,908	1,083	0,774	1,070	0,000	0,718	1,431	0,713	1,111	2,074	1,433
Radom	0,998	0,930	0,831	1,265	1,042	4,000	1,228	0,733	1,128	1,705	1,540
Warszawa	1,042	0,974	0,904	0,000	0,000	2,636	1,471	0,000	1,151	1,313	1,171
Parki Narodowe	1,189	1,114	0,935	0,993	1,533	0,944	1,083	1,621	1,268	1,000	1,815

w 13 rdLP i w parkach narodowych przekraczała wartość 1, w tym w 2 rdLP (Krosno i Łódź) – przekraczała wartość 2. Wśród buków najwięcej uszkodzeń występujących na 1 drzewie

stwierdzono w RDLP Krosno (1,88) oraz w parkach narodowych (1,62 uszkodzenia/drzewo). W przypadku brzozy najwięcej uszkodzeń na 1 drzewie zarejestrowano w RDLP Katowice, Krosno i Łódź – powyżej 1,5 uszkodzenia/drzewo, zaś w przypadku olszy – w 6 RDLP odnotowano wartości wskaźnika przekraczające 1,5 (Kraków, Krosno, Łódź, Toruń, Gdańsk i Radom) w tym w RDLP Gdańsk – ponad 2 uszkodzenia/drzewo (Tab. 6).

Na charakter występujących zagrożeń wskazuje zestawienie najczęściej stwierdzanych symptomów i lokalizacji uszkodzeń zarejestrowanych dla danego drzewa oraz związanych z nimi czynników sprawczych (Tab. 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’ (34,3% wszystkich uszkodzeń, od 26,5% u świerka do 65% u olszy). Jedynie w przypadku sosny i jodły najczęściej występowały ‘deformacje’ (odpowiednio; 32,5% i 28,7%).

W dalszym ciągu wysoki jest odsetek drzew, dla których pomimo wykonanej oceny nie udało się określić czynnika sprawczego (32,0%), jednak z roku na rok jest on coraz mniejszy, w kolejnych latach pięciolecia wynosił: w 2011 r. – 38,4%, w 2012 r. – 36,8%, w 2013 r. – 35,7% i w 2014 r. – 34,5%. Było to najczęściej występujące wskazanie w przypadku gatunków iglastych (od 41,8% uszkodzeń u domieszkowych gatunków iglastych do 30,2% uszkodzeń u jodły). W przypadku gatunków liściastych najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym były ‘owady’ (od 56,9% uszkodzeń u olszy do 32,2% uszkodzeń u buków) – Tab. 5. Wśród owadów największym udziałem charakteryzowały się foliofagi (79,35%), które dominowały wśród uszkodzeń wywołanych przez tę kategorię sprawców u wszystkich gatunków liściastych. W przypadku sosny i świerka przeważały kambiofagi (tzw. szkodniki wtórne), zaś jodły – owady ssące.

W 2015 r. zarejestrowano 65,0% drzew z uszkodzeniami. Najsilniej uszkodzonym gatunkiem był dąb, najmniej uszkodzone - domieszkowe gatunki iglaste.

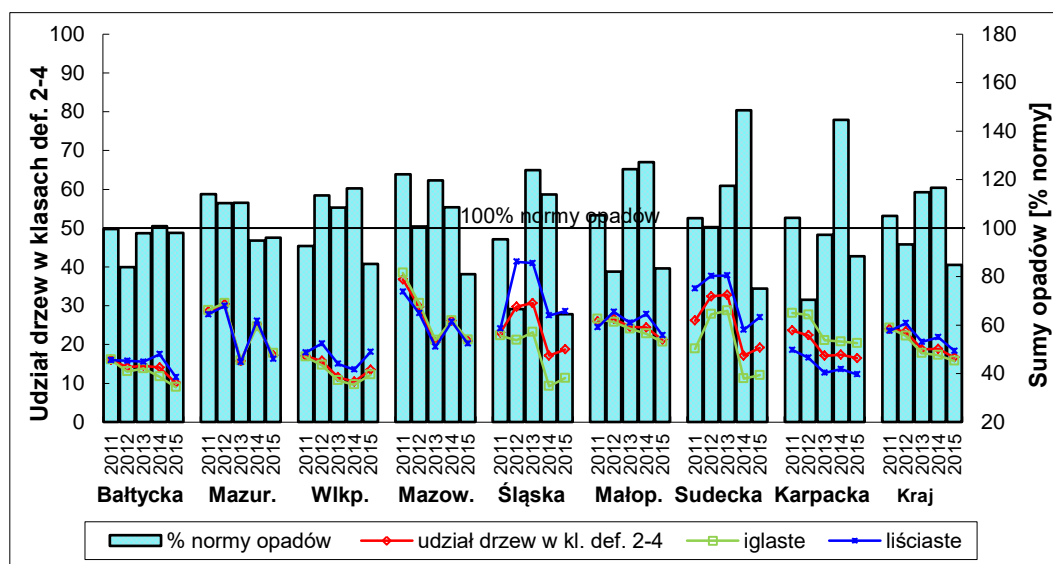
Najczęściej identyfikowanym symptomem uszkodzeń był ‘ubytek igieł/liści’ (34,3% wszystkich uszkodzeń, od 26,5% u świerka do 65% u olszy). Jedynie w przypadku sosny i jodły najczęściej występowały ‘deformacje’ (odpowiednio; 32,5% i 28,7%).

Najczęściej uszkodzonym organem drzew iglastych oraz buka był pień pomiędzy szyją korzeniową i podstawą korony, a gatunków liściastych, poza bukiem – liście. Najczęściej identyfikowanym symptomem uszkodzeń był ‘ubytek igieł/liści’ (34,3% wszystkich uszkodzeń). Wśród zidentyfikowanych czynników sprawczych najczęściej wskazywano na „konkurencję i inne czynniki” (25,2%) oraz „owady” (23,1%).

3. WPŁYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA ZDROWOTNOŚĆ DRZEWOSTANÓW – JADWIGA MAŁACHOWSKA

W 2015 r. średnia suma opadów w kraju w okresie od 1 marca do 31 lipca, wyliczona na podstawie wyników z 22 stacji synoptycznych IMGW wynosiła 239 mm, co stanowi 85% wieloletniej normy (w 2014 r. wartości te wynosiły odpowiednio: 339 mm i 117% normy) (Biuletyny IMGW z lat 2011-2015). W układzie krain przyrodniczo-leśnych i RDLP: wielkość opadów (wyrażona w procentach normy) pozostawała na poziomie sprzed roku ($\pm 4\%$) w Krainie Bałtyckiej i Mazursko-Podlaskiej, oraz w RDLP Białystok i Olsztyn. Nieco więcej opadów zanotowano jedynie w RDLP Szczecinek. W pozostałych krainach i RDLP wielkość opadów była znacznie niższa niż rok wcześniej.

W pięcioleciu 2011-2015 analizowany okres marzec-lipiec był najmniej obfity w opady w 2015 r. (średnio w kraju: 85% normy opadów = 239 mm), dość sucho było również w 2012 r. (93% normy opadów = 288 mm), natomiast najbardziej mokro, jednak nie nadmiernie, było w latach 2013-2014 (115% i 117% normy opadów = 336 mm i 339 mm). W większości krain i RDLP obfitość opadów w całym pięcioleciu była zadowalająca. Lokalnie pojawiały się większe niedobory opadów (do 75% normy): w 2012 r. w Krainach Śląskiej i Karpackiej oraz w RDLP Katowice; w 2015 r. – w Krainach Śląskiej i Sudeckiej oraz w RDLP Wrocław, Łódź i Katowice.



Rys. 9. Uszkodzenie drzew (gatunki razem, iglaste i liściaste) oraz suma opadów [% normy] od 1 marca do 31 lipca w latach 2011-2015 w krainach przyrodniczo-leśnych (Biuletyny IMGW z lat 2010-2014)

Porównano wielkości opadów deszczu oraz średnie wartości temperatur w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego (od marca do września) 2015 r. w krainach przyrodniczo-leśnych.

W 2015 r. pojawiał się w poszczególnych krainach okresowy niedobór lub nadmiar wody deszczowej. Duży niedobór opadów (spadło do 50% wieloletniej normy) wystąpił w kwietniu w Krainie Śląskiej, w maju – w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, w czerwcu – w Krainach: Mazursko-Podlaskiej, Mazowiecko-Podlaskiej i Małopolskiej, w lipcu – w Krainach: Sudeckiej i Karpackiej. W sierpniu – deficyt opadów deszczu wystąpił we wszystkich krainach, we wrześniu – w Krainach: Śląskiej i Sudeckiej. Obfite opady, od 121% do 164% normy, spadły w marcu, maju i wrześniu – w Krainie Mazursko-Podlaskiej, we wrześniu – w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, w marcu i maju – w Krainie Małopolskiej oraz w marcu i we wrześniu w Krainie Karpackiej.

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 spowodowałaby pogorszenie stanu koron drzew. Obserwowany w 2015 r. niewielki wzrost uszkodzenia drzew odnotowany w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej, Śląskiej i Sudeckiej znajduje swoje wytłumaczenie w przedłużającym się niedoborze opadów atmosferycznych w tych krainach (trwającym od 2 do 4 miesięcy).

Temperatura powietrza poszczególnych miesięcy była zróżnicowana w zależności od regionu. Relatywnie wysokie temperatury powietrza w ciągu całego omawianego okresu notowano w Krainie Śląskiej. Od czerwca do września wyższe, niż w innych regionach, temperatury utrzymywały się w Krainie Małopolskiej, w marcu i sierpniu – w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, w marcu – w Krainie Bałtyckiej. W czerwcu i sierpniu szczególnie gorąco było w Krainie Mazowieckiej. Relatywnie chłodniej było w Krainie Bałtyckiej – w maju i czerwcu, w Krainie Mazursko-Podlaskiej – w kwietniu, maju i lipcu, w Krainie Sudeckiej – w kwietniu, maju, czerwcu i we wrześniu oraz w Krainie Karpackiej – w marcu, czerwcu, lipcu i we wrześniu.

Warunki pogodowe w pięcioleciu 2011-2015 miały wpływ na kondycję drzew leśnych. W 2012 r. nieco niższy poziom opadów, w porównaniu z 2011 r., nie spowodował pogorszenia się kondycji drzew, z wyjątkiem Krainy Śląskiej (uszkodzenie drzew wzrosło). 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. W 2015 roku w trzech krainach (Wielkopolsko-Pomorskiej, Śląskiej i Sudeckiej) przedłużający się niedobór opadów atmosferycznych trwający od 2 do 4 miesięcy w okresie od kwietnia do lipca, spowodował niewielki wzrost uszkodzenia drzew. Krytyczny niedobór wody deszczowej zanotowany we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych pojawił się

dopiero w sierpniu, co nie miało wpływu na omawiany w tym opracowaniu poziom defoliacji koron drzew, gdyż na większości powierzchni obserwacje zakończono z końcem lipca.

Średnia suma opadów deszczu w okresie od 1 marca do 31 lipca 2015 r. w kraju wynosiła 239 mm, co stanowi 85% wieloletniej normy.

W większości krain okresy niedoboru opadów przeplatały się z okresami, kiedy opady były zadowalające lub obfite. Obserwowany niewielki wzrost uszkodzenia drzew w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej, Śląskiej i Sudeckiej znajduje swoje wytłumaczenie w przedłużającym się niedoborze opadów w tych krainach (trwającym od 2 do 4 miesięcy).

W pięcioleciu 2011-2015 okres marzec-lipiec był najmniej obfity w opady w 2015 r. (średnio w kraju: 85% normy opadów = 239 mm), dość sucho było również w 2012 r. (93% normy opadów = 288 mm), natomiast najbardziej mokro, jednak nie nadmiernie, było w latach 2013-2014 (115% i 117% normy opadów = 336 mm i 339 mm).

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

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

* „Dyrektywa o Ptakach” 79/409/EEC z 02.04.1979 o ochronie dziko żyjących ptaków (Directive on the Conservation of Wild Birds), wersja skonsolidowana z 30.11.2009.

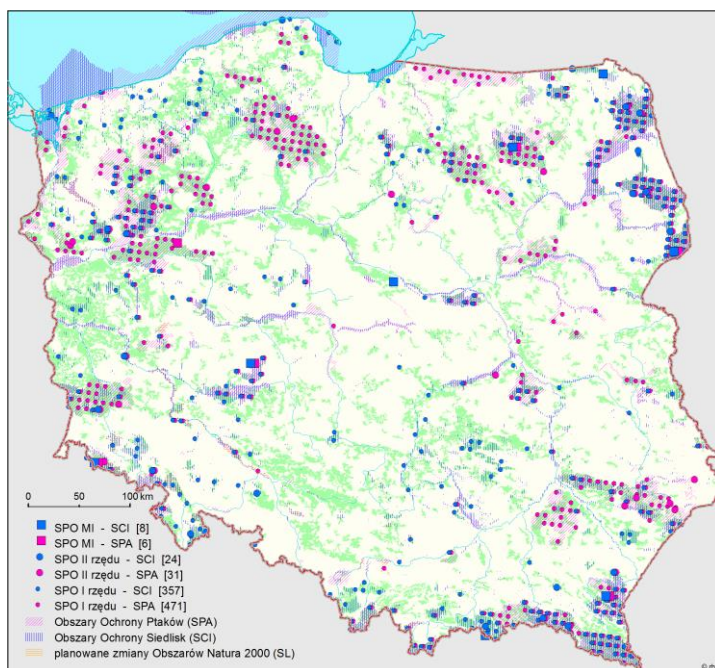
* „Dyrektywa o Siedliskach (Habitatowa)” z 92/43/EEC z 21.05.1992 w sprawie ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory (Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora), wersja skonsolidowana z 01.01.2007.

Na obszarach zakwalifikowanych do sieci Natura 2000 wyróżnia się:

– SPECIAL PROTECTION AREAS (SPAs) – Birds Directive – obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO),

– SITES OF COMMUNITY IMPORTANCE (SCIs) – Habitats Directive – specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO),

Na gruncie prawa krajowego podstawą funkcjonowania Sieci Natura 2000 w Polsce jest ustawa „O ochronie przyrody” z dnia 16 kwietnia 2004 r. oraz towarzyszące jej szereg rozporządzeń (z 13.04.2010, z 12.01.2011, z 17.02.2010 i z 30.03.2010 r.) ustanawiające obszary specjalnej ochrony ptaków Natura 2000.



Rys. 10. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu oraz powierzchni Monitoringu Intensywnego na obszarach Natura 2000 (stan na koniec 2015 r.)

