



Elwira Żmudzka

Zakład Klimatologii WGiSR
Uniwersytet Warszawski
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa
elwiraz@uw.edu.pl

Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe
Problemy Ekologii Krajobrazu, tom XVI
Warszawa 2006

Warunki topoklimatyczne Ponidzia Pińczowskiego – teoretyczne, metodyczne i praktyczne aspekty badań

Topoclimatological conditions of the Ponidzie Pińczowskie
– theoretical, methodical and practical aspects of research

Abstract: The aim of studies conducted in years 1994–2004 on the Ponidzie Pińczowskie was recognition of local climate differentiation, mainly in range of thermal, humidity and wind conditions in summer periods. Series of analytic maps were charted, based on 300 points from field measurements for different weather types. During weather with radiational type differentiation of the air temperature on the Ponidzie area was a dozen or so centigrade. Differentiation of relative humidity was of about 50%. As a result of field mapping procedure, the synthetic topoclimatological map was prepared in scale 1:25 000. As a basis of topoclimates classification, the type of energy exchange between atmosphere and its ground was distinguished according to Paszyński, Miara, Skoczek (1999).

Key words: topoclimate, temperature, humidity, Ponidzie Pińczowskie

Słowa kluczowe: topoklimat, temperatura, wilgotność, Ponidzie Pińczowskie

Dla właściwego kształtowania środowiska istotne znaczenie ma szczegółowe rozpoznanie warunków klimatycznych (typów topoklimatów) na danym obszarze. W skali lokalnej głównym czynnikiem wpływającym na zróżnicowanie klimatu jest oddziaływanie podłoża. Dlatego też przy określeniu warunków topoklimatycznych istotne jest kompleksowe rozpoznanie jego cech fizycznych, istotnych dla wymiany energii. Choć lokalne oddziaływania powodują tylko pewną modyfikację przebiegu procesów meteorologicznych, wynikających z działania makroskalowych czynników cyrkulacyjnych i geograficznych, w niektórych sytuacjach synoptycznych mogą być one znaczące i mogą stwarzać jakościowo odmienne warunki życia człowieka i form gospodarowania.

Obszar Niecki Nidziańskiej pod względem warunków klimatycznych jest obszarem niezmiernie ciekawym z powodu specyficznych cech klimatu, związanych z położeniem tego regionu i georóżnorodnością w jego obrębie (Romer 1949, *Narodowy Atlas Polski* 1973–1978, Żmudzka i in. 2000).

Zintegrowane badania środowiska przyrodniczego, prowadzone w ciągu ostatnich kilkunastu lat w ramach programowych ćwiczeń terenowych z geografii fizycznej oraz praktyk magisterskich z klimatologii i ochrony atmosfery, organizowanych przez Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW w okolicach Pińczowa, zaowocowały m.in. szczegółowym (ilościowym) rozpoznaniem zróżnicowania klimatu miejscowego, przede wszystkim w zakresie warunków termicznych, wilgotnościowych i wiatrowych w okresie letnim oraz opracowaniem mapy topoklimatów Ponidzia Pińczowskiego w skali 1:25 000.

Na podstawie wyników pomiarów meteorologicznych, prowadzonych najczęściej metodą marszrutową (około 250–300 punktów pomiarowych), sporządzono unikatowe mapy analityczne, przedstawiające rozkład wybranych elementów meteorologicznych w charakterystycznych sytuacjach pogodowych. Zobrazowano m.in. nagrzewanie się poszczególnych powierzchni oraz temperaturę i wilgotność powietrza w godzinach okołopołudniowych. Nieco odmiennie traktowano tereny zalesione. Za powierzchnię czynną przyjęto (ze względów technicznych) nie górną powierzchnię koron drzew, lecz podokapową powierzchnię gruntu. Tam też, podobnie jak w terenie otwartym, wykonywano pomiary gradientowe, na wysokości 0,25 i 1,5 m n.p.g.

Uzupełnieniem tego obrazu były wyniki pomiarów prowadzonych na wybranych profilach terenu w porze nocnej oraz obserwacje wizualne zjawisk atmosferycznych, świadczących o specyficznych właściwościach klimatu lokalnego, np. występowania mgły czy rosy. Badania nocne pozwoliły na wyznaczenie szlaków i określenie tempa spływu chłodnego powietrza oraz miąższości warstw i intensywności inwersji, głównie we wklęsłych formach terenu.

