

Prądnik. Prace Muz. Szafera	19	7–18	2009
-----------------------------	----	------	------

JÓZEF PARTYKA¹, ZBIGNIEW CAPUTA², TADEUSZ NIEDŹWIEDŹ²

¹ Ojcowski Park Narodowy, 32–047 Ojców 9

² Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec

**BADANIA WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN ŚRODOWISKA
PRZYRODNICZEGO W OJCOWSKIM PARKU NARODOWYM**

**Studies of current changes in the natural environment
in the Ojców National Park**

ABSTRACT. The work is a kind of an introduction to the monograph prepared as part of the project “Current changes in the natural environment in different topoclimatic conditions of the Kraków Upland. A case study of the Ojców National Park (ONP)”. This interdisciplinary project concentrated on research in the fields of climatology, geomorphology, hydrology, phytosociology, dendrochronology and environmental protection, carried out in the years 2007–2010. The direct effect of these studies was determining current trends in the development of the natural environment of the ONP and establishing their relation to the present climatic changes.

KEY WORDS: environment, current changes in the environment, climate changes, topoclimate, Ojców National Park, Kraków-Częstochowa Upland.

WSTĘP

W latach 2007–2009 realizowano badania nad stanem środowiska przyrodniczego Ojcowskiego Parku Narodowego (OPN) w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178: „Współczesne zmiany środowiska przyrodniczego w różnych warunkach topoklimatycznych Wyżyny Krakowskiej na przykładzie Ojcowskiego Parku Narodowego (OPN)”. Ten interdyscyplinarny projekt koncentrował się na badaniach zakresu klimatologii, geomorfologii, hydrologii, fitosocjologii, dendrochronologii oraz ochrony środowiska. Jego bezpośrednim efektem było poznanie współczesnych tendencji rozwoju środowiska przyrodniczego OPN i ich relacji do współczesnych zmian klimatycznych, a więc:

- określenie obecnych trendów zmian tego środowiska,
- wskazanie najważniejszych zależności przestrzennych pomiędzy roślinnością a warunkami topoklimatycznymi,
- określenie zagrożeń unikatowych górskich gatunków roślin OPN wskutek zmian klimatycznych.

- Do głównych zadań badawczych należało określenie:
- zróżnicowania bilansu promieniowania słonecznego powierzchni OPN z uwzględnieniem położenia (wysokość nad poziomem morza, ekspozycja, nachylenie), ukształtowania i pokrycia terenu;
 - wpływu terenu na kształtowanie się pokrywy śnieżnej, roślinności i termiki podłoża;
 - rozkładu przestrzennego warunków mezoklimatycznych;
 - struktury i różnorodności zbiorowisk roślinnych wybranych powierzchni badawczych OPN, ich synekologicznych uwarunkowań oraz tendencji rozwojowych;
 - określenie współczesnych zmian i tendencji klimatycznych poprzez badania dendroklimatyczne;
 - zagrożeń walorów OPN ze względu na warunki klimatu lokalnego i ich ewentualne zmiany;
 - zagrożeń jakości powietrza oraz wód powierzchniowych jako elementów zależnych od ukształtowania terenu i jego użytkowania.

TEREN BADAŃ

Jako obszar badań wybrano Ojcowski Park Narodowy leżący w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej i obejmujący środkową część Doliny Prądnika o długości 12 km, dolną i środkową część Doliny Sąpowskiej o długości 5 km oraz przyległe tereny wierzchowiny jurajskiej stanowiącej najwyższą część Wyżyny Krakowskiej (do 513 m n.p.m.). Park Narodowy został utworzony w 1956 r., a jego obszar po kilku modyfikacjach granic, zajmuje obecnie 2146 ha. Strukturę użytkowania i pokrycia badanego obszaru przedstawia obraz wykonany przez satelitę środowiskowego Landsat 7 ETM+ (ryc. 1).

W rzeźbie terenu OPN wyróżniono dwie grupy form: dolinne i wierzchowinowe, najbardziej kontrastowo wpływające na warunki klimatu lokalnego. Do pierwszej grupy zaliczono duże doliny o charakterze kanionów krasowych (wcięte do około 100 m), małe doliny krasowe (np. Wąwóz Jamki), wąwozy i wciosy, a także terasy oraz stożki napływowe i usypiskowe. Dla drugiej grupy charakterystyczne były formy rozsiane na falistej wierzchowinie jurajskiej liczne ostańce wapienne otoczone utworami czwartorzędowymi.