Liczba obszarów sieci Natura 2000 w Polsce nie zmieniła się od poprzedniego roku i wynosi 987 (Natura 2000, Numer 39, 2016). Na koniec 2015 r. ich łączna powierzchnia wynosiła 68 400,72 km², co stanowi 19,56% powierzchni kraju. Obecnie nie planuje się zwiększenia liczby obszarów Natura 2000, zaproponowano natomiast modyfikacje przebiegu granic w 60 istniejących już obszarach. Planowane zmiany dotyczą 55 obszarów specjalnej ochrony

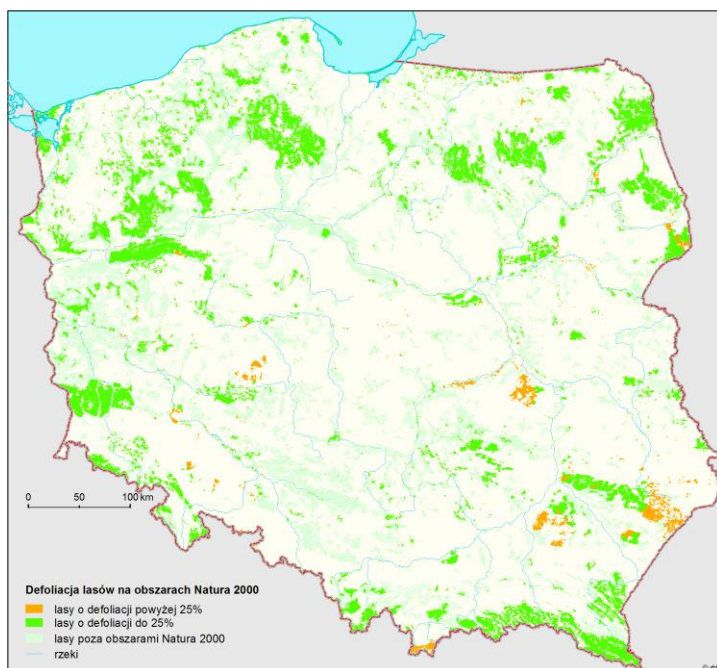
siedlisk oraz 4 obszarów specjalnej ochrony ptaków.

Na obszarach Sieci Natura 2000 znalazło się 659 czynnych (na których wykonywane były obserwacje i pomiary) powierzchni obserwacyjnych monitoringu leśnego. Stanowi to ponad 30% wszystkich czynnych powierzchni SPO.

Na koniec 2015 roku lądowe obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) zajmują 48394 km². Znalazło się na nich 6 czynnych powierzchni SPO Monitoringu Intensywnego, 31 czynnych powierzchni SPO II rzędu oraz 471 czynnych powierzchni I rzędu.

Lądowe specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO) zajmują 34187 km². Znalazło się na nich 8 czynnych powierzchni SPO Monitoringu Intensywnego, 24 czynne powierzchnie II rzędu i 357 czynnych powierzchni SPO I rzędu.

Należy zwrócić uwagę, że ogólna liczba powierzchni na obszarach Natura 2000 nie jest sumą powierzchni SPO znajdujących się w poszczególnych typach ochrony, możliwa jest sytuacja, w której jedna powierzchnia monitoringowa SPO znajduje się na dwóch zachodzących na siebie obszarach Natura 2000 (OSO i SOO).



Rys. 11. Poziom uszkodzenia lasów na obszarach Natura 2000 na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych – 2015 r.

Na 145-u obszarach specjalnej ochrony ptaków (OSO) lasy zajmują około 2,467 miliona hektarów (na 83 obszarach OSO znajdują się powierzchnie monitoringowe) i przeważająca większość z nich uszkodzona jest w stopniu umiarkowanym. Większość powierzchni leśnej (91%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 15-25%) pozostała część (9%) lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26-60%). Nie stwierdzono obecności

kompleksów leśnych bez defoliacji jak również z dużą defoliacją.

Na 849 specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO) kompleksy leśne zajmują około 1,909 miliona hektarów (na 171 obszarach OSO znajdują się powierzchnie monitoringowe). Większość powierzchni leśnej (92%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 10-25%), pozostała część lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26-60%). Podobnie jak na obszarach OSO nie występują kompleksy leśne bez defoliacji jak również z dużą defoliacją.

Uśrednione wartości defoliacji w lasach znajdujących się odpowiednio na Obszarach Ochrony Siedlisk (SOO) i Obszarach Ochrony Ptaków (OSO) wynoszą 20-22% i mieszczą się w klasie 1 (lekkiej defoliacji).

Lądowe obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) zajmują 48394 km², z czego lasy zajmują około 2,467 miliona hektarów. Znalazło się na nich 6 czynnych powierzchni SPO Monitoringu Intensywnego, 31 czynne SPO II rzędu oraz 471 czynnych SPO I rzędu.

Lądowe specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO) zajmują 34187 km², z czego lasy zajmują około 1,909 miliona hektarów. Znalazło się na nich 8 czynnych powierzchni SPO Monitoringu Intensywnego, 24 czynne 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) wynoszą 20-22% i mieszczą się w klasie 1 (lekkiej defoliacji).

CZEŚĆ 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. Piwniczna i Bircza).

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

5. DYNAMIKA PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH NA SPO MI – LESZEK KLUZIŃSKI

Zestawienie wyników pomiarów parametrów meteorologicznych rejestrowanych w roku 2015 r. dokonano z 12 stacji należących do sieci Monitoringu Intensywnego.

Temperatura powietrza średnia roczna ze wszystkich stacji wyniosła w 2015 r. +8,9°C i była o 0,4 °C wyższa, niż w 2014 r. Najzimniejszym miesiącem był luty (-0,3°C), najcieplejszym – sierpień (+20,3°C). W sierpniu (przeważnie w dniach 7-9.08) na wszystkich stacjach odnotowano maksymalne temperatury powietrza: na 3 stacjach (Krotoszyn, Łąck i Zawadzkie) przekraczały one 40°C, na 8 – zawierały się w przedziale 35-40°C, na stacji w Szklarskiej Porębie zanotowano 33,2°C. Najniższa średnia miesięczna temperatura charakteryzowała styczeń w Piwnicznej (-3,9°C), a najwyższa – sierpień w Łącku (+23,4°C). Najbardziej wyrównanym pod względem temperatur był październik, maksymalna różnica średnich temperatur między stacjami wyniosła 3,2°C, największe zróżnicowanie wystąpiło w grudniu – różnica wyniosła 8,1°C (Tab. 7).

Temperatura gleby na głębokości 50 cm uśredniona dla roku i dla 12 stacji wynosiła +9,3°C była o 0,3°C niższa niż w roku 2014. Nie odnotowano temperatur miesięcznych niższych od 0°C. Istotnie niższe średnie temperatury miesięczne występowały na stacji w Szklarskiej Porębie. Różnice temperatur pomiędzy stacjami były wyraźniejsze w miesiącach letnich, niż w miesiącach zimowych.

Roczne sumy opadów wynosiły od 416,2 mm w Suwałkach do 852,9 mm na stacji w Szklarskiej Porębie, w sezonie wegetacyjnym – od 175,8 w Suwałkach do 484,7 mm w Piwnicznej. Na okres letni przypadło przeciętnie 52,5% rocznej sumy opadów. Stosunek

sumy opadów z okresu letniego do sumy opadów z całego roku wahał się od 38,9% w Strzałowie do 69,0% w Piwnicznej. Przeciętny miesięczny opad na stację wynosił 53,9 mm, w sezonie wegetacyjnym było to 56,5 mm/m-c, zaś w okresie zimowym 51,2 mm/m-c. Najbardziej obfitym w opady był lipiec, średnio spadło wówczas 92,7 mm. Najmniej opadów zarejestrowano w lutym (16,4 mm). W sierpniu na stacjach w Suwałkach i Białowieży miesięczna suma opadów nie przekraczała 10 mm, na innych stacjach pomiarowych odnotowano co najmniej 14-dniowe okresy o opadach nie przekraczających 5 mm. Epizody posuchy powtórzyły się na wszystkich stacjach również na przełomie września i października.

Tabela 7. Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza i gleby, wilgotności i promieniowania oraz miesięczne sumy opadów z 12 stacji meteorologicznych łącznie na SPO MI w 2015 r.

Miesiąc	Temp. +2 m [°C]	Temp. -50 cm [°C]	Wilgotność +2 m [%]	Promieniowanie [W/m ²]	Suma opadów [mm]
I	0,2	3,1	92,3	16,7	71,5
II	-0,3	2,4	89,5	37,6	16,4
III	4,0	3,9	81,5	78,0	55,3
IV	7,5	6,4	75,7	130,0	36,3
V	12,3	10,7	76,7	151,3	57,3
VI	16,2	13,9	75,3	178,4	53,3
VII	18,9	16,4	75,0	189,0	92,7
VIII	20,3	17,3	69,4	176,3	37,9
IX	13,8	14,9	83,3	93,3	61,7
X	6,7	10,3	86,3	52,3	43,8
XI	4,6	7,5	91,8	18,5	77,5
XII	2,9	5,1	91,1	11,8	42,4

Średnia wilgotność względna z całego roku wynosiła 82,1%, w sezonie wegetacyjnym było to 76,0%, zaś w sezonie zimowym 88,3%. Średnia roczna zawierała się w przedziale wartości od 75,2% (Krotoszyn) do 91,0% (Strzałowo). Średnie miesięczne wartości tego parametru ze wszystkich stacji oscylowały od 70,7% w sierpniu do 92,0% w styczniu (Tab. 7).

Średnie promieniowanie całkowite z całego okresu pomiarowego zawierało się w przedziale wartości od 50,6 W/m² na stacji w Strzałowie do 116,8 W/m² w Krotoszynie. Miesiącem o najsilniejszym średnim promieniowaniu był lipiec, kiedy to przeciętne promieniowanie ze wszystkich

stacji wyniosło 189,0 W/m², zaś najmniejsze promieniowanie wystąpiło w grudniu (11,8 W/m²). Średnia z okresu zimowego ze wszystkich stacji wyniosła 35,8 W/m², a z sezonu wegetacyjnego 153,1 W/m².

Prędkość i kierunek wiatru. Pogodę z wiatrem notowano najrzadziej na stacji w Zawadzkiem (38% wszystkich pomiarów), a najczęściej na stacji w Birczy (85,5%). Na stacjach w Chojnowie, Białowieży, Gdańsku, i w Zawadzkiem dominowały wiatry zachodnie, w Strzałowie i Birczy – wiatry południowe, na stacjach w Szklarskiej Porębie i Krotoszynie - wiatry południowo-zachodnie, na stacji w Piwnicznej – północno-wschodnie. Na dwóch stacjach (Suwałki i Łąck) istotną rolę odgrywały wiatry wiejące z dwóch przeciwstawnych kierunków.

Najzimniejszym miesiącem roku był luty z temperaturą $-0,3^{\circ}\text{C}$, najcieplejszym sierpień ($+20,3^{\circ}\text{C}$). Najniższa średnia miesięczna temperatura charakteryzowała styczeń na stacji w Piwnicznej ($-3,9^{\circ}\text{C}$), a najwyższa – sierpień na stacji w Łącku ($+23,4^{\circ}\text{C}$).

Temperatura gleby na głębokości 50 cm uśredniona dla roku i dla 12 stacji wynosiła $+9,3^{\circ}\text{C}$.

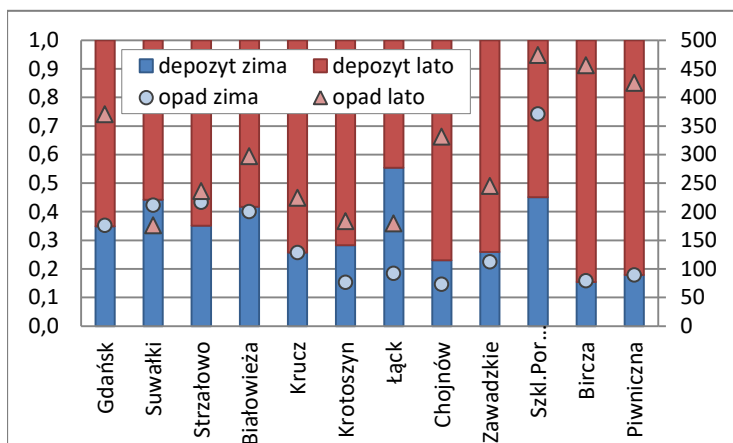
Przeciętny miesięczny opad na stację wynosił 53,9 mm. W sezonie wegetacyjnym było to 56,5 mm/m-c, zaś w okresie zimowym 51,2 mm/m-c.

6. WIELKOŚĆ DEPOZYTU WNO SZONEGO Z OPADAMI ATMOSFERYCZNYMI NA TERENACH LEŚNYCH NA SPO MI – ANNA KOWALSKA

Badania składu chemicznego opadów na terenach leśnych Polski prowadzone są w ramach monitoringu intensywnego w dwunastu punktach pomiarowych, zlokalizowanych w pobliżu stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI) poza zasięgiem koron drzew, z reguły w sąsiedztwie stacji meteorologicznych.

W 2015 roku nie pobierano próbek opadów między styczniem a marcem, stąd niniejsze opracowanie oparto na wynikach uzyskanych od kwietnia do grudnia 2015 r.

Skład chemiczny opadów



Rys. 12. Suma opadu bezpośredniego [mm] (prawa oś) oraz udział depozytu w sezonie letnim (V-X) i zimowym (I-IV, XI-XII) na SPO MI w 2015 roku. Dane dla okresu zimowego bez pierwszego kwartału 2015 r.

Cechą charakteryzującą chemizm opadów jest przewodność elektrolityczna właściwa (EC), będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości zdysocjowanych soli. W 2015 r. dla okresu badań (kwiecień-grudzień) średnie wartości przewodności opadów zawierały się w przedziale od 12,3 do 39,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Niskie średnie roczne przewodności opadów notowano

w rejonach górskich, gdzie opady były wysokie: w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (poniżej $13 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), w Gdańsku, Zawadzkiem i Strzałowie, (do $20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). W Birczy, Suwałkach, Chojnowie i Białowieży mieściła się w zakresie $21-23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, a w Krotoszynie i Łącku – w zakresie $28-30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Najwyższe stężenie substancji w opadach odnotowano w Kruczu ($40 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Depozycja roczna

Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanowej (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich w opadach od kwietnia do grudnia wahał się w granicach od 15,5 do 30,2 kg·ha⁻¹ (Tab. 8). Pomimo że pomiary nie obejmowały pełnego roku, depozyt był wyższy o 12-22% niż w roku 2014 na powierzchniach w Suwałkach, Strzałowie i Białowieży. Na pozostałych powierzchniach stanowił od 61% do 88% wartości z roku 2014, a w Łącku wynosił niemal tyle samo, co w roku 2014 (97%).