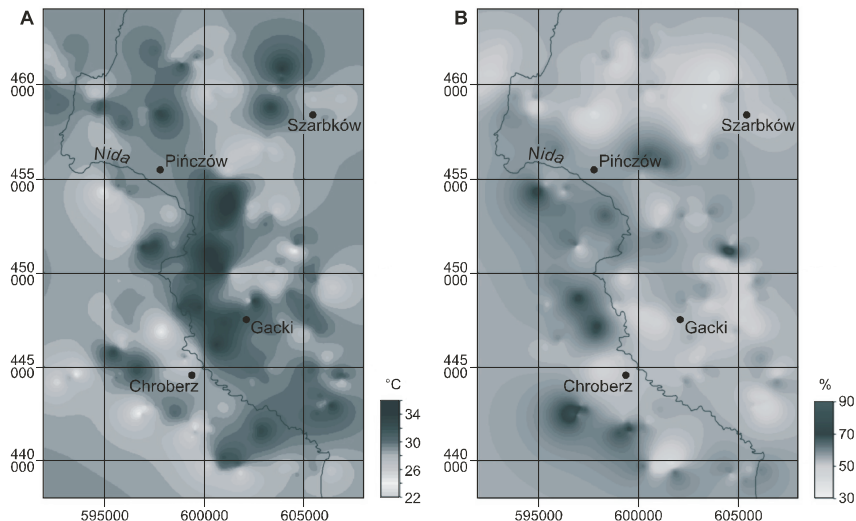
Za podstawę klasyfikacji topoklimatów przyjęto sposób wymiany energii na powierzchni granicznej (czynnej) między atmosferą a jej podłożem. W czasie zajęć dydaktycznych korzystano głównie z klasyfikacji Paszyńskiego (1980); w niniejszym opracowaniu posłużono się jej wersją zmodyfikowaną (Paszyński i in. 1999). Podstawowymi kryteriami przy klasyfikacji topoklimatów są: odchylenia strumieni energii od wartości standardowych oraz wzajemne stosunki między składnikami bilansu energii na powierzchni czynnej, tworzące jego strukturę. Za wartości standardowe przyjmuje się takie, które występują jednocześnie, w tych samych warunkach pogodowych, na terenie przyjmowanym za typowy dla otoczenia stacji meteorologicznej (teren płaski, o niezastłoniętym horyzoncie, pokryty trawą). Warto w tym miejscu nadmienić, że podwaliny tej klasyfikacji, a szczególnie jej pierwszej wersji, powstały na przełomie lat 50. i 60. na bazie pomiarów wykonywanych w regionie pińczowskim, głównie w okolicach Młodzaw (Paszyński 1964a, 1964b).

Syntetyczna mapa topoklimatów Ponidzia Pińczowskiego powstała na podstawie kartowania terenowego. Wykorzystano przy tym informacje zebrane w czasie kartowania geomorfologicznego (utwory powierzchniowe, rzeźba),

hydrograficznego (powierzchniowe obiekty hydrograficzne, mokradła stałe i okresowe, głębokość do wód podziemnych), geobotanicznego i glebowego (roślinność, uwilgotnienie i temperatura gruntu) w skali 1:10 000, zwracając szczególną uwagę na takie cechy środowiska, jak: nachylenie stoków i ich ekspozycja, albedo powierzchni czynnej, właściwości termiczne podłoża (przewodnictwo cieplne i jego pojemność cieplna), stopień uwilgotnienia podłoża, właściwości aerodynamiczne podłoża (szorstkość) (Nowicka i in. 2003).

Zebrane w terenie informacje (w konfrontacji z wiedzą teoretyczną) posłużyły do wykreślenia zasięgów terenów w przybliżeniu jednorodnych ze względu na strukturę bilansu cieplnego i zaliczenia ich do odpowiednich typów topoklimatów według przyjętej klasyfikacji (Kluge, Paszyński 1973, Paszyński i in. 1999, Paszyński 2001).

Na terenie Ponidzia podczas pogody typu „radiacyjnego” zróżnicowanie temperatury powietrza w ciągu dnia wynosi kilkanaście stopni Celsjusza, wilgotności względnej zaś ponad 50% (rys. 1).



Rys. 1. Rozkład temperatury powietrza (A) i wilgotności względnej (B) na Ponidziu Pińczowskim w dniu 17 lipca 2003 r. o godz. 10:15 (1,5 m n.p.g.)

Fig. 1. Distribution of air temperature (A) and relative humidity (B) on the Ponidzie Pińczowskie in 17th July 2003 at 10:15 (1.5 m above the ground level)

Najchłodniej w godzinach okołopołudniowych jest na ogół we wklęsłych, zalesionych formach terenu (rys. 2). Najniższe wartości temperatury stwierdzano najczęściej w dnach zalesionych, głęboko wciętych wąwozów lessowych na obszarze Kozubowskiego Parku Krajobrazowego oraz na powierzchniach zadrzewionych położonych w podmokłych dolinach, na przykład łęg na

tarasie zalewowym w dolinie Nidy w okolicach Młodzaw (odpowiednio typ topoklimatów 3.2. i 2.3.2., tab. 1). Tereny zalesione i taras zalewowy charakteryzują się jednocześnie największą wilgotnością względną z całego badanego terenu. Jak dowodzą badania prowadzone w innych regionach Polski (np. Kędziora 1995, Kicińska i in. 2001, Żmudzka 2002), w obrębie tych powierzchni mamy do czynienia z nałożeniem się wpływu zwartych kompleksów leśnych i powierzchni podmokłych. Oddziaływanie czynnika wilgotnościowego i roś-

Tab. 1. Typy topoklimatów według klasyfikacji Paszyński i in. (1999)

Q^* – saldo promieniowania, G – strumień ciepła w podłożu, H – strumień ciepła jawnego, E – strumień ciepła utajonego, st – powierzchnia standardowa

Tab. 1. Topoclimate types according to Paszyński et al. classification (1999)