METODY BADAŃ

Tło do współczesnych zmian środowiska przyrodniczego stanowiły badania klimatyczne prowadzone w kilku punktach na obszarze OPN. Bazując na dotychczasowych bardzo dobrych opracowaniach klimatu OPN w różnych skalach z lat wcześniejszych (Klein 1967, 1974) rozbudowano istniejącą stację meteorologiczną Park Zamkowy (PZ) usytuowaną na dnie Doliny Prądnika (ryc. 1, 2) w pobliżu muzeum (50°12'35"N, 19°49'44"E, wysokość 322 m n.p.m.), którą wyposażono w czujniki do pomiaru elementów bilansu promieniowania słonecznego. Stacja wierzchowinowa została zainstalowana w Lepiance Czajowskiej (LCz) na wysokości 483 m n.p.m. (50°12'23"N, 19°47'04"E), a więc 161 m nad dnem Doliny Prądnika; na terenie płaskim, o małym zasłonięciu horyzontu i dobrze reprezentującym warunki klimatyczne



Ryc. 1. Obszar Ojcowskiego Parku Narodowego w obrazie satelity Landsat 7 ETM+ (20.08.2009). Białe punkty oznaczają lokalizację stacji meteorologicznych: LCz – Lepianka Czajowska, PZ – Park Zamkowy. Oprac. J. Wojkowski

Fig.1. Ojców National Park area in image satellite Landsat 7 ETM+ (20.08.2009). The white points mark location meteorological stations: LCz – Lepianka Czajowska, PZ – Park Zamkowy. Elaborated by J. Wojkowski



Ryc. 2. Usytuowanie stacji meteorologicznej w Parku Zamkowym w Ojcowie. Fot. R. Cieślík
Fig. 2. Location of meteorological station in Park Zamkowy at Ojców. Photo by R. Cieślík



Ryc. 3. Usytuowanie powierzchni badawczej na Grodzisku. Fot. R. Cieślík
Fig. 3. Location of research area in Grodzisko. Photo by R. Cieślík.



Ryc. 4. Powierzchnia badawcza na Grodzisku. Strzałki oznaczają usytuowanie mikrorejestratorów na południowym stoku na murawie kserotermicznej (po lewej) i w ciepłolubnych zaroślach (po prawej). Fot. Z. Caputa

Fig. 4. Research area at Grodzisko. The narrows mark location the microloggers on southern slope in xerothermic grass (on left) and in thermophilous brushwood (on right). Photo by Z. Caputa

najwyższej części Wyżyny Krakowskiej. Ta para stacji pozwoliła zarówno na rozpoznanie współczesnych warunków radiacyjnych (strukturę, przebieg i rozkład przestrzenny w różnych aspektach omówione przez Z. Caputę i J. Wojkowskiego w tym tomie), ale i na ilościową charakterystykę różnic mezoklimatycznych związanych z powszechnym występowaniem zjawiska inwersji temperatury w Dolinie Prądnika podjęte przez T. Niedźwiedzia i Z. Caputę.

Pomiary mikroklimatyczne prowadzono w ścisłym powiązaniu z badaniami dynamiki wybranych, najbardziej charakterystycznych dla OPN, zbiorowisk roślinnych. Polegały one na rejestracji temperatury powietrza w 15 punktach z interwałem 10-minutowym przez mikrorejestratory, umieszczone na dwóch wysokościach: 150 cm nad gruntem w specjalnych osłonach antyradiacyjnych i drugi czujnik w poszyciu – 10 cm nad powierzchnią gruntu. Czujniki zostały przetestowane na stacji meteorologicznej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu zarówno przed rozpoczęciem pomiarów terenowych jak i po ich zakończeniu.

Stan rozwoju wybranych drzew oceniono na podstawie badań dendrochronologicznych. Dodatkowe materiały uzyskane z drewna historycznego (budynki mieszkalne, muzeum, młyny wodne) pozwoliły także na ocenę tendencji warunków termicznych lata. Badania fitosocjologiczne były prowadzone na powierzchniach badawczych „Czyżówki” i „Grodzisko” (ryc. 3, 4) oraz w środkowej i dolnej części Doliny Sąpowskiej (ryc. 5). Szczególną uwagę zwrócono na zbiorowiska murawowe i kserotermiczne.