Najmniejszą ilość jonów zdeponowały opady w Nadl. Piwniczna (15,5 kg·ha⁻¹), dość niską – w Zawadzkim (16,9 kg·ha⁻¹), Krotoszynie (18,9 kg·ha⁻¹) i Strzałowie (20,8 kg·ha⁻¹). Wartości pośrednie (od 21,4 do 23,1 kg·ha⁻¹) odnotowano w Suwałkach, Chojnowie, Kruczu, Szklarskiej Porębie i Łącku. W Gdańsku i w Birczy wyniósł odpowiednio 24,5 kg·ha⁻¹ i 26,8 kg·ha⁻¹. Najwyższy był w Białowieży, gdzie osiągnął 30,2 kg·ha⁻¹.

Tabela 8. Depozyt roczny [kg·ha⁻¹] (bez RWO) wniesiony z opadami na SPO MI od kwietnia do grudnia 2015 roku.

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	Bircza
Gatunek panujący	Sosna					Świerk				Dąb		Buk	
Opad [mm]	452	497	352	404	357	387	846	-	514	258	271	546	535
H ⁺	0,016	0,003	0,022	0,003	0,01	0,006	0,069	-	0,022	0,003	0,006	0,013	0,014
Cl ⁻	2,58	6,16	2,42	2,01	1,83	3,3	3,58	-	1,47	1,68	5,19	5,69	1,98
N-NO ₃ ⁻	3,32	2,55	3,60	2,05	2,32	2,07	2,82	-	1,37	2,04	1,78	2,27	3,36
S-SO ₄ ²⁻	2,12	2,43	2,43	2,84	2,40	1,73	3,34	-	2,60	2,28	2,53	2,10	4,35
N-NH ₄ ⁺	4,45	3,09	5,32	5,30	3,73	3,94	3,46	-	2,08	4,65	2,57	4,50	6,32
Ca	3,78	8,91	3,34	4,57	2,97	5,20	3,12	-	3,10	2,45	4,55	2,38	5,68
Mg	0,44	1,06	0,44	0,46	0,32	0,73	0,36	-	0,40	0,49	0,66	0,50	0,47
Na	1,68	1,78	1,56	1,19	1,06	1,92	2,96	-	1,20	1,20	0,93	3,71	1,11
K	1,14	1,53	1,18	1,44	0,91	0,72	1,21	-	2,08	2,60	3,47	1,61	1,53
Fe	0,031	0,025	0,025	0,02	0,023	0,024	0,031	-	0,019	0,032	0,018	0,027	0,032
Al	0,035	0,028	0,037	0,027	0,025	0,018	0,047	-	0,029	0,034	0,03	0,022	0,042
Mn	0,033	0,017	0,053	0,021	0,055	0,012	0,04	-	0,072	0,03	0,238	0,054	0,029
Cd	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039
Cu	0,027	0,06	0,035	0,05	0,038	0,038	0,07	-	0,063	0,032	0,037	0,038	0,047
Pb	0,006	0,004	0,004	0,003	0,005	0,004	0,011	-	0,006	0,003	0,002	0,004	0,006
Zn	0,12	0,183	0,119	0,125	0,114	0,141	0,242	-	0,158	0,095	0,098	0,172	0,179
RWO	18,1	24,2	11,5	21,5	11,8	16,0	10,8	-	9,07	18,8	19,6	12,1	20,4
N _{tot}	8,75	8,04	10,18	8,93	7,11	7,6	7,25	-	4,3	7,95	5,29	8,19	11,33
Depozyt całkowity	20,8	30,2	21,8	21,7	16,9	21,4	22,3	-	15,5	18,9	23,1	24,5	26,8

RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity

Jedynie w Łącku udział depozytu zimowego przewyższył udział depozytu letniego w depozycie całego okresu badań (Rys. 12). Przyczynił się do tego niezwykle wysoki dopływ jonów chlorkowych ($3,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), potasowanych ($2,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), wapniowych ($1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i magnezowych ($0,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w listopadzie 2015 r. o nieustalonym, prawdopodobnie lokalnym bądź przemysłowym pochodzeniu.

Pomiędzy SPO MI występowały istotne różnice w depozycji składników: H^+ , NO_3^- , NH_4^+ , Ca, Mg, Na, Mn, rozpuszczonego węgla organicznego (RWO), azotu całkowitego (N_{tot}) oraz zasadowości. Wyniki testów statystycznych wskazują, że powierzchnie w Szklarskiej Porębie, Piwnicznej i Białowieży istotnie różniły się od pozostałych. W Piwnicznej całkowity depozyt był niższy, zaś w Białowieży wyższy niż na pozostałych SPO MI. Szczególnie różnice przejawiały się w niskiej depozycji form azotu w Piwnicznej oraz wysokiej depozycji jonów Ca i Mg w Białowieży w porównaniu do innych powierzchni.

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 1,0% do 2,2% sumarycznego depozytu w okresie badań. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,6% do 1,5%, tj. od $0,13$ do $0,32 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$.

Największe ilości metali ciężkich otrzymała Szklarska Poręba, Bircza i Białowieża (odpowiednio: $0,32$, $0,27$ i $0,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$), duże – Piwniczna i Gdańsk ($0,23$ i $0,21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Powierzchnie w Suwałkach i Chojnowie otrzymały po $0,18 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, w Kruczu i Zawadzkiem po $0,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, w Strzałowie $0,15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a najmniej ($0,13$ i $0,14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – w Krotoszynie i Łącku.

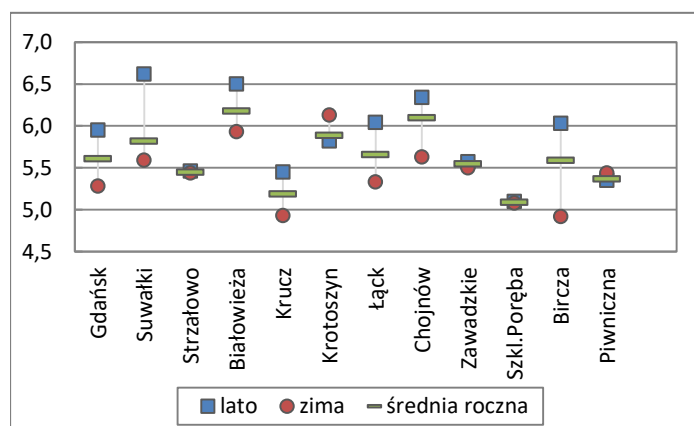
Wyniki depozycji metali ciężkich obarczone są stosunkowo dużą niepewnością, wynikającą po pierwsze z problemów analitycznych oznaczeń na poziomie stężeń śladowych, po drugie – i zapewne najważniejsze – ze stosowanej metodyki pobierania próbek.

Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych

Średnie miesięczne pH opadów mieściło się w granicach od 4,3 do 7,3. Minimalną wartość osiągnęło w Birczy w grudniu a maksymalną w Suwałkach w czerwcu.

Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 wyniósł zaledwie 12%, znacznie mniej niż w ubiegłych latach (42% w 2010 r., 36% w 2011 r., 39% w 2012 r., 43% w 2013 r. i 30% w 2014 r.). Ponieważ jednak w latach poprzednich opady o $\text{pH}<5,0$ przeważały zimą, można się spodziewać, że niski udział tych opadów wynika raczej z braku danych z okresu styczeń-marzec, niż z trendów zmian odczynu opadów. Pomimo tego dane jednoznacznie

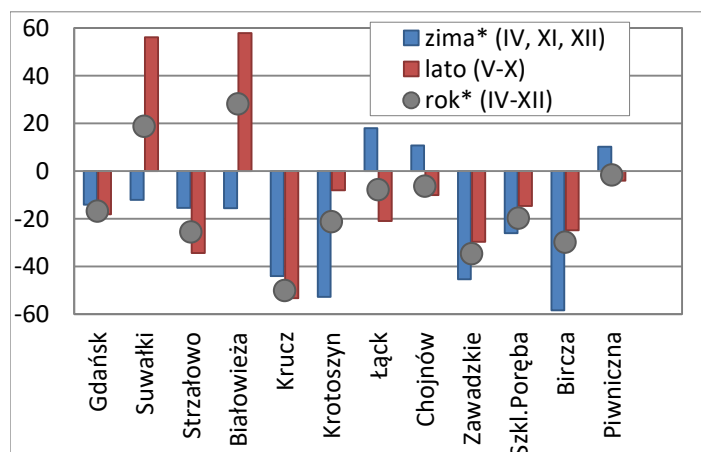
wskazują, że okresie zimowym (kwiecień, listopad, grudzień) opady o pH<5 występowały częściej niż latem.



Rys. 13. Średnie pH roczne, sezonu letniego (V-X) i zimowego (I-IV i XI-XII) na SPO MI w 2015 r. w opadach na otwartej przestrzeni. Dane dla okresu zimowego bez pierwszego kwartału 2015 r.

Białowieży wyższe niż 6,0-6,1.

Dwa kolejne wskaźniki: zasadowość wód i pojemność zobojętniania kwasów (ANC) są miarą zdolności roztworów do zobojętniania mocnych kwasów.



Rys. 14. 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 (IV i XI-XII) i letnim (V-X) w 2015 r. * brak danych z pierwszego kwartału

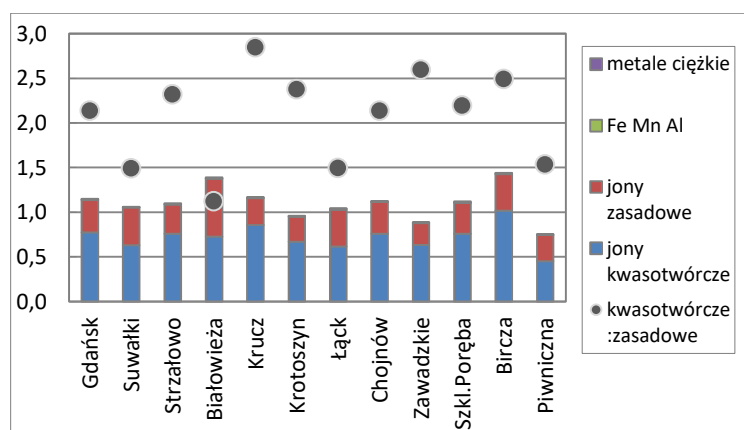
Strzałowie ($25,3 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz w Kruczu ($27,8 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$). W Gdańsku, Łącku i Birczy, średnio w okresie badań zasadowość nie przekraczała $40 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$. W Chojnowie, Krotoszynie i Suwałkach zasadowość wyniosła odpowiednio: $68,4$, $73,2$ i $77,3 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ ·okres badań⁻¹, a najwyższą zasadowość miały opady w Białowieży ($93,1 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ ·okres badań⁻¹). Średnie wartości w okresie badań w roku 2015 są wyższe niż średnie roczne dla lat poprzednich, na czym przynajmniej częściowo zaważył brak danych dla okresu styczeń-marzec 2015 r.

Najwyższa kwasowość opadów, mierzona średnią wartością pH dla okresu badań, wystąpiła w Szklarskiej Porębie (pH 5,1) i Piwnicznej (pH 5,4), tj. w nadleśnictwach rejonów górskich oraz w Kruczu (pH 5,2) (Rys. 13). Na pozostałych powierzchniach, z wyjątkiem Strzałowa (pH 5,4), opady miały średnio w okresie badań pH wyższe niż 5,5, a w Chojnowie i

Zasadowość opadów bezpośrednich w większości próbek miesięcznych nie przekraczała $84 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$. Średnio rocznie niską zasadowością charakteryzowały się opady w nadleśnictwach rejonów górskich: w Szklarskiej Porębie ($10,2 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$) i Piwnicznej ($24,2 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$) a także na ziemi śląskiej, w Zawadzkiem ($23,8 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$), na ziemi warmińsko-mazurskiej w

Ujemne wartości ANC są wskaźnikiem nadmierowej ilości jonów mocnych kwasów w opadach, zaś dodatnie – nadmierowej ilości mocnych zasad. Na SPO MI 75% miesięcznych opadów w okresie od kwietnia do grudnia przyjmowało ujemne wartości ANC. Na większości powierzchni, z wyjątkiem Piwnicznej, Łącka i Chojnowa, średnie ANC w opadach miesięcy zimowych było niższe niż w półroczu letnim (Rys. 14).

Jedynie w Białowieży i Suwałkach ANC średnio w okresie badań miało wartości dodatnie (odpowiednio: 28,3 i 18,9 $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$). Na pozostałych powierzchniach średnie wartości były ujemne, najniższe w Kruczu (-49,9 $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$), stosunkowo niskie w Zawadzkiem, Birczy, Strzałowie, Krotoszynie, Szklarskiej Porębie i Gdańsku (odpowiednio: -34,6, -29,7, -25,3, -21,2, -19,6 i -16,7 $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$). W Łącku, Chojnowie i Piwnicznej ze względu na dodatnie wartości ANC w okresie zimowym, średnio w okresie badań wartość ANC była jedynie nieznacznie niższa od zera (odpowiednio: -7,7, -6,2 i -1,5 $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{okres badań}^{-1}$).



Rys. 15. Ładunek jonów [$\text{kmol}_c\cdot\text{ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI od kwietnia do grudnia 2015 r.

Udział w depozycie jonów o charakterze zakwaszającym (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- i NH_4^+) wynosił od 47% do 68%. W Białowieży udział tych jonów nie przekraczał połowy całkowitego depozytu (47%), a udział jonów o charakterze zasadowym w depozycie był wyższy niż w pozostałych lokalizacjach (42%). Najmniej korzystne stosunki depozycji jonów o charakterze zakwaszającym do depozycji jonów o charakterze zasadowym panowały w Kruczu, Birczy i Zawadzkiem, gdzie udział jonów kwasotwórczych był wysoki (65%-68% całkowitej depozycji) przy niższym niż na pozostałych powierzchniach udziale jonów o charakterze zasadowym (24%-26%).

Podobnie jak w roku poprzednim na każdej powierzchni w depozycie całego okresu badań w 2015 dominowały jony kwasotwórcze nad zasadowymi (Rys. 15). Poza Białowieżą, na której przewaga depozycji jonów kwasotwórczych nad zasadowymi była niewielka, na pozostałych powierzchniach SPO MI jony zakwaszające przeważały od 1,5 do niemal 3 razy na jonami zasadowymi w depozycji między kwietniem a grudniem 2015 r.

Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich w opadach od kwietnia do grudnia wahał się w zakresie od 15,5 do 30,2 kg·ha⁻¹.

Sumaryczny depozyt składników śladowych (żelaza, manganu, glinu) oraz metali ciężkich (cynku, miedzi, kadmu i ołowiu) wynosił od 1,0% do 2,2% sumarycznego depozytu w okresie badań., wyrażonego w kg·ha⁻¹. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,6% do 1,5%, tj. od 0,13 do 0,32 kg·ha⁻¹· okres badań⁻¹.

Udział w depozycie jonów o charakterze zakwaszającym (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ i NH₄⁺) wynosił od 47% do 68%.

W 2015 r. podobnie jak w roku ubiegłym na każdej powierzchni w depozycie całego okresu badań (od kwietnia do grudnia) dominowały jony kwasotwórcze nad zasadowymi.

7. POZIOM KONCENTRACJI NO₂ I SO₂ 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. 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 SO₂ i tlenków azotu (NO_x) w porównaniu z aktywnością człowieka (Colville, 2004).

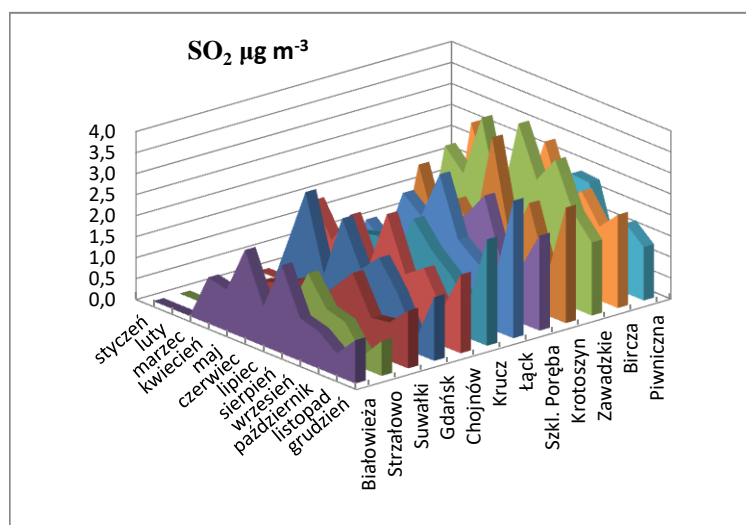
Bezwzględne poziomy całkowitej emisji głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce od lat należą do jednych z wyższych wśród krajów Unii Europejskiej (Mały Rocznik Statystyczny Polski 2015, GUS 2015). Według danych KOBIZE (Krajowy bilans emisji..., 2016), w Polsce w 2014 r. wyemitowano do atmosfery ponad 800 tys. ton dwutlenku siarki, emisje tlenków azotu (wyrażone jako NO₂) przekroczyły 723 tys. ton.

W 2015 roku pomiary stężeń SO₂ i NO₂ obejmowały okres od kwietnia do grudnia, z pominięciem pierwszego kwartału, charakteryzującego się z reguły wysokimi stężeniami zanieczyszczeń w powietrzu. Okres zimowy obejmował miesiące od października do grudnia, natomiast sezon letni trwał od kwietnia do września.

Dwutlenek siarki

W 2015 r. poziom średnich stężeń SO₂ na powierzchniach SPO MI był zróżnicowany (test Kruskala-Wallisa: H [12, N=108]=43,17; p≤0,001). Istotne różnice wystąpiły pomiędzy stężeniami SO₂ na powierzchniach w Suwałkach i Strzałowie (Polska północno-wschodnia) a wartościami odnotowanymi w Zawadzkiem i Birczy (Polska południowa) (p≤0,03), a także

między stężeniem SO₂ w Zawadzkim (Śląsk Opolski) a wartością odnotowaną w Białowieży (Polska północno-wschodnia) ($p \leq 0,01$).



Rys. 16. Roczny przebieg stężeń SO₂ w powietrzu na SPO MI od kwietnia do grudnia 2015 r.

Suwałki) występowały niskie średnie stężenia dwutlenku siarki (poniżej 1,2 µg·m⁻³). W Chojnowie, Gdańsku, Kruczu, Szklarskiej Porębie i Piwnicznej średnie stężenie nie przekroczyło 1,8 µg·m⁻³, w Birczy, Łącku i Krotoszynie – mieściło się w zakresie od 2,0 µg·m⁻³ do 2,2 µg·m⁻³. Najwyższe stężenie odnotowano w Nadleśnictwie Zawadzkie (2,7 µg·m⁻³).

Średnie miesięczne mieściły się w przedziale 0,3-3,9 µg·m⁻³·m·c⁻¹. W ciągu okresu pomiarowego występowały istotne różnice (ANOVA Friedmana: χ^2 [N=12, df 8]=41,49; $p \leq 0,001$) pomiędzy stężeniami SO₂ na wszystkich powierzchniach. Maksymalne stężenia wystąpiły na licznych powierzchniach w sierpniu (Nadl. Zawadzkie, Krotoszyn, Bircza, Chojnów, Piwniczna, Strzałowo; odpowiednio 3,9, 3,7, 3,3, 2,6, 2,3, 1,7 µg·m⁻³·m·c⁻¹), wrześniu (Nadl. Szklarska Poręba i Suwałki, odpowiednio 2,7 i 1,7 µg·m⁻³·m·c⁻¹), maju (Nadl. Gdańsk 2,8 µg·m⁻³·m·c⁻¹), czerwcu (Nadl. Białowieża 2,1 µg·m⁻³·m·c⁻¹) bądź grudniu (Nadl. Łąck i Krucz, odpowiednio 3,3 i 2,5 µg·m⁻³·m·c⁻¹). (Rys. 16).

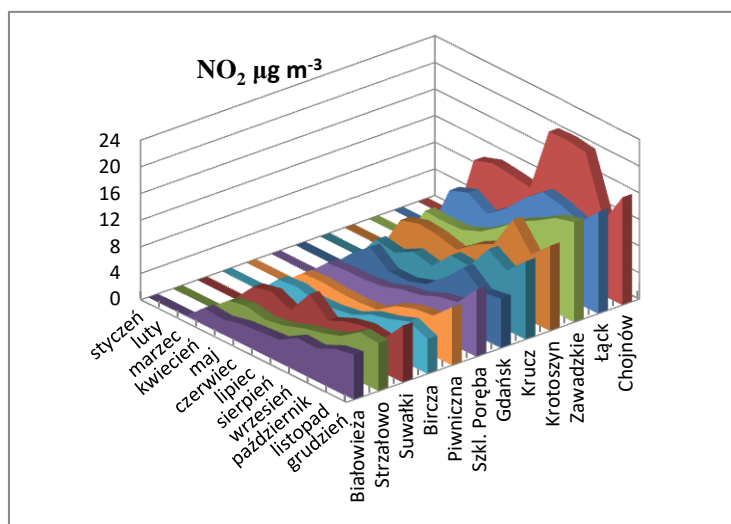
W 2015 r. średnie stężenia SO₂ w okresie badań (kwiecień - grudzień) układały się następująco w porządku malejącym dla nadleśnictw: Zawadzkie > Bircza, Łąck, Krotoszyn > Chojnów, Szklarska Poręba > Krucz, Gdańsk, Piwniczna > Białowieża, Suwałki > Strzałowo.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012, poz. 1031) poziom dopuszczalny SO₂ ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej (okres od 1 października do 31 marca) został ustalony na poziomie 20 µg·m⁻³. Średnie z okresu pomiarowego stężenia SO₂ na SPO MI zawierały się w granicach 0,9-2,7 µg·m⁻³, co stanowiło od 4% do 13% wartości dopuszczalnej. W porze zimowej (październik-grudzień)

zakres stężeń wynosił od 0,7 do 2,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. od 3% do 12% wartości dopuszczalnej. Ponieważ między styczniem a marcem 2015, kiedy spodziewane są wysokie stężenia SO_2 w powietrzu, nie wykonano pomiarów, wszelkie odniesienia do poziomu dopuszczalnego, zarówno dla roku, jak i dla pory zimowej, są obarczone dużym błędem.

10.2. Dwutlenek azotu

W 2015 r. powierzchnie SPO MI istotnie różniły się pod względem stężeń NO_2 (test Kruskala-Wallisa: $H [11, N=108]=55,67$; $p\leq 0,001$). Istotne różnice wystąpiły pomiędzy stężeniami NO_2 na powierzchniach w Chojnowie i Łącku a stężeniami zanotowanymi w Polsce północno-wschodniej (Suwałki, Strzałowo, Białowieża) oraz w górach i na pogórzu (Szkłarska Poręba, Bircza i Piwniczna). Podobnie jak w poprzednich latach, najwyższe średnie stężenia NO_2 stwierdzono w rejonach Polski centralnej w Chojnowie (14,8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) i Łącku (11,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) oraz na południu w Zawadzkiem (9,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Wysoki poziom stężeń NO_2 na tych powierzchniach może wynikać z dużego natężenia ruchu drogowego w niedalekiej odległości od powierzchni, usytuowania powierzchni w pobliżu dużych miast i/lub w rejonach o dużej gęstości zaludnienia oraz wysokim uprzemysłowieniu (Chojnów w odległości 20 km od Warszawy, Łąck w odległości 5 km od Płocka – dużego ośrodka przemysłu rafineryjnego, Zawadzkie na Górnym Śląsku). Niższe stężenia NO_2 , podobnie jak w poprzednich latach badań, występowały w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej: Białowieża (4,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Strzałowo (4,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Suwałki (4,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Gdańsk (6,8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) oraz w rejonach górskich: Bircza i Piwniczna (4,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) i Szkłarska Poręba (4,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).



Rys. 17. Roczny przebieg stężeń NO_2 w powietrzu na SPO MI od kwietnia do grudnia 2015 r.

miesiący stężenia rosły, osiągając wartości maksymalne w ostatnim kwartale roku, z

Dla wszystkich powierzchni objętych badaniami różnice stężeń NO_2 w kolejnych miesiącach badań były statystycznie istotne (ANOVA Friedmana: $\chi^2 [N = 12, df 8] = 74,67$, $p\leq 0,001$). Średnie miesięczne wahały się w granicach od 2,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do 20,6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ i wykazywały wyraźną sezonowość. Wraz z upływem

wyjątkiem Chojnowa, gdzie wysoki i dość wyrównany poziom stężeń występował między sierpniem a październikiem ($20,2-20,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$). W drugim kwartale roku na wszystkich powierzchniach stężenia miesięczne były niższe niż w pozostałym okresie, wahając się pomiędzy $2,3$ a $11,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. W czwartym kwartale stężenia miesięczne wahały się między $5,0$ a $22,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Najwyższe miesięczne stężenie NO_2 zanotowano we wrześniu w Chojnowie ($20,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) (Rys. 17) i było ono wyższe o około $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ niż maksymalne stężenie miesięczne odnotowane na SPO MI w 2014 r.. W Chojnowie podobnie jak w poprzednich latach, wartości minimalne przekraczały $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w każdym miesiącu badań. Stężenia niższe niż $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{m}\cdot\text{c}^{-1}$ występowały w Polsce północno-wschodniej (Białowieża, Suwałki i Strzałowo) między kwietniem a lipcem oraz w Polsce południowej, w rejonach górskich (Piwniczna, Bircza i Szklarska Poręba) między kwietniem a sierpniem, jednak nie we wszystkich miesiącach w tym okresie.

W 2015 r. średnie stężenia NO_2 w okresie badań (kwiecień - grudzień) układały się następująco w porządku malejącym dla nadleśnictw: Chojnów > Łąck > Zawadzkie > Krotoszyn > Krucz > Gdańsk > Szklarska Poręba, Suwałki > Strzałowo > Białowieża, Piwniczna, Bircza.

W roku 2015 średnie wartości stężeń NO_2 wynosiły od $4,2$ do $14,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{okres}$ badań⁻¹, tj. odpowiednio od 14% do 49% wartości dopuszczalnej poziomu tlenków azotu. Wartość dopuszczalna została określona dla tlenków azotu rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012, poz. 1031) dla roku kalendarzowego, ze względu na ochronę roślin, na poziomie $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Ze względu jednak na brak danych dla pierwszego kwartału roku, odniesienie do wartości dopuszczalnych jest obarczone dużym błędem.

Łączna depozycja siarki i azotu

Na podstawie średnich stężeń rocznych i sezonowych oszacowano ładunek N i S, jaki był deponowany na SPO MI w trzech kwartałach 2015 r. – 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. Najniższa łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery występowała na powierzchniach Polski północno-wschodniej (Białowieża, Strzałowo i Suwałki) (od $2,1$ do $2,4 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres}$ badań⁻¹), niska – na powierzchni w Gdańsku ($2,7 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres}$ badań⁻¹). Powierzchnie zlokalizowane w Polsce centralnej (Krotoszyn i Krucz) oraz w górach i na pogórzu (Szklarska Poręba, Piwniczna i Bircza) charakteryzują się pośrednimi wartościami sumarycznej depozycji N- NO_2 i S- SO_2 (od $2,7$ do $3,7 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres}$ badań⁻¹).

¹). Wysokie poziomy łącznej depozycji siarki i azotu zanotowano w Łącku ($4,3 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}$) i w Zawadzkiem ($5,3 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}$), najwyższe – w Chojnowie ($5,9 \text{ kg N+S}\cdot\text{ha}^{-1}$).

W 2015 r. łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery w okresie badań (kwiecień - grudzień) była najniższa na powierzchniach Polski północno-wschodniej (Białowieża, Strzałowo i Suwałki), niska – na powierzchni w Gdańsku. Pośrednie wartości zanotowano na powierzchniach zlokalizowanych w Polsce centralnej (Krotoszyn i Krucz) oraz w górach i na pogórzu (Szkłarska Poręba, Piwniczna i Bircza), wysokie wartości – w Łącku i w Zawadzkiem, najwyższe – w Chojnowie.

8. 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 między kwietniem a grudniem 2015 r. od od $25,8$ do $84,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, przyjmując miesięcznie wartości od $10,3$ do $176 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. W opadach podkoronowych w 94% przypadków wartości przewodności były wyższe niż w opadach docierających do koron (por: rozdz. 6). Wartości przewodności były zależne od sum 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 Krotoszyn, Zawadzkie i Suwałki (odpowiednio $84,9$, $63,9$ i $59,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$). Stosunkowo niską przewodność opadów ($33,2$ - $34,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$) notowano w Birczy, Gdańsku i Strzałowie, zaś najniższą – miały opady w Szkłarskiej Porębie ($25,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$). W pozostałych drzewostanach (w Kruczu, Piwnicznej, Łącku, Białowieży i Chojnowie) przewodność opadów kształtowała się w zakresie od $42,1$ do $46,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$.