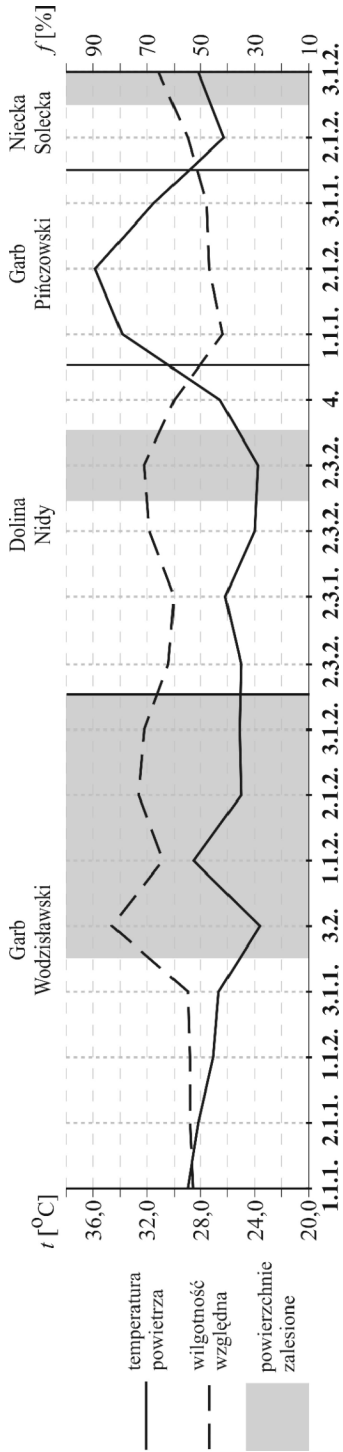
Q^* – radiation balance, G – heat flux in subsoil, H – sensible heat flux, E – latent heat flux, st – standard surface

1. Topoklimaty o dodatnich odchyleniach Q^* w dzień ($Q^* > Q^*_{st}$)
 - 1.1. Topoklimaty o dodatnich odchyleniach H w nocy ($H > H_{st}$)
 - 1.1.1. Topoklimat o przewadze H w dzień ($H > E$)
 - 1.1.2. Topoklimat o przewadze E w dzień ($E > H$)
 - 1.2. Topoklimaty o ujemnych odchyleniach H w nocy ($H < H_{st}$)
 - 1.2.1. Topoklimat o przewadze H w dzień ($H > E$)
 - 1.2.2. Topoklimat o przewadze E w dzień ($E > H$)
2. Topoklimaty o przeciętnych wartościach Q^* w dzień ($Q^* \sim Q^*_{st}$)
 - 2.1. Topoklimaty o dodatnich odchyleniach H w nocy ($H > H_{st}$)
 - 2.1.1. Topoklimat o przewadze H w dzień ($H > E$)
 - 2.1.2. Topoklimat o przewadze E w dzień ($E > H$)
 - 2.2. Topoklimaty o przeciętnych wartościach H w nocy ($H \sim H_{st}$)
 - 2.2.1. Topoklimat o przewadze H w dzień ($H > E$)
 - 2.2.2. Topoklimat o przewadze E w dzień ($E > H$)
 - 2.3. Topoklimaty o ujemnych odchyleniach H w nocy ($H < H_{st}$)
 - 2.3.1. Topoklimat o przewadze H w nocy ($H > G$)
 - 2.3.2. Topoklimat o przewadze G w nocy ($G > H$)
3. Topoklimaty o ujemnych odchyleniach Q^* w dzień ($Q^* < Q^*_{st}$)
 - 3.1. Topoklimaty o dodatnich odchyleniach H w nocy ($H > H_{st}$)
 - 3.1.1. Topoklimat o przewadze H w dzień ($H > E$)
 - 3.1.2. Topoklimat o przewadze E w dzień ($E > H$)
 - 3.2. Topoklimaty o ujemnych odchyleniach H w nocy ($H < H_{st}$)
4. Topoklimat o wartościach H dodatnich w dzień i ujemnych nocą
5. Topoklimat z występowaniem strumienia ciepła antropogenicznego

linnego na strukturę bilansu cieplnego ma charakter synergiczny, to znaczy ich łączny wpływ jest większy niż suma wpływu każdego z tych czynników oddzielnie. Jak wykazano (Paszyński i in. 1999 za: Nakagawa 1984),: ewapotranspiracja z roślinności porastającej tereny wilgotne może – w jednakowych warunkach atmosferycznych – przewyższać parowanie z otwartej powierzchni wodnej, co tłumaczy się większą szorstkością podłoża. Nie bez znaczenia, szczególnie w przypadku drobnych, głęboko wciętych i zalesionych wklęsłych form terenu, jest zacienienie ich dna przez sąsiednie wyniosłości – zasłonięcie horyzontu, w konsekwencji czego dopływ energii promienistej do powierzchni czynnej jest znacznie ograniczony.

Najwyższa temperatura powietrza w ciągu słonecznych dni na terenie Poniidzia Pińczowskiego występuje na ogół nad powierzchniami o korzystnej ekspozycji (głównie typ topoklimatu 1.1.1., rys. 2). Do takich można zaliczyć strome stoki o wystawie południowej, na przykład w obrębie Garbu Pińczowskiego na odcinku od Skowronna Dolnego po Pasturkę, czy też w obrębie systemu kuest ciągnących się od Krzyżanowic po Wolę Zagojską i Skotniki. Intensywne nagrzewanie się tych partii stoków warunkuje silną wymianę drogą konwekcji, tworzą się tzw. kominy termiczne (często zaznaczone na niebie nad strefą krawędziową wyniosłości w postaci pasa cumulusów). Różnice w wartościach temperatury między stromymi stokami południowymi a północnymi dochodzą w dzień do 4–5°C. Nocą te stoki, niezależnie od ekspozycji, są obszarami wyjątkowo ciepłymi (rys. 3). Decyduje o tym brak warunków do stagnacji wychłodzonego powietrza. Położone są one na ogół ponad warstwą inwersyjną zalegającą w dolinie (30–40 m nad dnem doliny). Te naturalne walory klimatyczne wykorzystuje roślinność – na podłożu bogatym w węglan wapnia występują stanowiska roślinności ciepłolubnej, oraz człowiek – uprawiając winną latorośl czy zakładając sady morelowe.