Ryc. 5. Powierzchnia badawcza usytuowana w lesie na północnym stoku Doliny Saspowskiej obok ujścia Wąwozu Jamki. Fot. Z. Caputa

Fig. 5. Research area in Saspowska Valley in the forest near the outlet of Jamki Ravine. Photo by Z. Caputa

WYBRANE WYNIKI BADAŃ

Na podstawie danych archiwalnych OPN oraz pomiarów meteorologicznych J. Partyka i Z. Caputa scharakteryzowali klimat lokalny OPN. W artykule zarysowano historię badań klimatycznych na obszarze OPN, zestawiono wyniki pomiarów ze stacji PZ za lata 1990–2009 r. Stwierdzono wzrost temperatury powietrza o $0,4^{\circ}\text{C}$ w ciągu 10 lat w Dolinie Prądnika. Następnie dokonano analizy wyników badań wykonanych w latach 2008–2009. Dla porównania warunków klimatycznych dna doliny i wierzchowiny wybrano pogodne dni, zaś do porównania warunków klimatu lokalnego dna Doliny Prądnika i wierzchowiny wybrano dwie pory roku – lato (miesiące VI–VIII) i zimę (miesiące XII–II) z dwóch sezonów 2008–2009. Badania potwierdziły, że klimat lokalny dna Doliny Prądnika i wierzchowiny był kształtowany pod wpływem zróżnicowanej rzeźby, ekspozycji terenu oraz deniwelacji przekraczającej 100 m na stosunkowo niewielkiej przestrzeni.

Dodatkowo E. Brzeźniak opisał zmienność i strukturę opadów atmosferycznych w Dolinie Prądnika. Analizę oparł na materiale pochodzącym z punktu pomiarowego IMGW w Ojcowie (usytuowanego obok pstrągarni), obejmującym okres 1956–2005. W osobnym artykule ten sam autor przeprowadził analizę jakościowych i ilościowych cech zróżnicowania dobowych sum opadów atmosferycznych, w tym także sum maksymalnych na podstawie danych stacji PZ w latach 1990–2009.

W kolejnych rozdziałach J. Wojkowski i J. Partyka omówili wyniki obserwacji zachmurzenia nad Ojcowem i dokonali charakterystyki warunków śnieżnych w Dolinie Prądnika za lata 1989–2009. Codzienne obserwacje zachmurzenia na stacji PZ w latach 1990–2009 obejmowały jego wielkość i określenie rodzaju chmur. Prowadził je J. Partyka w trzech terminach: o godzinie 7.00, 13.00 i 19.00 czasu zimowego oraz 8.00, 14.00 i 20.00 czasu letniego. Obliczono średnie wartości zachmurzenia, liczbę dni bezchmurnych, pogodnych,

chmurnych, pochmurnych i całkowicie zachmurzonych w poszczególnych miesiącach oraz średnie dobowe i roczne. Dokonano również analizy jakościowej zachmurzenia, rozpatrując 10 rodzajów chmur przyjętych w klasyfikacji międzynarodowej. Częstość występowania rodzajów chmur wyrażono w liczbach przypadków w miesiącu, z uwzględnieniem poszczególnych terminów klimatologicznych.

Do charakterystyki pokrywy śnieżnej w Ojcowie wykorzystano dane z dwóch stacji meteorologicznych: „Pod Berłem” (PB) i PZ. Dane niwalne z nieistniejącej już dziś stacji PB pochodziły z lat 1989–1992, zaś ze stacji PZ dotyczyły okresu 1990–2009. Codzienne obserwacje obejmowały rejestrację rodzaju opadu, obecności pokrywy śnieżnej oraz pomiar jej grubości. Obliczono średnie wartości liczby dni z opadem śniegu (98 dni), częstość występowania i liczbę dni z pokrywą śnieżną (132 dni) oraz średnią jej grubość (18 cm).

J. Wojkowski przy pomocy metod GIS określił zróżnicowanie przestrzenne pokrywy śnieżnej i sporządził mapę rozkładu przestrzennego długości czasu jej zalegania na obszarze OPN (48–116 dni a średnia obszarowa 76 dni) oraz mapę miejsc pierwszego zanikania pokrywy śnieżnej i ostatniej jej obecności.