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

Podobnie jak w latach poprzednich, wysoki depozyt podkoronowy odnotowano na powierzchniach świerkowych w Nadleśnictwie Suwałki ($58,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$), Szklarska Poręba ($56,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$) oraz w drzewostanie dębowym w Krotoszynie ($56,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$). Przy uwzględnieniu depozytu wniesionego ze spływem po pniu, suma depozycji w drzewostanie bukowym w Gdańsku również była wysoka i przekraczała $56,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$. W drzewostanie dębowym w Łącku oraz w sosnowych Kruczu, Chojnowie, Strzałowie i Zawadzkiem depozyt był stosunkowo niski i wynosił od 29,2 do 35,9 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$. W Piwnicznej (świerk) i Białowieży (sosna) był równy 40,7 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$. W buczynie w Birczy (suma depozycji z opadów podkoronowych i spływu po pniu) depozyt wyniósł 45,6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$.

Istotne różnice w opadach podkoronowych pomiędzy SPO MI wykryto dla licznych głównych składników opadów (H^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg, Fe, Al i RWO), poza NH_4^+ , K, Mn i N_{tot} . Pomimo że różnice były istotne także w przypadku NO_3^- , Ca i Na testy statystyczne nie wskazały par powierzchni, które różnią się przy przyjętym poziomie istotności ($\alpha=0,05$).

Szklarska Poręba wyróżnia się spośród kilku SPO MI pod względem depozycji szeregu jonów, w tym także jonów o charakterze zakwaszającym tj. SO_4^{2-} i jonów H^+ . 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 (około 4-5-krotnie) depozyty rozpuszczonego węgla organicznego (RWO) w opadach, niż w drzewostanie sosnowym w Białowieży. Zanotowane różnice w depozycji podkoronowej RWO między drzewostanem liściastym i iglastym znajdują potwierdzenie w literaturze (Le Mellec i in., 2010)

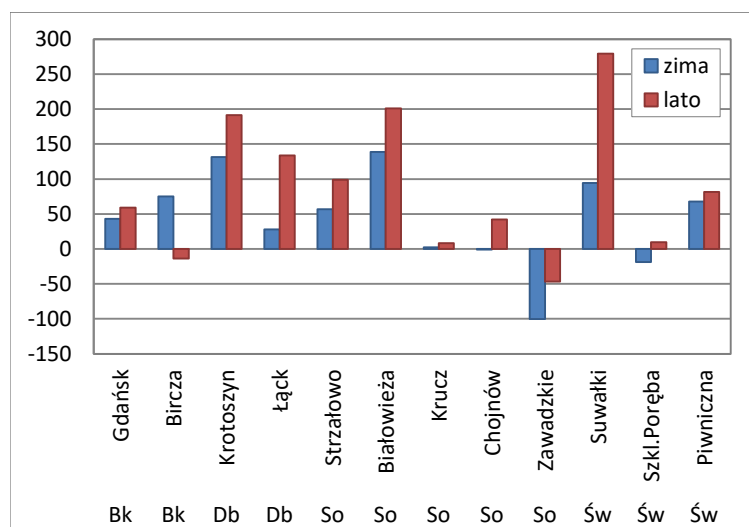
Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,46 do 1,21 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$, co odpowiadało od 1,1% do 3,0% całkowitej depozycji podkapowej. W depozycie metali (w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) mangan stanowił od 41% do 69% (21% w Szklarskiej Porębzie). Mangan jest pierwiastkiem łatwo wymywanym 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 depozytu w okresie badań od 0,3% do 0,6%. Na poszczególnych powierzchniach depozyt metali ciężkich wyniósł od 0,13 do 0,35 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{okres badań}^{-1}$.

Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych. Obniżone pH, tj. pH niższe niż 5,0 nieco częściej występowało w miesiącach zimowych (kwiecień, listopad i grudzień) niż w sezonie letnim (maj-październik), odpowiednio w 19% i 17% miesięcznych próbek opadów w tych sezonach. Niemal dwukrotnie częściej w miesiącach zimowych niż w miesiącach letnich występowały opady o pH poniżej 4,5, stanowiąc 11% opadów okresu zimowego i 6% opadów okresu letniego.

Niskie średnie pH w okresie badań wystąpiło na południu Polski, w Zawadzkiem (pH 4,7), Birczy (pH 5,0), Szklarskiej Porębie (pH 5,1) i Krotoszynie (pH 5,1). W Polsce centralnej: w Kruczu, Chojnowie i Łącku średnie pH również było niskie (pH 5,3-5,5), czego przyczyną były głównie kwaśne opady miesięcy zimowych. Stosunkowo wysokie pH miały średnio w okresie badań opady w Suwałkach (pH 6,0). Na pozostałych powierzchniach w Polsce północno-wschodniej (Strzałowo, Białowieża, Gdańsk) oraz w Karpatach w Piwnicznej pH wynosiło od 5,6 do 5,8.

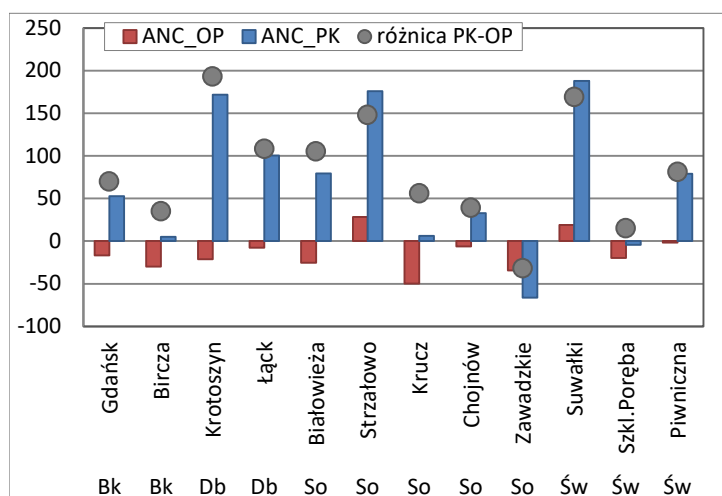
Zasadowość opadów oraz pojemność zobojętniania kwasów (ANC) są cechami, które charakteryzują zdolność wody do zobojętniania kwasów. W wodach podkronowych najwyższą zasadowość opadów notowano, podobnie jak w poprzednim roku, w Suwałkach ($244 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{okres badań}^{-1}$). W dąbrowach w Krotoszynie i Łącku, w drzewostanie sosnowym w Białowieży oraz w świerczynie w Piwnicznej mieściła się w zakresie od 93,3 do $134 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{okres badań}^{-1}$. W Gdańsku (buk), Chojnowie (sosna) i Strzałowie (sosna) zasadowość wynosiła średnio od 61,5 do $71,8 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{okres badań}^{-1}$, a w buczynie w Birczy oraz w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem i Kruczu – od 23,3 do $27,0 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{okres badań}^{-1}$. Podobnie jak w poprzednich latach najniższą zasadowością charakteryzowały się opady podkronowe w Szklarskiej Porębie ($14,9 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{okres badań}^{-1}$).



Rys. 18. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$] w opadach podkronowych na SPO MI w 2015 r.

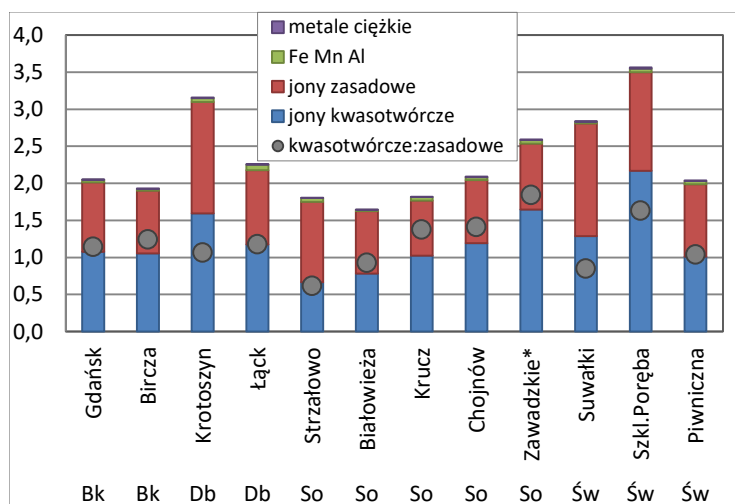
Pojemność zobojętniania kwasów (ANC), obliczona jako różnica stężeń kationów mocnych zasad (Ca, Mg, Na, K) i anionów mocnych kwasów (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl) w opadach, mierzona w $\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$, jest wskaźnikiem pozwalającym ocenić, czy w wodach występuje nadmiar wolnych mocnych kwasów (ANC<0),

czy zasad ($ANC > 0$). Interpretacja wartości osiąganych przez ten wskaźnik jest więc podobna, jak w przypadku zasadowości.



Rys. 19. Średnia roczna pojemność zubożniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i podkoronowych (PK) na SPO MI w II, III i IV kwartale 2015 r.

jak i zmniejszonej aktywności biologicznej drzew i mniejszej wymianie jonowej niż w okresie wegetacyjnym. Z wyjątkiem Birczy, na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych ANC półrocza zimowego było niższe niż w półroczu letnim (Rys. 18).



Rys. 20. Ładunek jonów [$\text{kmol}_c\cdot\text{ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach podkoronowych na SPO MI w II, III i IV kwartale 2015 r.

drzewostanach bukowych: w Gdańsku ($52,8 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$) i Birczy ($5,2 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$). W drzewostanie świerkowym w Szklarskiej Porębie oraz w drzewostanie sosnowym na Śląsku w Zawadzkiem w opadach występowała przewaga jonów wolnych kwasów (ANC było równo odpowiednio: $-4,4 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$ i $-66,2 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$).

W porównaniu z wodami opadowymi udział opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC występował rzadziej (w 27% przypadków). Ujemne wartości ANC, związane z przewagą jonów wolnych kwasów, częściej występowały w okresie zimowym, co można przypisać zarówno wzmożonym emisjom zanieczyszczeń w związku z sezonem grzewczym

Dodatnią średnią roczną wartość ANC (przewagę wolnych zasad) w opadach podkoronowych odnotowano w świerczynach: w Suwałkach i Piwnicznej (188 i $79,1 \mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$), w obu drzewostanach dębowych: w Krotoszynie ($74,7$) i Łącku ($62,1$) w czterech sosnowych: w Białowieży (176), Strzałowie ($79,4$), Chojnowie ($32,7$) i Kruczu ($6,3$) oraz w obu

Wpływ okapu w różnych gatunkowo drzewostanach na większości SPO MI zaznaczył się podniesieniem wartości ANC średnio w okresie badań w opadach podkoronowych w stosunku do opadów docierających do koron (Rys. 19). W Zawadzkiem natomiast opady po przejściu przez korony drzew miały większy nadmiar jonów wolnych kwasów (niższe ANC), niż opady docierające do drzewostanu. W Szklarskiej Porębie, mimo że ANC wzrosło po przejściu opadu przez warstwę koron, w przeciwieństwie do pozostałych dziesięciu powierzchni nadal przyjmowało wartości ujemne, a odnotowany wzrost ANC był znacznie niższy niż na pozostałych powierzchniach.

Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) stanowiły od 44% do 59%, a w Białowieży zaledwie 36% rocznego molowego depozytu (sumy azotu całkowitego, chlorków, siarczanów (VI), kationów zasadowych, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich, wyrażonej w $\text{mol}_c \cdot \text{ha}^{-1}$) (Rys. 20). Udział ten jest zbliżony do obserwowanego w dwóch poprzednich latach, mimo że w 2015 r. badania nie objęły opadów z pierwszego kwartału. Najwyższy udział jonów o charakterze zakwaszającym stwierdzono w Zawadzkiem (59%), niewiele mniejszy w Kruczu (54%), Szklarskiej Porębie i Chojnowie (po 53%) oraz Birczy (51%). Podobne zależności występowały również w roku ubiegłym.

W grupie powierzchni, gdzie depozyt molowy jonów zasadowych (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} i Na^+) przewyższał depozyt jonów zakwaszających, znalazł się, podobnie jak w latach 2013 i 2014, drzewostan sosnowy w Nadl. Białowieża. W Strzałowie i Suwałkach udział jonów zasadowych był również wysoki i stanowił niemal połowę depozytu jonów (Rys. 20).

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 wobec tego w buczynach istotną formę transportu wody, substancji pokarmowych oraz zanieczyszczeń zawartych w opadach, modyfikując warunki glebowe w strefach wokół pni (Chang i Matzner, 2000).

Pobór próbek spływu po pniu prowadzono w nadleśnictwach Gdańsk i Bircza w okresie bezmroźnym. Szacuje się, że ilość spływu po pniu przekroczyła w badanym okresie 59 mm w Gdańsku i 52 mm w Birczy i stanowiła od 1% do 26% sumy opadu bezpośredniego (na otwartej przestrzeni) w Gdańsku (średnio 11%) oraz od 1% do 22% w Birczy (średnio

10%), co koresponduje z wartościami przytaczanymi w literaturze (Chang i Matzner, 2000, Johnson i Lehmann, 2006).

Na obu powierzchniach średnie roczne pH i pojemność zobojętniania kwasów (ANC) osiągały wyższe wartości niż w opadach podkoronowych. Spływ po pniu w Birczy średnio w okresie badań, przy niższym pH, zasadowości roztworów i ANC w porównaniu z Gdańskiem, charakteryzował się również niższymi stężeniami większości składników, z wyjątkiem SO_4^{2-} , NO_3^- i Ca. Wskutek tego depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu był wyższy w Gdańsku ($11,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ okres badań⁻¹) niż w Birczy ($7,28 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ okres badań⁻¹), co stanowiło odpowiednio 20% i 16% sumarycznego depozytu w drzewostanie (suma opadu podkoronowego i spływu po pniu). Woda opadowa spływając po pniach, w większym stopniu niż przepływając przez warstwę koron, wzbogaca się w K^+ i związki organiczne, co w odniesieniu do K^+ potwierdzają wyniki innych badań (Chang i Matzner, 2000). Mimo że suma opadu odprowadzonego po pniach stanowiła średnio zaledwie 12%-14% opadu podkoronowego, depozyt jonów potasu stanowił aż 20-29% depozycji tego składnika w wodach podkoronowych, a depozyt rozpuszczonego węgla organicznego aż 67% depozycji podokapowej RWO w Gdańsku i 32% w Birczy.