W obrębie powierzchni płaskich i o niewielkim nachyleniu (maksymalnie do 5–8°) występujących na terenie Poniidzia zarówno w obrębie partii wysokich, jak i w dnach doliny, w ciągu dnia szczególną rolę w różnicowaniu warunków termicznych i wilgotnościowych pełnią fizyczne właściwości podłoża: albedo powierzchni czynnej oraz przewodnictwo i pojemność cieplna gleby, zależne przede wszystkim od jej porowatości i uwilgocenia. Mozaikowość utworów powierzchniowych skutkuje dużym zróżnicowaniem warunków cieplnych i wilgotnościowych. Przykładem tego typu oddziaływania może być znacznie słabsze nagrzewanie się obszarów lessowych (Garb Wodziszawski) od tych, w podłożu których występują wapienie czy utwory piaszczyste (Garb Pińczowski) (rys. 2). Różnica temperatury powietrza w obrębie tych samych form terenu i podobnie użytkowanych, ale o różnym podłożu, jest zbliżona do różnicy temperatury nad stromymi stokami północnymi i południowymi.

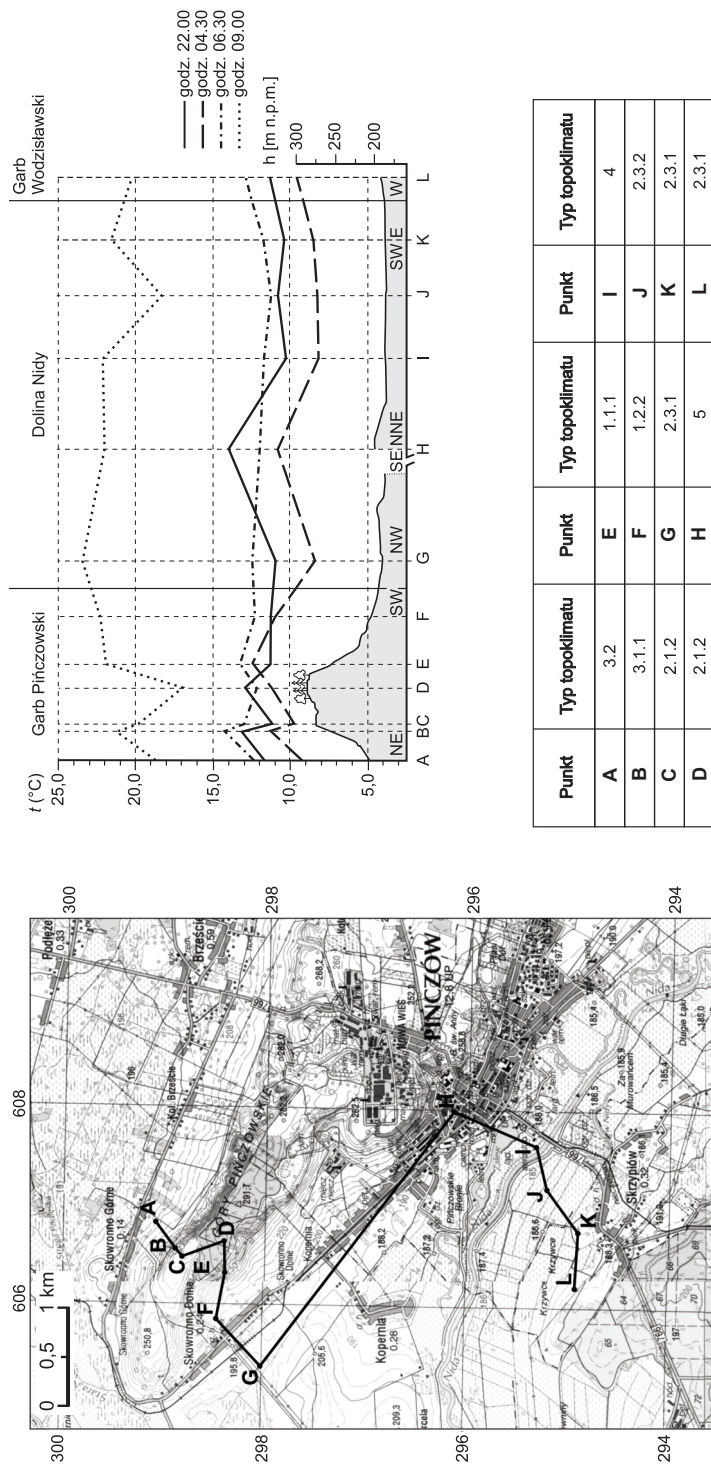


Jednostka topoklimatyczna	1.1.1.	2.1.1	1.1.2.	3.1.1.	3.2.	1.1.2.	2.1.2.	3.1.2.	2.3.2.
Forma terenu	stromy stok S	łagodny stok S	wierzechowina	stromy stok N	dno wąwozu	stromy stok S	wierzechowina	stromy stok N	dno dolinki
Litologia	utwory lessowe i lessopodobne			margle	deluwia	utwory lessowe i lessopodobne			
Dominujący typ gleby	brunatna		czarnoziem	rdzina	deluwialna	płowa			
Uwilgocenie podłoża	świeże		wilgotne						
Roślinność rzeczywista	roślinność ciepłolubna		uprawy zbożowe i okopowe		grąd		świeże		szuwar trzciny