Zanieczyszczenie powietrza i opadów atmosferycznych na obszarze OPN omówił M. Leśniok, na podstawie danych ze stacji PZ z lat 1991–2009. Analiza rozkładu odczynu pH oraz przewodnictwa właściwego dla poszczególnych kierunków adwekcji powietrza wykazała napływ zanieczyszczonego powietrza z kierunków S, SW oraz SE. Otrzymane wyniki za lata 2004–2009 wskazały małe zanieczyszczenie powietrza na obszarze OPN, choć w przypadku SO_2 w LCz nieznacznie przekraczało dopuszczalną normę $11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Na stacji PZ średnie roczne stężenie SO_2 wynosiło $6,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zaś NO_2 – $6,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, natomiast w LCz analogiczne stężenia zanieczyszczeń kształtowały się odpowiednio $12,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ i $10,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Następnie Z. Caputa i J. Wojkowski w czterech artykułach przedstawili promieniowanie słoneczne analizowane w kilku aspektach. Na podstawie pomiarów aktynometrycznych radiometrem różnicowym CNR1 wykonano analizę struktury bilansu promieniowania w pełnym zakresie widma. Ukazano ilościowy dopływ i strukturę energii słonecznej oraz promieniowania długofalowego, ponadto obliczono ograniczenie w dostawie promieniowania słonecznego do wąskiego kanionu krasowego. Scharakteryzowano różnice w strukturze bilansu promieniowania na powierzchni murawy między otwartym terenem wierzchowiny a kanionem krasowym dla wybranych pogodnych dni roku. Opracowano przebieg i strukturę bilansu promieniowania dla charakterystycznych powierzchni OPN – murawy na wierzchowinie i dna Doliny Prądnika w latach 2008–2009 r. Ponadto obliczono i przedstawiono roczną strukturę bilansu promieniowania. Na jej podstawie stwierdzono, iż otwarta przestrzeń wierzchowiny dostała w sumie rocznej K_{\downarrow} 3805 i 4068 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ odpowiednio w 2008 i 2009 roku. W tym samym czasie wąski kanion krasowy otrzymał około 83% wartości strumienia K_{\downarrow} notowanego na stacji LCz. Suma roczna salda Q^* osiągnęła 2102 i 2231 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ odpowiednio w 2008 i 2009 roku. Na stacji PZ w wąskim kanionie krasowym notowano tylko 80% salda Q^* zarejestrowanego na stacji LCz na wierzchowinie Wyżyny Krakowskiej.

W osobnym artykule obliczono dopływ promieniowania słonecznego na podstawie algorytmu opartego na prawie Bouguera opisującego ekstynkcję promieniowania w atmosferze i wykorzystano numeryczny model terenu, z którego obliczone zostały elementy topografii takie jak zasłonięcie horyzontu, ekspozycje, spadki i wysokości względne. Sumując wynik modelowania dopływu promieniowania bezpośredniego oraz rozproszonego

obliczono całkowite promieniowanie słoneczne i sporządzono na tej podstawie mapy jego rozkładu na obszarze OPN. Podczas obliczeń usłonecznienia uwzględniane było nie tylko położenie geograficzne, ale również zasłonięcie horyzontu. Modelowanie wykonano dla okresu roku oraz dla przesileń zimowego i letniego. Roczne sumy promieniowania całkowitego kształtowały się w przedziale wartości od 1177 do 4348 MJ·m⁻², a wartość średnia roczna dla badanego obszaru wyniosła 3721 MJ·m⁻². W podobnie dużych przedziałach wartości kształtowała się roczna suma usłonecznienia możliwego, która wynosiła od 1181 do 4377 godzin i średnio 4045 godzin.

Przy pomocy narzędzi GIS ci sami autorzy wykonali klasyfikację pokrycia i użytkowania powierzchni OPN oraz obliczenia promieniowania całkowitego, odbitego i albedo wyróżnionych powierzchni. Efektem przeprowadzonej analizy były mapy rozkładu przestrzennego wymienionych składników na obszarze OPN. Wyniki porównano z pomiarami na powierzchni murawy przy pomocy CNR1 Kipp&Zonen w dwóch punktach OPN na otwartym terenie wierzchowiny oraz na dnie wąwozu krasowego.

Przy pomocy zdjęć satelitarnych Landsat 7 ETM+ i GIS dokonano oceny zdolności odbijania promieniowania słonecznego od powierzchni OPN. Rozkład przestrzenny albedo przedstawiono na mapach dla powierzchni OPN w czterech porach roku. Dodatkowo wartości albedo zostały zestawione w tabeli oraz zilustrowane na profilu przechodzącym przez charakterystyczne powierzchnie OPN.