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

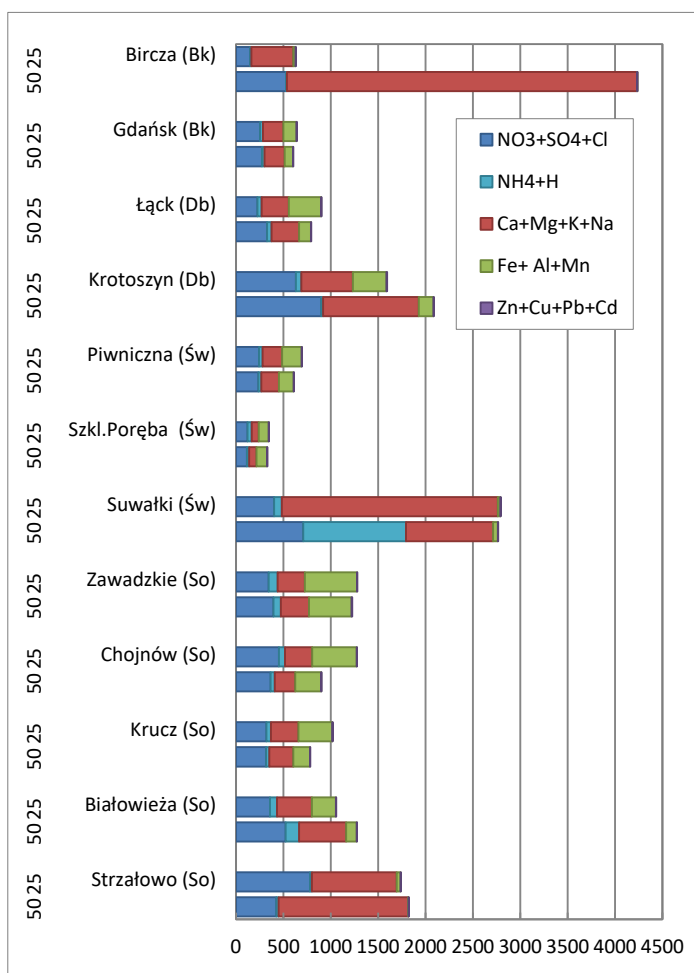
Roztwory glebowe stanowią drogę transportu składników odżywczych i substancji toksycznych między fazą stałą gleby a korzeniami roślin. Ich skład chemiczny jest więc źródłem informacji istotnych dla oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza oraz innych czynników stresowych na ekosystemy leśne (Nieminen, 2011).

W 2015 r. średnie pH w badanych roztworach glebowych pobranych z SPO MI wynosiło do 4,22 do 6,74 na głębokości 25 cm oraz od 4,37 do 8,11 na głębokości 50 cm. W porównaniu z rokiem poprzednim nie stwierdzono większych zmian pH, z wyjątkiem trzech powierzchni: w Birczy (po spadku obserwowanym w 2014 r. – w 2015 r. pH wzrosło o 0,6 jednostki na głębokości 25 cm i o 1,4 jednostki na 50 cm), w Suwałkach (pH wzrosło na głębokości 25 cm o 0,5 jednostki i na głębokości 50 cm o 0,8 jednostki) i w Strzałowie (pH wyższe na 50 cm o 0,5 jednostki). W szczególnym przypadku, w Krotoszynie w roztworach glebowych na głębokości 50 cm pH spadło w porównaniu z poprzednim rokiem o 1,2 jednostki pH, jednak z uwagi na to, że w 2015 r. dostępność roztworów glebowych w tej lokalizacji była ograniczona, wyniki mogą być mało miarodajne.

Najbardziej kwaśne roztwory występowały w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem, Chojnowie i Kruczu z pH 4,2-4,4 na głębokości 25 cm i 4,4-4,6 na głębokości 50 cm. W świerczynach w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej, w drzewostanie dębowym w Łącku i bukowym w Gdańsku pH roztworów glebowych na obu głębokościach mieściło się w zakresie 4,4-4,8. W dąbrowie w Krotoszynie pH na głębokości 25 cm wynosiło jedynie 4,3, a w głębszym poziomie tylko 4,8. W drzewostanach sosnowych w Białowieży i Strzałowie na głębokości 25 cm było równe odpowiednio: 4,9 i 5,7 i wzrastało w głębi profilu glebowego do 5,1 i 7,2. W Birczy (buk) i w Suwałkach (świerk) pH było wyższe niż 6,5, osiągając na głębokości 50 cm średnie wartości 8,1 i 7,1. W Birczy (buk) i Strzałowie (sosna) różnica między pH na głębokości 25 i 50 cm była szczególnie wysoka i wynosiła odpowiednio 1,4 i 1,5 jednostki pH. Nieznaczne zakwaszenie roztworów w górnej części profilu glebowego w stosunku do głębszych poziomów obserwowano również na pozostałych SPO MI.

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 i Bircza), wynosiły 1100-4200 $\mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$. Niskie stężenia jonów występowały w świerczynach górskich (Szklarska Poręba i Piwniczna), w buczynie nadmorskiej w Gdańsku i dąbrowie w Łącku (około 330-900 $\mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$). 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 780 do 1300 $\mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ (Rysunek 21).

W składzie roztworów glebowych znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły na głębokości 50 cm 70%-77% sumy jonów w Strzałowie i Birczy oraz 34% w Krotoszynie, 31% w Białowieży i 29% Suwałkach. W płytszej części profilu udział wynosił aż 78% w Suwałkach, 59% w Birczy i 47% w Strzałowie. Udział kationów o charakterze zasadowym w sumie jonów był niski i mieścił się w zakresie 10%-18% na powierzchni bukowej w Gdańsku, świerkowej w Szklarskiej Porębie oraz na powierzchniach sosnowych w Kruczu, Chojnowie i Zawadzkiem. W dąbrowie w Łącku i świerczynie w Piwnicznej był nieco wyższy i wynosił od 20% do 25%.



Rys. 21. Suma stężeń jonów [$\mu\text{mol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$] w roztworach glebowych na głębokości 25 i 50 cm (oznaczenie z lewej strony pionowej osi wykresu) na SPO MI w 2015 r.

(świerk), Chojnów (sosna), Gdańsk (buk), Krucz (sosna), Zawadzkie (sosna) i Piwniczna (świerk). W Łącku (dąb) wynosił 0,6 na głębokości 25 cm i wzrastał do 1,7 w głębszym poziomie gleby; natomiast w Białowieży (sosna): 1,1 na głębokości 25 cm i wzrastał do 3,9 w głębszym poziomie gleby. Na pozostałych powierzchniach: w Krotoszynie (dąb), Strzałowie (sosna), Birczy (buk) i Suwałkach (świerk) – przekraczał, niekiedy znacznie, przyjętą wartość krytyczną, podobnie jak w poprzednich latach.

Obecność azotanów w perkolatach glebowych z reguły stanowi wskaźnik tzw. wysycenia ekosystemu azotem, czyli sytuacji, gdy podaż azotu przekracza zapotrzebowanie roślin i mikroorganizmów (np. Aber i in., 1989, Gundersen i Rasmussen, 1995, Kristensen i in. 2004). W okresie badań jony NO_3^- występowały w roztworach glebowych poniżej głównej strefy korzeniowej roślin, na głębokości 50 cm, w Suwałkach w stężeniu 7,4 i 10,1 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ (w kwietniu i listopadzie), w Białowieży w stężeniu 3,8 i 3,4 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ (w kwietniu i lipcu), w Strzałowie w stężeniu 0,6 i 1,6 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ (w kwietniu i maju). W każdym miesiącu od maja do października jony NO_3^- były obecne w Kruczu w stężeniu od 0,2 do 0,9 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al) jest stosowany 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 ten był również stosowany jako podstawa wyznaczania ładunku krytycznego kwasowej depozycji dla gleb leśnych (np. Semenov i in., 2001, Akselsson i in., 2004).

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu przyjął znacznie niższe od jedności wartości (0,4-0,8) w roztworach glebowych na obu głębokościach w nadleśnictwach: Szklarska Poręba

³ i w Piwnicznej w stężeniu od 0,3 do 1,2 mg N·dm⁻³. Sporadycznie jony azotanowe pojawiały się w Łącku (0,7-1,0 mg N·dm⁻³ w październiku i listopadzie) oraz w Krotoszynie (0,3 mg N·dm⁻³ w kwietniu).

Podobnie jak w latach poprzednich, wysoki depozyt podkoronowy odnotowano na powierzchniach świerkowych w Nadl. Suwałki (58,5 kg·ha⁻¹·okres badań⁻¹), Szklarska Poręba (56,2 kg·ha⁻¹·okres badań⁻¹) oraz w drzewostanie dębowym w Krotoszynie (56,1 kg·ha⁻¹·okres badań⁻¹).

Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,46 do 1,21 kg·ha⁻¹·okres badań⁻¹, co odpowiadało od 1,1% do 3,0% całkowitej depozycji podokapowej.

Obniżone pH (pH<5,0) nieco częściej występowało w miesiącach zimowych (kwiecień, listopad i grudzień) niż w sezonie letnim (maj-październik), odpowiednio w 19% i 17% miesięcznych próbek opadów w tych sezonach.

Średnie pH badanych roztworów glebowych wynosiło do 4,22 do 6,74 na głębokości 25 cm oraz od 4,37 do 8,11 na głębokości 50 cm. Najbardziej kwaśne roztwory występowały w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem, Chojnowie i Kruczu z pH 4,2-4,4 na głębokości 25 cm i 4,4-4,6 na głębokości 50 cm.

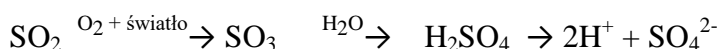
Wysokie stężenia jonów w roztworach glebowych (1100-4200 μmol_c·dm⁻³) wystąpiły na powierzchniach i na głębokościach, na których występowało mniejsze zakwaszenie (Białowieża, Suwałki, Strzałowo i Bircza).

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu przyjął znacznie niższe od jedności wartości (0,4-0,8) w roztworach glebowych na obu głębokościach w drzewostanach sosnowych w Nadl. Chojnów, Krucz i Zawadzkie, w drzewostanach świerkowych w Nadl. Szklarska Poręba i Piwniczna oraz w drzewostanie bukowym w Nadl. Gdańsk.

9. ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA ORAZ OCENA ZAGROŻENIA ZAKWASZENIEM I EUTROFIZACJĄ TERENÓW LEŚNYCH W POLSCE NA PODSTAWIE WYNIKÓW BADAŃ NA SPO MI W OKRESIE 2010-2014 – ANNA KOWALSKA, PAWEŁ LECH

Źródła i przekształcenia związków siarki i azotu w atmosferze

Głównym źródłem emisji SO₂ do atmosfery jest spalanie paliw, głównie węgla, w źródłach stacjonarnych (blisko 100% emisji w Polsce [KOBiZE, 2016]). Największy udział w emisji dwutlenku siarki ma sektor produkcji i transformacji energii – 47,4%, następnie procesy spalania poza przemysłem (do celów komunalnych) – 32,4% oraz w przemyśle – 18,7% (KOBiZE, 2016). Wskutek kontaktu z cząsteczkami wody i tlenu oraz dzięki promieniowaniu słonecznemu cząsteczki SO₂ ulegają w atmosferze przekształceniu tworząc zakwaszające środowisko jony siarczanowe i wodorowe wg następującego schematu:



Głównymi źródłami tlenków azotu w atmosferze w 2014 roku były: transport drogowy (30,5% emisji) i spalanie paliw kopalnych w sektorze produkcji i transformacji energii (30,0%), a także inne pojazdy i urządzenia (13,4%), procesy spalania poza przemysłem (11,6%) i w przemyśle (9,4%) (KOBiZE, 2016). Podobnie jak dwutlenek siarki, tlenki azotu przechodzą w atmosferze transformację wg następujących wzorów:



Powstające jony azotynowe i azotanowe, pobierane są aktywnie przez rośliny, w których ulegają redukcji i zostają włączone do aminokwasów. Mogą zatem z jednej strony stymulować wzrost, ale z drugiej ich nadmierna „podaż” może prowadzić do zakwaszania komórek, co nasila się zwłaszcza w obecności dwutlenku siarki, który hamuje aktywność reduktazy azotanowej.