Jednostka topoklimatyczna	2.3.1.	2.3.2.	2.3.2.	4.	1.1.1.	2.1.2.	3.1.1.	2.1.2.	3.1.2.
Forma terenu	taras nadzalewowy	taras zalewowy	dno doliny	koryto rzeki	stromy stok S	wierzchożyna	stromy stok N	wierzchożyna	stromy stok N
Litologia	piaski rzeczne i fluwioglacjalne	aluwia gruboziarniste	utwory organiczne	aluwia drobnoziarniste	wapień	piaski eoliczne	wapień	głina zwałowa	gips
Dominujący typ gleby	bielicowa	mada, czarna ziemia	murszowa	mada	rdzina	bielicowa	rdzina	brunatna	rdzina
Uwilgocenie podłoża	suche	wilgotne	mokre		suche		świeże		wilgotne
Roślinność rzecznywista	uprawy zbożowe i okopowe	łąka wilgotna i świeża	łąka jesionowo-oliszowy	łąka wilgotna	murawy ciepłolubne	uprawy zbożowe	nieużytek	uprawy zbożowe	grąd

Rys. 2. Temperatura i wilgotność powietrza na wysokości 1,5 m n.p.g. (17 lipca 2003 r., godz. 10:15) oraz charakterystyka fizycznogeograficzna wybranych jednostek topoklimatycznych

Fig. 2. Air temperature and humidity 1.5 m above the ground level (17th July 2003, hour 10:15) and physical-geographical characteristics of chosen topoclimatological units



Mapa topograficzna Polski 1:50 000, arkusz Pinczów M-34-54-A, Jędrzejów M-34-53-B, Główny Geodeta Kraju, 2002.

Rys. 3. Temperatura powietrza na 1,5 m n.p.g. (16/17 lipca 1999 r.)
 Fig. 3. Air temperature 1.5 m above the ground level (16th/17th July 1999)

Pomiary temperatury gleby pozwoliły ocenić rozchodzenie się ciepła w podłożu i w pełniejszy sposób wyjaśnić zróżnicowanie warunków termicznych w przygruntowej warstwie powietrza (tab. 2). I tak na przykład, w godzinach okołopołudniowych na terenach użytkowanych rolniczo różnica temperatury między poziomem 10 a poziomem 40 cm p.p.g. w glebach rdzawych właściwych dochodziła nawet do 8°C, w rędzinach na wapieniu wynosiła około 6°C, a w czarnoziemach na lessie 3°C. Bardzo małe gradienty temperatury (około 1,5°C) występują natomiast w dobrze uwilgoconych glebach typu mada, szczególnie porośniętych łąką wilgotną. Niewielkie wartości gradientów temperatury w gruncie są także charakterystyczne dla powierzchni zalesionych, szczególnie tych, gdzie wskutek dużego zwarcia koron drzew do gleby dochodzi tylko niewielka część promieniowania słonecznego.

Tab. 2. Temperatura gleby na głębokości 10 i 40 cm p.p.g. na obszarze Ponidzia Pińczowskiego (Żmudzka i in. 2000, zmienione)

Tab. 2. Soil temperature 10 and 40 cm under the ground level in the Ponidzie Pińczowskie terrain (Żmudzka et al. 2000, changed)

Współrzędne punktu	Data, godzina	Forma terenu	Pokrycie terenu	Typy genetyczne gleb	Temperatura [°C]	
					10 cm p.p.g.	40 cm p.p.g.
ku E 601,455 ku N 453,460 h 248 m n.p.m.	19.07.99 13.00	spłaszczenie śródstokowe (Garb Pińczowski)	ugór	rdzawa właściwa	30,1	22,8
ku E 601,260 ku N 453,750 h 256 m n.p.m.	19.07.99 12.20	łagodny stok o ekspozycji SW (Garb Pińczowski)	pole uprawne	brunatna	23,6	20,5
ku E 593,760 ku N 447,780 h 217 m n.p.m.	22.07.99 14.40	sucha dolina (Garb Wodzisławski)	bór mieszany	czarnoziem	20,8	18,4
ku E 595,330 ku N 447,200 h 221 m n.p.m.	22.07.99 15.00	łagodny stok o ekspozycji W (Garb Wodzisławski)	pole uprawne	czarnoziem zdegradowany	24,7	22,0
ku E 595,910 ku N 448,915 h 193 m n.p.m.	21.07.99 11.20	dno doliny Nidy (okolice Młodzaw)	łąka świeża	deluwialna	20,2	19,3
ku E 603,815 ku N 455,520 h 229 m n.p.m.	21.07.99 12.00	dno doliny (Płaskowyż Szaniecki)	turzyce, srebrnik	mineralno-murszowa	17,3	16,1
ku E 604,540 ku N 461,360 h 233 m n.p.m.	21.07.99 11.20	dno doliny (Płaskowyż Szaniecki)	uboga murawa	bielicowa	24,3	19,0
ku E 602,225 ku N 456,460 h 228 m n.p.m.	21.07.99 11.00	zagłębienie bezodpływowe (Płaskowyż Szaniecki)	torfowisko przejściowe darniowe	murszowa (mułowo-mineralna)	17,0	15,9
ku E 603,200 ku N 456,775 h 226 m n.p.m.	21.07.99 15.10	dno doliny (Płaskowyż Szaniecki)	łąka wilgotna	czarna ziemia	21,3	18,0

Pomiary meteorologiczne prowadzone w różnych typach roślinności potwierdzają silną zależność struktury bilansu cieplnego od obfitości szaty roślinnej i wilgotności siedliska. Jak wspomniano, najslabiej w dzień nagrzewają się powierzchni zalesione, tam też występuje najwyższa wilgotność względna powietrza. Jest to szczególnie wyraźnie widoczne tam, gdzie dominują siedliska żyzne świeże bądź wilgotne, na przykład lasy porastające tereny lessowe na południo-zachodzie badanego terenu, wspomniany łęg koło stawów w Młodzawach czy las grądowy zwany Grabowcem. W okresie wegetacyjnym, kiedy saldo promieniowania jest dodatnie, w ekosystemach leśnych większość energii jest wykorzystywana na parowanie. Na ogrzanie powietrza las zużywa jedynie około 10% energii, jaką zużywa na parowanie.