T. Niedźwiedź określił sezonowe zróżnicowania temperatury średniej dobowej, temperatury maksymalnej i minimalnej oraz amplitudy dobowej temperatury powietrza między dnem Doliny Prądnika (PZ) a wierzchowiną Wyżyny Krakowskiej (LCz) przy poszczególnych typach cyrkulacji atmosfery. Stwierdzono, że średnia roczna temperatura powietrza na stacji LCz była o 0,7K wyższa niż na PZ. Różnice termiczne zależały jednak od pory dnia. W godzinach dziennych reprezentowanych przez temperaturę maksymalną powietrza omawiana różnica była ujemna i wynosiła -0,8K, co oznaczało, że wierzchowina była chłodniejsza niż dno doliny. Natomiast w godzinach nocnych zazwyczaj dno doliny było znacznie chłodniejsze niż wierzchowina i różnica przeciętna w temperaturze minimalnej między tymi formami terenu dochodziła niemal do 2K, a w skrajnym przypadku wyniosła aż 9,5K. Przy różnicy wysokości 161 m między stacjami reprezentującymi wypukłą i wklęsłą formę terenu największe różnice w temperaturze mierzonej co 10 minut ($\Delta T = T_{\text{wierzchowina}} - T_{\text{dolina}}$) dochodziły do 12,1K w godzinach nocnych podczas pogody bezchmurnej na wiosnę. Częstość inwersji temperatury minimalnej wynosiła aż 68% dni. Częstość inwersji średniej dobowej temperatury sięgała 59%, natomiast najrzadziej zdarzały się inwersje temperatury maksymalnej powietrza (15%). Najsilniejsze inwersje temperatury zdarzały się głównie przy sytuacjach wyżowych: S+SWa, Ca+Ka, E+SEa oraz przy sytuacji niżowej S+SWc. Biorąc pod uwagę masy powietrza, najbardziej sprzyjało występowaniu inwersji temperatury minimalnej powietrze polarno-kontynentalne oraz powietrze polarno-morskie ciepłe i zwrotnikowe. Powszechne było występowanie inwersji temperatury minimalnej przy małym zachmurzeniu (<20%), o czym świadczą średnie różnice termiczne, które są w tych warunkach największe na wiosnę (5,0K) i w jesieni (4,8K), nieco mniejsze w zimie (4,5K) i latem (4,4K). Przy niebie pochmurnym inwersje temperatury nie występowały.

Z. Caputa, na podstawie dwóch stacji Campbell (pomiar temperatury, wilgotności, prędkości i kierunku wiatru, opadu oraz bilansu promieniowania) oraz 15 rejestratorów Hobo omówił zróżnicowanie mezo- i mikroklimatyczne OPN. W artykule określono

wartości kontrastów klimatycznych między kanionami krasowymi, a wierzchołną, pomiędzy zboczem południowym, a północnym oraz ze względu na pokrycie roślinnością. Najwyższą średnią roczną temperaturę 8,7°C zarejestrowano na wierzchołnie LCz oraz na Skałkach Barwinkowych, nieznacznie niższą 8,5°C notowano dla grzbietu Czyżówek i stanowiska na wierzchołnie na Grodzisku. Było to związane z nagrzewaniem się powietrza na eksponowanych terenach wierzchołny oraz przy skałach krasowych. Najmocniej nagrzewało się powietrze na zboczu S osiągając maksimum roczne 33,2 °C w Grodzisku oraz 29,3°C na Czyżówkach. Natomiast minimalne temperatury były takie same dla obu zboczy na Czyżówkach (-13,4°C) i jeszcze niższe na Grodzisku do -15,2°C. Jeszcze wyższe kontrasty termiczne notowano przy powierzchni murawy. Było to związane z silnym nasłonecznieniem powierzchni oraz mniejszym przepływem powietrza ze względu na zarośla i wolno rosnące drzewa na zboczu S, co mogło być powodem wysokiej temperatury osiągającej nawet 54,1°C na wysokości 10 cm. Małe kontrasty termiczne stwierdzono dla powierzchni leśnych Doliny Sąpsowskiej. Średnia roczna temperatura wyniosła 8,2°C dla zbocza S i 8,1°C dla N, natomiast na dnie doliny tylko 7,4°C. Duże natężenie inwersji przyziemnej stwierdzono dla punktów zlokalizowanych na dnie wąwozów krasowych maksymalnie wynoszące 7,3K na stacji PZ ($\Delta T = T_{200} - T_{10cm}$) oraz Dolinie Sąpsowskiej 3,7K ($\Delta T = T_{150} - T_{10cm}$).