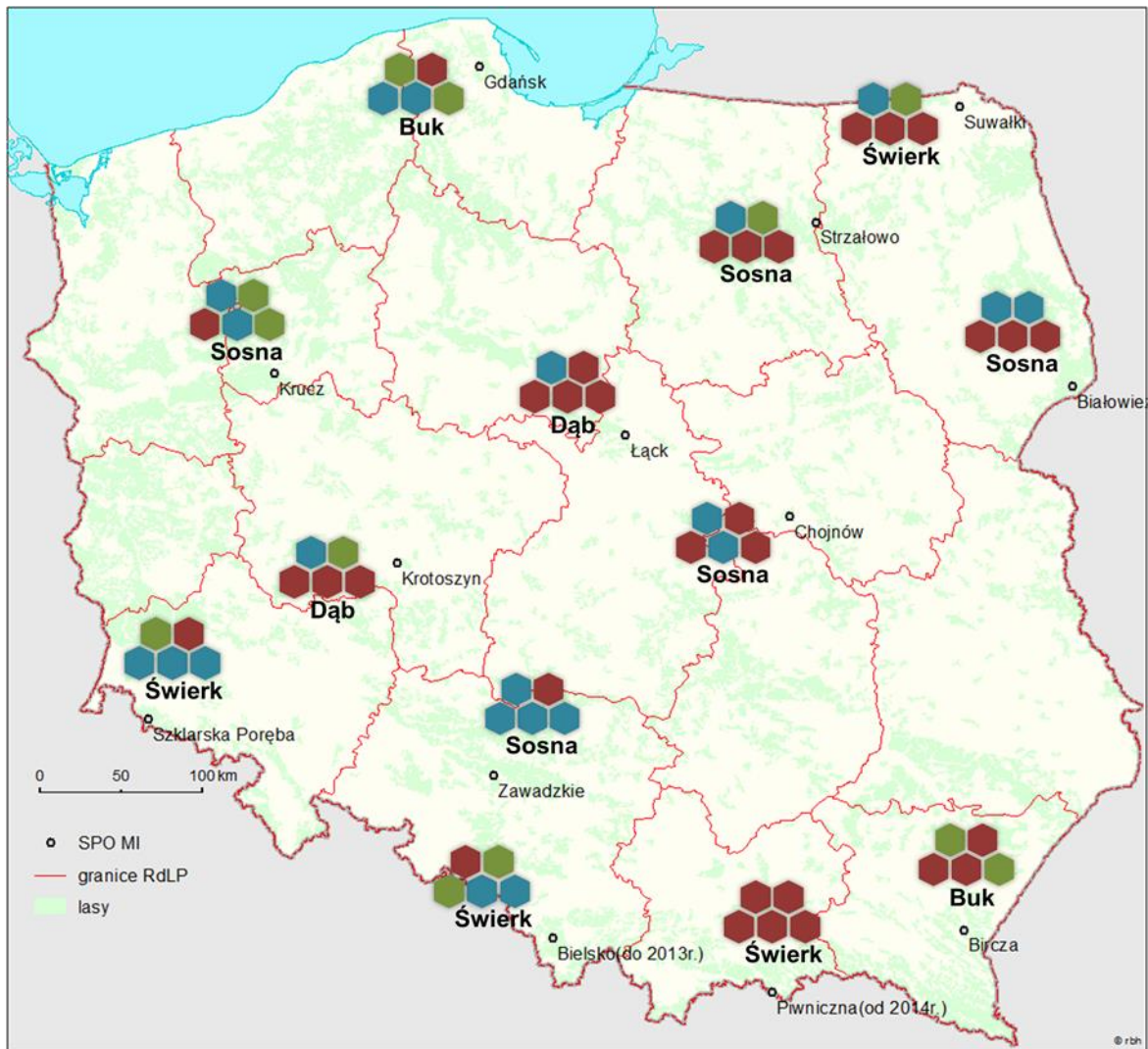
Zmiany emisji i koncentracje gazowych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w ostatnich dekadach

W ostatnich dziesięcioleciach zarówno w Europie, jak i w Polsce znacząco zmniejszyły się emisje tlenków siarki oraz tlenków azotu. Jak wskazują dane publikowane w rocznikach statystycznych GUS, w przypadku SO_2 redukcja emisji była szczególnie duża do roku 2009, zaś w ostatnich kilku latach zdecydowanie mniejsza. Spadek emisji tlenków azotu był, w porównaniu do zmian emisji SO_2 , dużo wolniejszy i praktycznie zakończył się około roku 2002. W okresie 2002-2014 odnotowano łączny spadek emisji na poziomie około 9,2%, głównie za sprawą spadku emisji pomiędzy latami 2013 i 2014 o około 6,6% (Dębski i in., 2016). Zmniejszającym się emisjom towarzyszyło obniżanie się koncentracji zanieczyszczeń powietrza, rejestrowane na 12 SPO MI na terenach leśnych w Polsce. Było ono szczególnie wyraźne w przypadku SO_2 do roku 2010, po którym nastąpiła stabilizacja jego koncentracji w powietrzu. W przypadku tlenków azotu pomiary metodą pasywną na 12 SPO MI w okresie 1998-2014 nie wskazują na występowanie trendu spadkowego ich koncentracji w powietrzu. Przez większą część okresu pomiarów na wszystkich powierzchniach utrzymywała się fluktuacja stężenia NO_x i wyraźny trend boczny, zaś po roku 2010 zaznaczył się niewielki, ale wyraźny wzrost koncentracji tego gazu w powietrzu.

Zagrożenie zakwaszeniem i eutrofizacją występujące na SPO MI w okresie 2010-2014

Najnowsze analizy wskazują, że w 2010 r. depozyt kwasowości przekraczał ładunki krytyczne na około 7% powierzchni ekosystemów lądowych Europy (8% na terenie Unii Europejskiej) oraz znacząco więcej – 49% powierzchni ekosystemów lądowych Polski (Hettelingh i in., 2015). Wraz ze zmniejszaniem się emisji i depozytu związków zakwaszających oczekiwac należy zmniejszania się udziału ekosystemów zagrożonych zakwaszeniem w Europie do około 2% w 2020 r. W Polsce, przy założeniu pełnego ograniczenia poziomu emisji do wielkości wskazanych w Protokole z Geteborga (1999) również nastąpiłaby znacząca redukcja udziału areału ekosystemów zagrożonych zakwaszeniem – do około 24% (Hettelingh i in., 2014). W przypadku zagrożenia eutrofizacją obraz nie jest już tak korzystny. W 2010 r. przekroczenia ładunku krytycznego eutrofizacji występowało na około 62% areału ekosystemów lądowych Europy (75% w UE) oraz na 89% ekosystemów lądowych Polski (Hettelingh i in., 2015). Do roku 2020, w przypadku redukcji emisji do poziomu wskazanego w Protokole z Geteborga (1999), udział powierzchni zagrożonych eutrofizacją zmniejszy się do 55% w całej Europie (54% w UE) oraz 64% w Polsce (Hettelingh i in., 2014). Oznacza to, że redukcja powierzchni zagrożonej eutrofizacją będzie mniejsza niż zagrożonej zakwaszeniem.

Wyniki pomiarów depozytu zanieczyszczeń realizowane w ramach monitoringu lasów na SPO MI potwierdzają powyższe szacunki. Stałe przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości odnotowano w okresie 2010-2014 na 3 SPO MI: Zawadzkie (sosna), Szklarska Poręba (świerk) i Gdańsk (buk), a okresowo na SPO MI w Bielsku (świerk). Na wszystkich tych powierzchniach stosunek kationów do glinu w roztworach glebowych nie przekraczał jedności w całym 5-cio letnim okresie, co może wskazywać na toksyczność Al dla korzeni drzew. $BC/Al < 1$ rejestrowano również nieprzerwanie na powierzchniach sosnowych w Chojnowie i Kruczu. Również kolejny parametr – pojemność zobojętniania kwasów wód opadowych (ang. acidity neutralization capacity - ANC) osiągał wartości poniżej zera,



Zastosowane oznaczenia



Gatunek drzewa **Sosna**
dominujący w drzewostanie

- wartości krytyczne nie były przekraczane w żadnym roku z okresu 2010-2014
- wartości krytyczne były przekraczane w niektórych latach
- wartości krytyczne były przekraczane we wszystkich latach z okresu 2010-2014

Objaśnienia:

- Dep. N - depozyt azotu
- ŁK N - ładunek krytyczny azotu
- Dep. K - depozyt kwasowości
- ŁK K - ładunek krytyczny kwasowości
- NO₃ - azotany
- BC/Al - stosunek kationów do glinu
- ANC- pojemność zobojętniania kwasów wód opadowych (ang. acidity neutralization capacity)

Rysunek 22. Zagrożenie zakwaszeniem i eutrofizacją występujące na SPO MI w Polsce

wskazując na ryzyko zakwaszania, w sposób ciągły na SPO MI w Szklarskiej Porębie, Bielsku oraz Zawadzkiem, zaś okresowo na SPO MI w Kruczu, Gdańsku i Birczy (buk). Oznacza to, że najbardziej zagrożone zakwaszeniem były SPO MI ze świerkiem w Szklarskiej Porębie i Bielsku, z sosną w Zawadzkiem i Kruczu oraz z bukiem w Gdańsku. Na SPO MI w Chojnowie (sosna) i Birczy (buk) zagrożenie zakwaszeniem było zdecydowanie mniejsze – wskazywał na nie jedynie jeden z 3 analizowanych wskaźników, zaś na pozostałych powierzchniach – w Suwałkach i Piwnicznej (świerk), Białowieży i Strzałowie (sosna), Krotoszynie i Łącku (dąb) zagrożenie to nie występowało – żaden z analizowanych wskaźników nie przekraczał poziomu krytycznego (Rys. 22).

Ciągle w okresie 2010-2014 przekroczenia ładunków krytycznych azotu i związanego z tym zagrożenia eutrofizacją występowały na 8 SPO MI: Łąck i Krotoszyn (dąb), Strzałowo, Krucz, Zawadzkie, Chojnow i Białowieża (sosna) oraz Suwałki (świerk). Ponadto na kolejnych 3 powierzchniach takie przekroczenia występowały okresowo (Gdańsk i Bircza – buk oraz szklarska Poręba – świerk). Z kolei poziom azotanów w roztworach glebowych przekraczający 0,2 mg/l, wskazujący na nadmierny poziom azotu w glebie, stwierdzany był w sposób ciągły jedynie na SPO MI z sosną w Białowieży, oraz okresowo na powierzchniach świerkowych w Suwałkach i Bielsku, sosnowych w Kruczu i Strzałowie (sosna) oraz dębowej w Krotoszynie. Wynika stąd, że najsilniej zagrożoną eutrofizacją powierzchnią monitoringu intensywnego była ta położona w Białowieży (sosna) – obydwie wskaźniki przekraczały w sposób ciągły poziomy krytyczne, a następnie w Kruczu i Strzałowie, Suwałkach (świerk), Krotoszynie (dąb), gdzie jeden ze wskaźników przekraczał poziom krytyczny w sposób ciągły, zaś drugi - okresowo. Na SPO MI w Łącku (dąb), Chojnowie (sosna), Gdańsku i Birczy (buk), Szklarskiej Porębie i Bielsku (świerk) przekroczenia poziomów krytycznych dotyczyły tylko jednego ze wskaźników, zaś na powierzchni w Piwnicznej (świerk) takich przekroczeń nie stwierdzono (Rys. 22).

CZĘŚĆ III INFORMACJE OGÓLNE I PODSUMOWANIE

10. INTENSYWNOŚĆ OBRADZANIA I JAKOŚĆ NASION SOSNY NA TERENACH LEŚNYCH W KRAJU – WŁADYSŁAW KANTOROWICZ

Badania monitoringowe nad wydajnością i jakością nasion sosny prowadzono jesienią 2015 r. Zebrano próbki reprezentujące łącznie 91 drzewostanów. 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 Instytutu Badawczego Leśnictwa.

Według prognozy urodzaj sosny w sezonie 2015/2016 miał wynieść 31%, o 7% mniej od średniego z dziesięciolecia 2005-2014 i o 3% więcej od średniego z lat 1951-2010 (Kantorowicz, 2015). Średnia wydajność nasion z szyszek wyniosła 1,46% i była o 0,1% niższa, niż w poprzednim sezonie wegetacyjnym. Najwyższą wydajność nasion z szyszek uzyskano z drzewostanów z terenu RDLP: Kraków, Szczecinek (po 1,69%) i Warszawa (1,63%). Najniższą wydajnością nasion charakteryzowały się szyszki z terenu RDLP: Zielona Góra, Białystok i Szczecin (odpowiednio: 1,03%, 1,24% i 1,29%). Na terenie sześciu nadleśnictw (Solec Kujawski, Oborniki, Milicz, Cybinka, Gubin i Bolesławiec) stwierdzono wydajność poniżej 1%.

Średnia masa jednej szyszki wynosiła 6,38 g (od 4,11 g do 11,53 g). W jednej szyszce znajdowało się od 5 do 29 nasion, średnio 15. Masa 1000 sztuk nasion wynosiła od 4,98 g do 7,97 g, średnio 6,32 g. Żywotność nasion większości próbek była wysoka, tylko w przypadku jednej próbki z Nadleśnictwa Niepołomice była na poziomie II klasy (zdolność kiełkowania wyniosła 83%, a energia kiełkowania – 75%). Próbka ta po poddaniu jej testowi postarzania skiełkowała nadzwyczaj dobrze, zdolność kiełkowania wynosiła 97%, a energia kiełkowania – 93%. Nasiona z trzech nadleśnictw (Kaliska, Kolbudy oraz Ruda Maleniecka) po poddaniu testowi postarzania wykazały się zmniejszoną odpornością i ich żywotność obniżyła się do poziomu II klasy.

Średnia wydajność nasion z szyszek wyniosła 1,46%, średnia masa jednej szyszki – 6,38 g natomiast przeciętna liczba pełnych nasion w jednej szyszce – 15 sztuk. Żywotność nasion większości próbek była wysoka.

11. POŻARY LASÓW – JÓZEF PIWNICKI I RYSZARD SZCZYGIEL

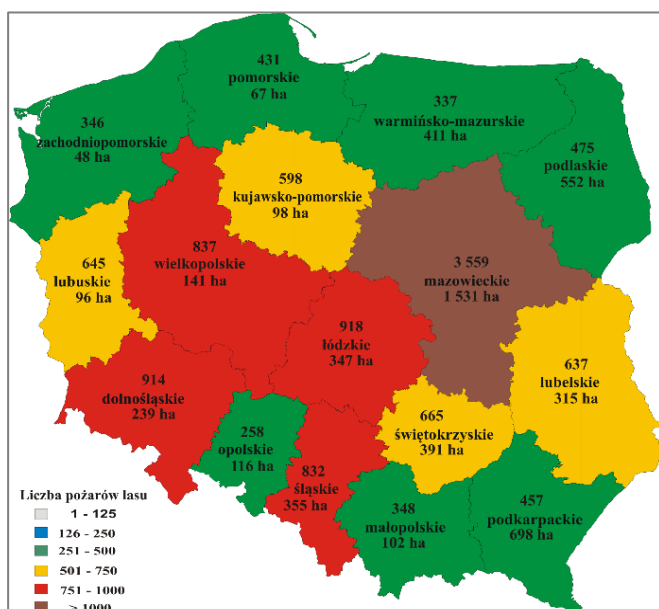
W 2015 r. powstało w Polsce 12 257 pożarów (o 7 012 więcej niż w roku ubiegłym), w tym 30,45% (3 732 pożary, o 1 907 więcej niż w 2014 r.) w Lasach Państwowych. Ogółem spłonęły lasy na powierzchni 5 510 ha (o 2 820 więcej niż w roku ubiegłym), w tym 15,93%

(878 ha, o 317 ha więcej niż 2014 r.) w Lasach Państwowych. W ostatnim 5-leciu w LP w sumie spaleni uległo 3 496 ha, tj. o 498 ha więcej niż w poprzednim 5-letnim okresie (2010-2014). Udział tej powierzchni w LP w ogólnej powierzchni spalonej w kraju wynosił 18%. Średnio w minionym 5-letnim okresie powierzchnia objęta pożarami w Polsce (3 880 ha) wzrosła wobec poprzedniego 5-lecia (3 204 ha) o 676 ha.

W 2015 r. średnia powierzchnia pożaru w lasach wyniosła 0,45 ha, w LP – 0,24 ha, a w lasach pozostałych form własności (głównie niepaństwowych) – 0,54 ha (w 2014 r. wartości te wynosiły odpowiednio: 0,51 ha, 0,31 ha, 0,62 ha).