Warunki termiczne i wilgotnościowe w lasach Ponidzia Pińczowskiego są zróżnicowane w związku z bogactwem występujących tu siedlisk i zróżnicowanym składem gatunkowym, wiekiem drzewostanu i zwarcie koron drzew. Stosunkowo wysokie (wyższe od zmierzonych w terenie odkrytym) wartości temperatury i niskie wilgotności względnej notowano między innymi w obrębie powierzchni piaszczystych zajętych przez monokultury sosnowe o luźnym zwarcie koron drzew i ubogim podszyciu. Na tych powierzchniach dopływ energii promienistej do podłoża jest jedynie w niewielkim stopniu ograniczony, a zmniejszenie prędkości wiatru przez korony i pnie drzew powoduje ograniczenie turbulencyjnej wymiany ciepła. Takie powierzchnie występują zarówno we wklęsłych formach terenu, na przykład w dolinie Nidy (okolice Zakrzowa), jak i w obrębie terenów wyniesionych ponad dna dolin, na przykład Garb Pińczowski.

W regionie pińczowskim występuje także wiele innych ciekawych przykładów nałożenia się modyfikującego wpływu na warunki klimatyczne powierzchni leśnych i innych komponentów środowiska, na przykład utworów powierzchniowych czy rzeźby terenu, których szczegółowe omówienie wykracza poza ramy tego krótkiego komunikatu.

Nocą wklęsłe formy terenu są narażone na grawitacyjne sploty chłodnego powietrza i tworzenie się jego zastoisk, aż do wystąpienia inwersji termicznych włącznie (rys. 3). Inwersyjny stan atmosfery utrudnia wymianę powietrza, a więc są to obszary podatne na imisję zanieczyszczeń. Przeprowadzone badania potwierdziły, że inwersyjne uwarstwienie powietrza w dolinie Nidy i w innych dolinach rozcinających stoki Garbu Pińczowskiego i Wodzisławskiego jest zjawiskiem dość częstym. W letniej porze roku różnica między temperaturą w dnie doliny Nidy a uprzywilejowanymi częściami stoków maksymalnie dochodziła do 5°C (Żmudzka i in. 2000). Czas utrzymywania się inwersji we wklęsłych formach terenu jest różny. Na ogół w dolinach rozcinających stoki Garbów inwersja występowała już od godziny 20, a w dnie doliny Nidy godzinę, dwie później i trwała do wschodu słońca. W pierwszej części nocy największe spadki temperatury występują w obrębie plejstoceńskich tarasów nadzalewowych, które

ciągną się po obu stronach doliny Nidy, na przykład w okolicach Pasturki – Bogucic – Krzywdy, Zakrzowa i Skrzypiowa oraz w dolinach lewostronnych dopływów Nidy na północ od Pińczowa, na przykład Strugi Podleskiej. Czynnikiem sprzyjającym szybszemu i silniejszemu wypromieniowaniu ciepła są niekorzystne właściwości termiczne występujących tu słabiej uwilgoconych utworów (piaski polodowcowe, piaski akumulacji rzecznej) niż w obrębie hydrogenicznego krajobrazu zalewowych den dolinnych, gdzie dominują holocenijskie aluwia i utwory organiczne dobrze uwilgocone (poziom wody gruntowej do 0,5 m p.p.g.) porośnięte roślinnością łąkową (odpowiednio jednostki topoklimatyczne 2.3.2., 2.3.1.). W dzień taras nadzalewowy jest natomiast uprzywilejowany termicznie. Na ogół jest on użytkowany rolniczo (zboża, ziemniaki, warzywa). Na ogrzewanie powietrza jest tam zużywane blisko dwa razy więcej energii niż w obrębie tarasu zalewowego, gdzie występują świeże i wilgotne łąki oraz obszary podmokłe (torfowiska, mokradła okresowe, stałe). Powierzchnie zajęte przez łąki w okresie lata wykorzystują na ogrzewanie powietrza jedynie około 20% tej energii, jaką zużywają na parowanie (stosunek Bowena ~ 20%), podczas gdy powierzchnie zajęte pod uprawy 20–40%, a suche ugorowane aż 70–80% (Kędziora 1995). Strumień ciepła utajonego nad powierzchniami łąkowymi (i leśnymi) stanowi w porze letniej najważniejszy składnik po stronie rozchodowej bilansu cieplnego w ciągu dnia (Paszyński i in. 1999). Analiza struktury bilansu cieplnego powierzchni czynnej łąki wykazała, że udział strat ciepła w procesie ewapotranspiracji wynosi przeciętnie około 80% energii dochodzącej do powierzchni czynnej w postaci promieniowania różnicowego (Jaworski 1983). Udział ten zwiększa się na ogół dość znacznie wraz ze wzrostem uwilgocenia powierzchniowych warstw gruntu. Przy jednakowej dostępności wilgoci wielkość tego strumienia jest zwykle większa w szerokich, dobrze przewietrzanych dolinach (dolina Nidy, Strugi Podleskiej) niż w wąskich dolinkach i wąwozach, charakterystycznych dla strefy krawędziowej Garbu Pińczowskiego i terenów lessowych (mniejsze prędkości wiatru). Większe powierzchnie wilgotnych łąk, oprócz dna doliny Nidy, występują także w północnej części Garbu Pińczowskiego i w Niece Połanieckiej, a także w Niece Soleckiej (tereny zabagnione okolic Chotła Czerwonego i Wiślicy). Warto w tym miejscu nadmienić, iż kartowanie topoklimatyczne i wyniki pomiarów instrumentalnych prowadzonych w latach o różnych warunkach pogodowych i hydrologicznych (1997, 1998 i 1999 – powódzie) wykazały znaczne różnice w oddziaływaniu podłoża na warunki klimatu miejscowego, przede wszystkim w związku ze zróżnicowanym uwilgoceniem podłoża.