Badania dendrochronologiczne prowadziła M. Opała określając wpływ warunków klimatycznych na kształtowanie się szerokości przyrostu rocznego buka *Fagus sylvatica*, sosny *Pinus sylvestris* i jodły *Abies alba*. Stwierdzono iż, u tych drzew z terenu OPN występują pewne podobieństwa reakcji dendroklimatycznej. Najistotniejszy korzystny wpływ na tworzenie się przyrostów miały opady czerwca, a w przypadku buka także opady lipca. W osobnym artykule M. Opała przedstawiła zapis zróżnicowania mikroklimatycznego w przyrostach rocznych buka w Dolinie Sąpsowskiej. Potwierdzono zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych w transekcie przez parametry opisujące chronologie bukowe, przede wszystkim średnią szerokość przyrostu. Warunki pluwialne czerwca i lipca determinowały szerokość przyrostu buka w największym stopniu. Natomiast warunki termiczne marca i sierpnia istotnie wpływały na kształtowanie się słoje rocznych buka.

Badania nad zmianą rozmieszczenia i liczebnością wybranych gatunków kserotermicznych, ciepłolubnych i górskich, prowadził S. Michalik w obrębie masywu skalnego Czyżówki i jego otoczenia. Badaniem objęto 21 gatunków kserotermicznych, 4 gatunki ciepłolubne i 8 gatunków górskich. W grupie analizowanych gatunków kserotermicznych zdecydowana większość zmniejszyła liczebność populacji oraz areal występowania w stosunku do roku 1988. Tylko jeden gatunek *Digitalis grandiflora* nie zmienił liczebności. Dwa gatunki zmniejszyły liczebność w niewielkim stopniu, *Peucedanum cervaria* o 8% i *Galium boreale* o 9%. Większość gatunków kserotermicznych zmniejszyła swą liczebność w zakresie 10–40%. Zaskakujący był natomiast spadek liczebności o 40% w przypadku ceniolubnego gatunku *Asplenium viridae*. Mogło się to wiązać z występującą w ostatnich latach suszą w okresie wegetacyjnym i zmniejszoną wilgotnością powietrza. Pozostałe ceniolubne gatunki górskie zdecydowanie zwiększyły swą liczebność: *Dentaria glandulosa* o 22%, *Aconitum moldavicum* o 29%, *Phyllitis scolopendrium* o 39% i *Lunaria rediviva* o 51%.

W osobnym artykule S. Michalik przeprowadził analizę porównawczą przestrzennego rozmieszczenia zbiorowisk oraz zdjęć fitosocjologicznych z lat 1985–1986 i 2008 r. Analiza ta wykazała bardzo istotne zmiany ich arealów występowania oraz wyraźne trendy

sukcesji na obu badanych powierzchniach. Większe zmiany stwierdzono w kompleksie skalnym Czyżówek, który w przeszłości został częściowo odlesiony i roślinność była silnie zmieniona przez gospodarczą działalność człowieka. Północne stoki Chełmowej Góry nie były w ostatnim stuleciu odlesiane. Lasy podlegały tu eksploatacji, ale większość areалу objętego powierzchnią badawczą porastały drzewostany naturalne od kilkadziesiąt lat nie użytkowane. Stwierdzono niezbyt duże zmiany zbiorowisk roślinnych. W podszyciu znacznie zmniejszył się udział odnowień drzew szpilkowych, a ich miejsce zajęły: bez czarny *Sambucus nigra*, bez koralowy *S. racemosa*, malina *Rubus idaeus* i jeryzna *R. hirtus*. W ostatnim dwudziestolecu praktycznie wymarły w drzewostanie zupełnie sosna i świerk. Pod okapem rzadkiego już posuszu tych gatunków wykształciło się niższe piętro drzewostanu z dominacją buka. W runie stwierdzono drastyczny spadek udziału, a najczęściej zupełny zanik, typowych dla borów gatunków acydofilnych, takich jak: borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, konwalijka dwulistna *Majanthemum bifolium*, kosmatka gajowa *Luzula luzuloides*, przetacznik leśny *Veronica officinalis*, pszeniec zwyczajny *Melampyrum pratense*, jastrzębiec Lachenala *Hieracium lachenalii* i in. W ich miejsce rozprzestrzeniły się rośliny typowe dla żyznych lasów liściastych, np: kostrzewa olbrzymia *Festuca gigantea*, przytulia wonna *Galium odoratum*, prosownica rozpierzchła *Milium effusum*, gajowiec żółty *Galeobdolon luteum* i wiele innych.