Sezon palności w 2015 r. charakteryzowało duże zagrożenie pożarowe, ogólnopolski stopień zagrożenia pożarowego lasu (OSZPL) wyniósł dla obszaru całego kraju 1,8, podczas gdy średnia wieloletnia wynosi 1,6. Procentowy udział występowania najwyższego 3. stopnia zagrożenia pożarowego lasu w sezonie palności wynosił średnio 34% i był wyższy od średniego udziału wieloletniego. Najbardziej palnym miesiącem w 2015 r. był sierpień (33,7% pożarów, tj. 4 129), następnie kwiecień (12,9%), czerwiec (12,7%) i lipiec (12,0%). W sezonie palności (kwiecień-wrzesień) powstało łącznie 84,4% pożarów, a najmniej było ich w maju (6,2%) i wrześniu (6,9%).

Najwięcej pożarów, podobnie jak w ubiegłym roku, było na terenie województwa mazowieckiego (3 559 - 29% ogólnej liczby), natomiast najmniej w województwach opolskim (258) i warmińsko-mazurskim (337) – Rys. 23.



Rys. 23. Liczba pożarów lasu i powierzchnia spalona w województwach w 2015 r.

Największe powierzchnie spalone lasów odnotowano w województwie mazowieckim (1 531 ha), duże – w podkarpackim (698 ha) i podlaskim (552 ha), natomiast najmniejsze w zachodniopomorskim (48 ha) i pomorskim (67 ha).

Najwięcej pożarów w LP w 2015 roku powstało w RDLP Katowice (531), dużo w RDLP Wrocław (465), Zielona Góra (332) i Szczecin (321). Największą powierzchnię objęły pożary na terenie RDLP Katowice (160

ha), Warszawa (94 ha) i Wrocław (91 ha).

W 2015 r. w kraju było łącznie 28 dużych pożarów i 4 bardzo duże (>100 ha), (w 2014 r. – 19 dużych i 2 bardzo duże). W Lasach Państwowych w 2015 r. powstał jeden duży pożar, w wyniku którego spłonęło 17,96 ha lasu, (RDLP Olsztyn, Nadleśnictwo Myszyniec), natomiast w 2014 r. odnotowano trzy duże pożary o łącznej powierzchni 157,9 ha (2 w RDLP Olsztyn, w Nadleśnictwach Myszyniec i Ostrołęka oraz 1 w RDLP Wrocław, w Nadleśnictwie Legnica). Na terenach użytkowanych przez wojsko w 2015 roku powstało 165 pożarów, które objęły 776,17 ha (w 2014 roku było ich 102 na powierzchni 607,21 ha).

43% wszystkich pożarów w lasach powstało wskutek podpażeń, 29% wskutek zaniedbań, 8% wskutek wypadków, 1% z przyczyn naturalnych, natomiast przyczyny 19% pożarów nie ustalono. W Lasach Państwowych podpalenia stanowiły 40% wszystkich pożarów, zaniedbania – 16%, a przyczyna 37% pożarów jest nieznana.

W roku 2015 zarejestrowano 12 257 pożarów lasu (o 7 012 więcej niż w roku ubiegłym), w tym 30,45% (3 732 pożary) w Lasach Państwowych. Ogółem spłonęły lasy na powierzchni 5 510 ha (o 2 820 ha więcej niż w roku ubiegłym), w tym 15,93% (878 ha) w Lasach Państwowych.

Najwięcej pożarów, podobnie jak w ubiegłym roku, zarejestrowano na terenie województwa mazowieckiego (3 559 – 29% ogólnej liczby), najmniej w województwach opolskim (258) i warmińsko-mazurskim (337). Najwięcej pożarów w Lasach Państwowych powstało na terenie RDLP Katowice (531).

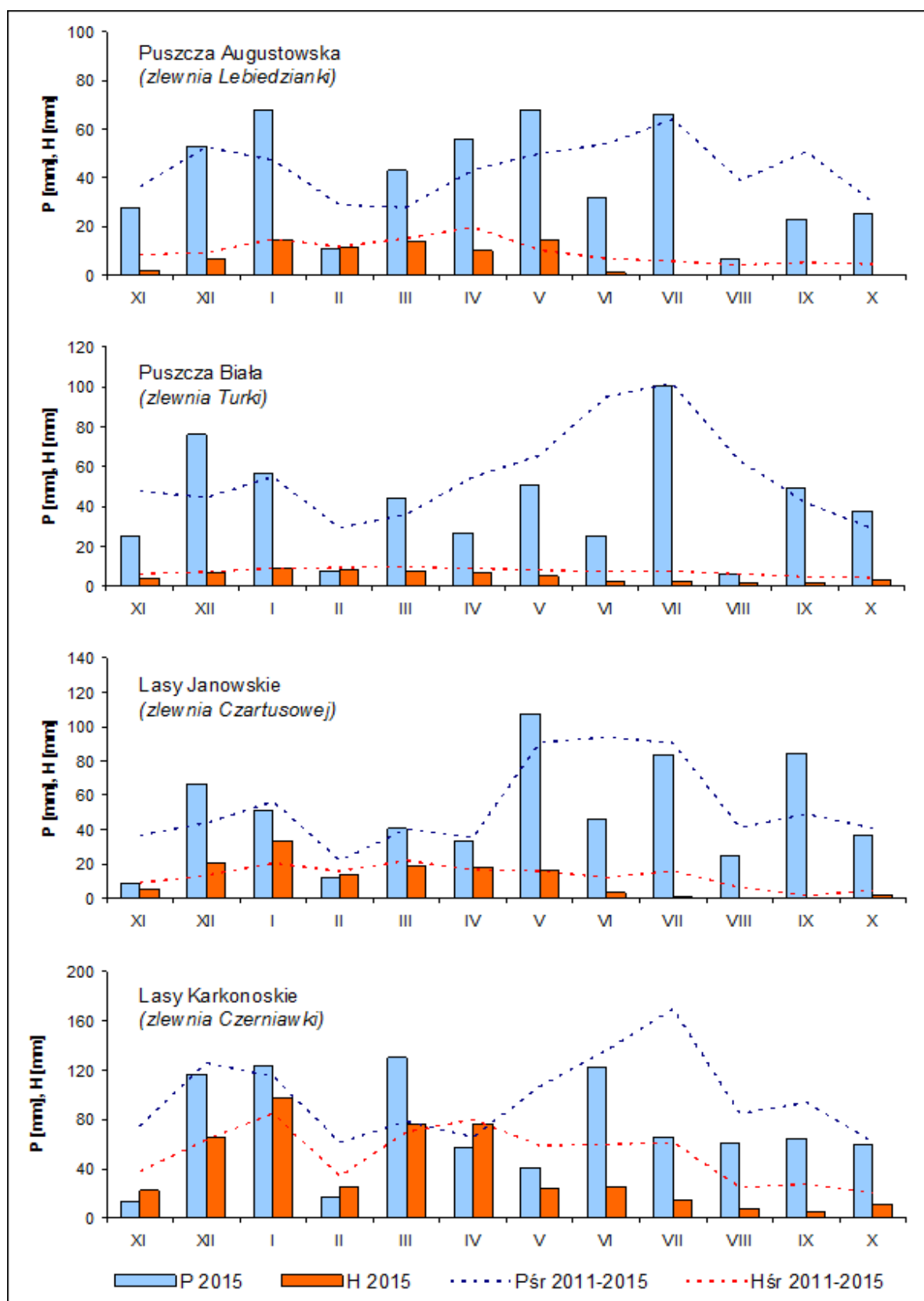
Najbardziej palnym miesiącem był sierpień (4 129 pożarów, 33,7% ogólnej liczby).

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

Prowadzone od wielu lat w Instytucie Badawczym Leśnictwa badania hydrologiczne w leśnych zlewniach mają na celu zebranie informacji o zasobach wodnych w lasach i trendach ich zmian. Jest to szczególnie istotne w okresie zmieniających się warunków klimatycznych. Analiza wyników umożliwi określenie niezbędnych działań ograniczających negatywne skutki tych zmian, zwłaszcza w aspekcie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych.

Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów opadu, odpływu i stanu wód gruntowych prowadzonych w roku hydrologicznym 2015 (od 1.11.2014 do 30.10.2015) w czterech małych zlewniach leśnych charakteryzujących wybrane kompleksy leśne. Zlewnie reprezentują typowe warunki fizjograficzne i leśne dla siedlisk nizinnych, wyżynnych i górskich. W badanych rzekach utrzymuje się nieprzerwany w ciągu roku przepływ wody. Na podstawie ciągłej rejestracji stanów wody w przekroju hydrometrycznym oraz kilkukrotnych w ciągu roku pomiarach przepływu obliczany jest odpływ wody ze zlewni. Stan uwilgotnienia

siedlisk jest charakteryzowany za pomocą pomiarów głębokości zalegania wód gruntowych. Wyniki uzyskane w 2015 r. porównano ze średnimi wartościami z okresów wieloletnich.



Rys. 24. Miesięczne wartości opadu (P) i odpływu (H) w zlewniach badawczych w 2015 r. na tle średnich 5-letnich

Zgromadzone wyniki badań dotyczą zlewni następujących rzek:

- **Lebiedzianka** (Puszcza Augustowska, Kraina Mazursko-Podlaska) – zlewnia o powierzchni 57,2 km², średnia rzędna terenu równa 126 m n.p.m, lesistość wynosi 84,2%, dominują siedliska boru świeżego, olsu jesionowego i boru mieszanego wilgotnego (drzewostany sosnowe z dużym udziałem olszy, brzozy i świerka),
- **Turka** (Puszcza Biała, Kraina Mazowiecko-Podlaska) – zlewnia o powierzchni 24,9 km², średnia rzędna terenu równa 110 m n.p.m, lesistość wynosi 77%, dominują siedliska boru mieszanego świeżego i boru świeżego (drzewostany sosnowe z niewielkim udziałem drzewostanów liściastych i domieszką świerka),
- **Czartusowa** (Lasy Janowskie, Kraina Małopolska) – zlewnia o powierzchni 12,9 km², średnia rzędna terenu równa 203 m n.p.m, lesistość wynosi 93%, dominują siedliska lasu mieszanego wilgotnego i boru mieszanego wilgotnego (drzewostany sosnowe z domieszką jodły i olszy),
- **Czerniawka** (Lasy Karkonoskie, Kraina Sudecka) – zlewnia o powierzchni 0,93 km², średnia rzędna terenu równa 876 m n.p.m, lesistość wynosi 97,6%, na siedliskach boru mieszanego górskiego i boru górskiego występuje starodrzew świerkowy.

Wyniki pomiarów hydrometeorologicznych

Opad atmosferyczny Rok 2015 charakteryzował się niskimi opadami w porównaniu do występujących w ostatnich 15 latach. Według podziału Kaczorowskiej półrocze letnie (V-X) można zakwalifikować jako suche (Czartusowa), bardzo suche (Turka) oraz skrajnie suche (Lebiedzianka, Czerniawka). W półroczu zimowym we wszystkich badanych zlewniach zanotowano niewielkie opady śnieżne. Okresy niemal bezopadowe przypadają:

- w Puszczy Augustowskiej na marzec-kwiecień i miesiące letnie,
- w Puszczy Białej i Lasach Janowskich na luty-kwiecień i sierpień-październik,
- w Lasach Karkonoskich na luty-kwiecień i sierpień-wrzesień.

Najbardziej suche pięciolecie 2011-2015 zanotowano w rejonie Puszczy Augustowskiej.

Odplyw rzeczny Niższe od średnich wieloletnich opady, relatywnie wysoka temperatura powietrza oraz związane z nią wyższe parowanie terenowe spowodowały wystąpienie w 2015 r. suszy hydrologicznej, której wskaźnikiem był niższy odpływ zarówno roczny, jak i półroczny we wszystkich zlewniach w porównaniu do wartości średnich z lat 2011-2015 i z okresów wieloletnich (Rys. 24).

Po okresie podwyższonych odpływów pozimowych przypadających w zlewniach nizinnych na miesiące II-IV, a w Czarnawce na III-V, przez niemal cały okres półrocza letniego odpływy miesięczne były wyraźnie niższe od ich średnich wartości z pięciolecia 2011-2015. Szczególnie niewielkie odpływy minimalne wystąpiły latem i jesienią w zlewniach o dużej wilgotności siedlisk rzek Lebedzianka i Czartusowa. Wyjątkiem był wysoki odpływ w maju w zlewni Lebedzianki, jako efekt ponad normalnych opadów wiosennych. Na Turce i Czarnawce odpływy roczne były tylko niewiele niższe od średnich wieloletnich.

Wody gruntowe Najważniejsze z punktu widzenia zaspokojenia potrzeb wodnych drzewostanów, oprócz wielkości i regularności występowania opadu, na siedliskach wilgotnych, bagiennych, łągowych oraz mieszanych świeżych jest średnia głębokość zalegania wód gruntowych pod powierzchnią terenu oraz ich dynamika, zwłaszcza w fazach rozwoju roślinności. Wszystkie pomiary z 2015 r. wskazują na niższy, w granicach 9-30 cm, poziom zalegania wód gruntowych w stosunku do średnich 5-letnich, przy czym wielkość obniżenia stanu wody w końcu sezonu wegetacyjnego sięgała powyżej 30 cm.

Analiza zmian parametrów hydrologicznych w dłuższych okresach obserwacyjnych wskazuje na występowanie trendu zmniejszania się dyspozycyjnych zasobów wodnych w badanych kompleksach leśnych i pogarszanie się relacji pomiędzy opadem atmosferycznym a odpływem rzeczny.

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 2011-2015, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- 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 Condition in Europe - 2015 Technical Report of ICP Forests* (UNECE, Hamburg, 2016)
- 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). *Komunikat nr 68 o przewidywanym urodzaju nasion najważniejszych gatunków drzew leśnych w Polsce w 2015 r.* Sękocin Stary, 35 ss.
- Kantorowicz W. (2016). *Sprawozdanie z przebiegu oceny oraz wyniki badania jakości nasion drzew i krzewów leśnych w Polsce w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2015*. Sękocin Stary, 57 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 SO₂, N O_x, CO, NH₃, 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
- Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2013-2014 w układzie klasyfikacji SNAP i NFR. Raport podstawowy (2016)*. Instytut

Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa. [dostęp: 18 maja 2016 r.]
http://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/Bilans_emisji_-_raport_podstawowy_2014.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
- 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.
- Ochrona Środowiska, Environment* (2015). Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, 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>
- 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.