W drugiej części nocy najniższa temperatura powietrza występuje nad terenami najniższej położonymi – wypełnia je chłodne powietrze spływające z partii wysoczyznowych. Szczególnie rozległe „powierzchnie źródłowe” chłodnego powietrza położone są w partii szczytowej Garbu Pińczowskiego, gdzie w podłożu występują utwory piaszczyste.

Warto w tym miejscu wskazać na dodatkowe zagrożenie, które stanowi duże uwilgotnienie powietrza, bowiem – jak wiadomo – w warunkach bliskich nasycenia powietrza parą wodną oraz w czasie mgły szybciej zachodzi konwersja związków siarki. Duża wilgotność powietrza jest charakterystyczna szczególnie dla doliny Nidy, co jest związane, jak wspomniano, z obecnością meandrującej rzeki, licznych starorzeczy, mokradeł stałych i okresowych i z płytkim poziomem wód gruntowych – do 0,5 m p.p.g.) oraz dolinek rozcinających tereny les-



Fot. 1. Mgła w Dolinie Nidy (K. Przyszewska)

Photo 1. Fog in the Nida Valley

sowe (woda kapilarna). Podczas pogodnych nocy stan nasycenia w dolinkach lessowych występował w okresie badań najczęściej już od godziny 20, a w dniu doliny Nidy między godziną 22 a 4–5 rano. Mgła tworząca się w dolinie wypełniała ją do wysokości 4–5 metrów nad poziomem gruntu (fot. 1).

Najogólniej w badanym terenie można wydzielić dwie duże grupy topoklimatów, które umownie można nazwać grupą topoklimatów „autonomicznych” i „podporządkowanych”. W obszarach autonomicznych warunki meteorologiczne są modyfikowane wyłącznie przez miejscowe cechy podłoża, a w podporządkowanych kształtują się głównie pod wpływem adwekcji lokalnej, a tylko w małym stopniu zależą od fizycznych właściwości podłoża, a tym samym – od dopływu ciepła z gruntu do powierzchni. Do pierwszej grupy należą zatem partie wysoczyznowe, do drugiej zaś głównie Dolina Nidy i doliny jej dopływów. Na spływ i stagnację chłodnego powietrza nocą narażone są także polany śródleśne oraz wyrobiska pogipsowe, na przykład w Gackach i Szarbkwie, a także zagłębienia bezodpływowe. Doliny rozcinające krawędzie wysoczyzn pełnią rolę szlaków, którymi spływa chłodne powietrze.

Odrębną jednostkę typologiczną (typ topoklimatu 5.) stanowi teren miasta Pińczowa. Topoklimat miasta różni się od klimatu lokalnego terenów otaczających między innymi, mniejszym udziałem strumienia ciepła utajonego w bilansie cieplnym powierzchni czynnej. Ponadto ze względu na występujący tam strumień ciepła antropogenicznego mamy do czynienia ze zjawiskiem miejskiej wyspy ciepła, która latem rozwija się w godzinach wieczornych i na ogół zanika w godzinach porannych (punkt H, rys. 3). Prowadzone pomiary w kolejnych latach wykazały, że w skrajnych przypadkach różnica temperatury między centralną częścią miasta a terenem pozamiejskim osiąga wartość nawet 5°C.

Wyniki kartowania topoklimatycznego mogą posłużyć do rozważań na temat zagrożeń, jakie w relacjach człowiek – środowisko może stwarzać na obszarze Ponidzia Pińczowskiego klimat lokalny. Rozpoznanie warunków topo-

klimatycznych umożliwia także ocenę zgodności sposobu użytkowania terenu ze zróżnicowaniem warunków meteorologicznych (klimatycznych). Jak wspomniano, za największe zagrożenie na badanym terenie można uznać występowanie na niektórych powierzchniach przymrozków – przede wszystkim radiacyjno-adwekcyjnych. Na występowanie tego zjawiska najbardziej jest narażona dolina Nidy. Stanowi to pewne ograniczenie, jeśli chodzi o uprawę roślin mało odpornych na spadki temperatury poniżej 0°C. Doliny, ze względu na dość duże prawdopodobieństwo występowania inwersji termicznych i dużej wilgotności powietrza, są narażone na stagnację zanieczyszczeń. Latem inwersyjny stan atmosfery utrzymuje się na ogół do godzin wczesnoporannych. Dość dobre przewietrzanie rozległej, przebiegającej z północo-zachodu na południo-wschód doliny Nidy (prędkości wiatru porównywalne do mierzonych na wierzchołkach), a także silne prądy konwekcyjne w dzień nad stokami o „cieplej” ekspozycji, sprzyjają „oczyszczaniu się” tej formy wklęsłej. „Georóżnorodność” zarówno w obrębie partii wysoczyznowych, jak i form wklęsłych, warunkująca zróżnicowanie topoklimatyczne, a przede wszystkim znaczny udział powierzchni zalesionych, pełniących istotną rolę w regeneracji zanieczyszczonego powietrza, sprawiają, że obszar Ponidzia Pińczowskiego jest aktywny pod względem biologiczno-klimatycznym i można uznać, że charakteryzuje się on korzystnymi warunkami aerosanitarnymi.