A. Sołtys-Lelek przedstawiła strukturę i zmiany zbiorowisk roślinnych na powierzchniach badawczych – jednej w Grodzisku i dwóch w Dolinie Sąpowskiej. Najsilniejszą zależność pomiędzy stopniem nasłonecznienia, a występowaniem gatunków zaobserwowano w przypadku grup gatunków górskich oraz kserotermicznych i ciepłolubnych. Gatunki górskie stwierdzono tylko w II i III klasie nasłonecznienia (86–105%), natomiast gatunki kserotermiczne w klasach najwyższych V i VI (116–135%). W niskich klasach nasłonecznienia, do 105%, stwierdzono znaczny udział leśnych gatunków ciemiolubnych i oligotermicznych występujących w górskich zespołach buczyn *Dentario glandulosae-Fagetum*, ziołoroślach *Cirsium oleraceum-Urtica dioica* oraz na łące rajgrasowej *Arrhenatheretum elatioris* w zimnym dnie Doliny Sąpowskiej. Obserwowano to na powierzchniach badawczych „Grodzisko” i „Dolina Sąpowska środkowa”. Natomiast na zboczach bez większych ostańców struktura zbiorowisk była bardziej jednolita. Wyraźną zależność od ekspozycji północnej wykazywała buczyna karpacka *Dentario glandulosae-Fagetum* oraz gatunki górskie, które licznie w niej występowały. Drugie centrum rozsiedlenia gatunków górskich stanowiły zimne, wąskie dna dolin (zwłaszcza środkowej części Doliny Sąpowskiej) gdzie często zachodziło zjawisko inwersji termicznej. Z kolei, rosnące na suchych, niezbyt głębokich glebach murawy kserotermiczne *Origano-Brachypodietum* i *Festucetum pallentis*, ciepłolubne zarośla z *Cerasus fruticosa*, *Pruno-Ligustretum*, *Peucedano cervariae-Coryletum*, występowały na badanych powierzchniach, wyłącznie na zboczach o ekspozycji południowej.

Ostatnia praca R. Kostucha podsumowuje badania fitosocjologiczne i meteorologiczne w postaci analizy struktury i różnorodności zbiorowisk roślinnych w zróżnicowanych warunkach mikroklimatycznych na wybranych powierzchniach badawczych. Stwierdzono systematyczne zanikanie muraw kserotermicznych, a pojawianie się w ich miejscu zarośli i lasu. Tylko na południowych, silnie eksponowanych i nasłonecznionych stokach porośniętych zwartą murawą dominowały kserotermiczne gatunki. Główną przyczyną zanikania muraw i zmiany struktury roślinności była zmiana zagospodarowania dużych terenów OPN oraz mniejsze lub całkowicie zanikające koszenie i wypas łąk i zarośli.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Postawione dwanaście zadań w projekcie zostały podjęte przez zespoły z Uniwersytetu Śląskiego, Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie oraz pracowników Ojcowskiego Parku Narodowego, co pozwoliło w sposób kompleksowy przeprowadzić badania, analizować i opisać wybrane zmiany przyrodnicze w OPN. Wnikliwie scharakteryzowano: (1) klimat lokalny OPN, (2) przestrzenne zróżnicowanie promieniowania słonecznego, (3) elementy bilansu energetycznego, (4) kontrasty klimatyczne między wierzchołną a dnem doliny, (5) rozkład przestrzenny warunków mezoklimatycznych, (6) zróżnicowanie topoklimatyczne OPN od cyrkulacji atmosfery, (7) rekonstrukcję przebiegu temperatury, (8) kształtowanie się i zanik pokrywy śnieżnej, (9) zanieczyszczenia powietrza i wody, (10) kształtowanie roślinności, (11) zmiany klimatu lokalnego, roślinności i warunki środowiskowe, (12) wskazano zagrożenia dla walorów OPN.