Znajomość zróżnicowania klimatu miejscowego jest niezbędna przy podejmowaniu decyzji planistycznych i wydawaniu wszelkiego rodzaju sugestii dotyczących kierunków rozwoju tego regionu. Melioracje klimatu w skali lokalnej, mające na celu poprawę warunków klimatycznych w obrębie niektórych powierzchni, wymagają także wnikliwego rozpoznania funkcjonowania tego terenu z punktu widzenia warunków atmosferycznych.

Wyjątkowe zróżnicowanie krajobrazowe (powierzchni czynnej) Ponidzia Pińczowskiego sprawia, że jest on niezmiernie ciekawym obiektem edukacji terenowej, wskazującym silnie na potrzebę kartowania zintegrowanego środowiska przyrodniczego.

Ta różnorodność przyrodnicza warunkuje pojawienie się pewnych problemów natury metodycznej w czasie kartowania topoklimatycznego, m.in. przechodzenie od wyników badań szczegółowych do uogólnień i od obserwacji punktowych do wydzielenia powierzchniowych, wybór cech fizycznych podłoża branych pod uwagę (określenie zespołu najważniejszych czynników modyfikujących klimat w danym miejscu) i inne.

Interesującymi zagadnieniami natury teoretycznej są odpowiedzi na pytania, czy wnioski wysnute na podstawie badań meteorologicznych prowadzonych w sezonie letnim można uznać za reprezentatywne dla zróżnicowania topoklimatycznego oraz czy i jak zmienność czasowa (w ciągu roku i z roku na rok) niektórych cech fizycznych podłoża, istotnych z punktu wymiany energii na powierzchni czynnej, powinna być uwzględniana na mapie topoklimatów.

Literatura

- Jaworski J., 1983: *O wymianie energii na powierzchni czynnej łąki*. „Przegląd Geofizyczny”, t. 28, nr 3–4: 303–313.
- Kędziora A., 1995: *Podstawy agrometeorologii*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Kicińska B., Olszewski K., Żmudzka E., 2001: *Uwagi o wykorzystaniu klasyfikacji J. Paszyńskiego do kartowania topoklimatycznego (z doświadczeń Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego)* [w:] Kuchcik M. (red.), *Współczesne badania topoklimatyczne*. „Dokumentacja Geograficzna”, nr 23, IGiPZ PAN, Warszawa: 143–151.
- Kluge M., Paszyński J., 1973: *Studia nad zbieraniem informacji o środowisku geograficznym Polski w skali przeglądowej*, Problem węzłowy 11.2.1. grupa temat. 2, dział Klimat (XVIII), *Topoklimat*, Instytut Geografii PAN.
- Nakagawa S., 1984: *Study on evapotranspiration from pasture*. The University of Tsukuba, Environmental Research Center Papers, 4.
- Narodowy Atlas Polski*, 1973–1978: Wydawnictwo PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.
- Nowicka B., Ostaszewska K., Tsermegas I., Żmudzka E., 2003: *Integrated physico-geographical research as an element of teaching* [w:] Kowalczyk A. (red.), *Theoretical and methodological aspects of geographical space at the turn of century*. WGiSR UW, Warszawa: 339–347.
- Paszyński J., 1964b: *Wyniki badań klimatu lokalnego w powiecie pińczowskim w 1959 r.* „Dokumentacja Geograficzna PAN IG”, nr 5, Warszawa.
- Paszyński J., 1964a: *Wyniki badań klimatu lokalnego w powiecie pińczowskim w 1960 r.* „Dokumentacja Geograficzna PAN IG”, nr 5, Warszawa.
- Paszyński J., 1980: *Metody sporządzania map topoklimatycznych* [w:] *Metody opracowań topoklimatycznych*. „Dokumentacja Geograficzna PAN IGiPZ” nr 3: 13–28.
- Paszyński J., 2001: *Wydzielanie i kartowanie topoklimatów na podstawie wymiany energii między atmosferą a podłożem* [w:] Kuchcik M. (red.), *Współczesne badania topoklimatyczne*. „Dokumentacja Geograficzna”, nr 23, IGiPZ PAN, Warszawa: 163–170.
- Paszyński J., Miara K., Skoczek J., 1999: *Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego*. „Dokumentacja Geograficzna PAN IGiPZ”, nr 14: 127.
- Romer E., 1949: *Regiony klimatyczne Polski*. Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław, s. 26.
- Żmudzka E., 2002: *Zróżnicowanie warunków klimatycznych na terenie Parku Narodowego Bory Tucholskie*. Maszynopis, NFOŚ, Warszawa.
- Żmudzka E., Kicińska B., Olszewski K., 2000: *Wpływ rzeźby i pokrycia terenu na zróżnicowanie klimatu lokalnego okolic Pińczowa*. „Prace i Studia Geograficzne”, t. 27: 99–129.