Podsumowując stwierdzono, iż wymiernymi efektami badań były:

- rozbudowanie stacji Park Zamkowy o czujniki aktynometryczne oraz stałą rejestrację elementów meteorologicznych;
- uruchomienie stacji meteorologicznej z czujnikami aktynometrycznymi w Lepiance Czajowskiej;
- baza danych zawierająca archiwalne i aktualne dane klimatyczne, dane dotyczące występowania roślinności, jakości wody i powietrza dla obszaru OPN;
- mapa rozkładu całkowitego promieniowania słonecznego, usłonecznienia możliwego, promieniowania pochłoniętego, promieniowania odbitego, albedo powierzchni, kształtowania się i zanikania pokrywy śnieżnej;
- dendrochronologie dla buka, jodły i sosny z OPN;
- doniesienia i referaty na konferencjach naukowych;
- artykuły w czasopismach naukowych krajowych i zagranicznych;
- specjalny numer monograficzny w czasopiśmie OPN „Prądnik. Prace i Materiały Muz. W. Szafera”.

Zebrany materiał pozwala na skonstruowanie mapy topoklimatycznej z uwzględnieniem zmian struktury pokrycia i użytkowania OPN. Dlatego kontynuacją tego projektu będzie analiza wymienionych zmian w ciągu wybranego okresu.

Należy podkreślić, iż uzupełnienie Wyżyny Krakowskiej o stację meteorologiczną w partiach wierzchołkowych, w pobliżu najwyższego wzniesienia Skałki Jerzmanowickie (Lepianka Czajowska 483 m n.p.m.) wzbogaciła wiedzę na temat rozkładu przestrzennego elementów meteorologicznych dla tego obszaru. Dodatkowo czujniki aktynometryczne pozwoliły na pomiary dostawy i rozkładu energii słonecznej w charakterystycznych punktach Wyżyny Krakowskiej. Dlatego postuluje się utrzymać główne stacje pomiarowe w punktach Park Zamkowy oraz Lepianka Czajowska na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego.

Kończącym etapem nowej serii badań powinno być przeprowadzenie kolejnej regionalizacji klimatycznej Ojcowskiego Parku Narodowego i jego najbliższego otoczenia oraz opracowanie monografii mezo- i mikroklimatycznej jak postulują autorzy w artykule „Charakterystyka klimatu lokalnego OPN”. Od kompleksowych badań klimatu OPN wykonanych przez J. Kleina w latach 1964–1968 minęło już ponad 45 lat. Jego monograficzne opracowanie jest wciąż najpełniejszą analizą warunków klimatycznych OPN, jednakże

wyniki dotychczasowych badań w oparciu o zebrany materiał na podstawie wieloletnich obserwacji, a także nowe metody badawcze i dostęp do nowoczesnej aparatury pomiarowej upoważniają do podjęcia pełnej analizy klimatu Doliny Prądnika i Saspowskiej oraz opracowanie monografii klimatycznej OPN.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178.

SUMMARY

The work is a kind of an introduction to the conducted in the years 2007–2009 research project of the Ministry of Science and Higher Education “Current Changes in the Natural Environment in Different Topoclimatic Conditions of the Kraków Upland. A Case Study of the Ojców National Park (ONP)”. The studies focused on climatology, geomorphology, hydrology, phytosociology, dendrochronology, and the protection of the area’s environment. The direct effect of the research was determining current trends in the development of the natural environment of the ONP and establishing their relation to the present climatic changes. The main aims of the studies included determining:

- spatial variations in solar radiation balance in the ONP;
- effect of the terrain on snow cover forming, vegetation, and substrate thermal conditions;
- spatial distribution of mesoclimatic conditions;
- structure and diversity of plant communities in the selected study areas of the ONP;
- current climatic changes and tendencies through dendroclimatic studies;
- threats to the values of the ONP resulting from the local climate and possible changes in its conditions;
- threats to the quality of air and surface and underground waters as elements dependent on landforms and land use.

The subjects of a thorough characterisation were: local climate of the ONP, spatial variations in solar radiation, components of energy balance, climatic contrasts between the valley floor and the plateau, spatial distribution of mesoclimatic conditions, topoclimatic differentiation of the ONP in relation to atmospheric circulation, reconstruction of the course of temperature, snow cover forming and disappearance, threats to the quality of air and water, vegetation-forming processes, changes in the local climate and vegetation, and environmental conditions. Threats to the values of the ONP were also determined.

The significant effects of the studies are, among other things: development of the Park Zamkowy meteorological station which was equipped with actinometric sensors and constant element registration, establishing a meteorological station in Lepianka Czajowska, creating a database of archival and current climatic records, working out maps of distribution of total solar radiation, possible sunshine duration, absorbed and reflected radiation, surface albedo, and snow cover.