

UDZIAŁ STUDENTÓW W BADANIACH NAUKOWYCH ZAKŁADU KLIMATOLOGII

Maria Stopa-Boryczka

Duży udział w rozwiązywaniu problemów badawczych Zakładu mają absolwenci specjalizacji w ramach prac dyplomowych. Prace magisterskie rozpoczęte pod kierunkiem prof. R. Gumińskiego dotyczyły całej Polski, wybranych jej regionów geograficznych i miejscowości o charakterze leczniczym. Należy już w tym miejscu ze smutkiem podkreślić, że były to jedne tematy prac magisterskich sformułowane przez pierwszego Profesora Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego. Oto wykaz 10 prac magisterskich doprowadzonych już do końcowej fazy przez dr Zofię Kaczorowską po śmierci prof. Romualda Gumińskiego:

Stefania Dąbrowska	– <i>Klimat Ciechocinka</i>
Zofia Haberko	– <i>Wpływ rzeźby terenu na kierunek wiatru</i>
Maria Łapińska-Konarska	– <i>Częstotliwość gradu w Polsce Środkowej</i>
Tadeusz Marczewski	– <i>Wilgotność gruntu w Polsce</i>
Sławomir Mączak	– <i>Osobliwości biegu rocznego temperatury w Sobieszynie</i>
Maria Mikulska	– <i>Klimat Cieplic</i>
Aniela Pajewska	– <i>Klimat Buska Zdroju</i>
Anna Patkiewicz-Roman	– <i>Niebezpieczeństwo przymrozków w Polsce</i>
Irena Polczyńska-Stańczak	– <i>Klimat Gór Świętokrzyskich</i>
Roman Wyganowski	– <i>Przejawianie się kontynentalizmu w rocznym przebiegu elementów klimatologicznych na ziemiach Polski.</i>

Prof. Wincenty Okołowicz i doc. Zofia Kaczorowska również uważali, że głównym ogniwem w kształceniu klimatologów są prace magisterskie, które zazwyczaj mają charakter oryginalnych opracowań cząstkowych. Przykładem takiej współpracy studentów z opiekunami naukowymi jest seria 4 prac dotyczących temperatur ekstremalnych w Polsce wykonanych w 1961 i 1966 r. (Toczko, Pełko, Paradowski, Mycielski). Przedstawiono w nich:

- roczne przebiegi średnich miesięcznych wartości temperatury maksymalnej i minimalnej w Polsce w latach 1951-1960,
- częstość występowania ekstremalnych wartości temperatury w różnych przedziałach. Na przykład stwierdzono, że w miesiącach zimowych (XII-II) największa częstość temperatury maksymalnej przypada na przedział 0,0-4,9°C (34-60%), a rozrzut ich jest bardzo duży – od -25,0 do 19,9°C, natomiast w miesiącach letnich (VI-VIII) zakres wahań temperatury maksymalnej ulega pewnemu zmniejszeniu, sięgając od 5,0 do 39,9°C, z największą częstością w przedziale 20,0-24,9°C,
- daty przejścia przez wybrane progi i „pochód” temperatury maksymalnej i minimalnej.

Podano, że w badanym 10-leciu w Polsce najwyższe maksimum temperatury wyniosło 39,6°C w Kończewicach (lipiec 1959 r.) i na kilku stacjach przekroczyło 38°C.

Interesujące jest porównanie danych z 10-lecia i 50-lecia z kilkunastu stacji meteorologicznych. W badanym 10-leciu maksima temperatury w miesiącach XII-II, IV, IX i X są wyższe średnio o 0,2-1,5°C, a w miesiącach V i VIII niższe o 0,2-1,0°C niż w 50-leciu. Ponadto zauważono spadek liczby dni mroźnych i upalnych.

Kolejnej serii 8 prac magisterskich wykonanych w 1958 r. zawdzięczamy wszechstronne opracowanie warunków śnieżnych w Polsce (Krawczyk, Krystek, Madany, Ozimińska, Pietrukowicz, Podrażka, Stepniewska). Najpierw sprecyzowano pojęcie szaty i stałej pokrywy śnieżnej. Wyznaczono średnie i skrajne daty opadu śnieżnego i pokrywy śnieżnej, długości okresów potencjalnych występowania śniegu i pokrywy śnieżnej, częstość opadów śnieżnych w różnych przedziałach wysokości. Zwrócono uwagę na przerwy w pokrywie wywołane odwilżami.

Liczba dni z pokrywą śnieżną jest bardzo zróżnicowana: na nizinach waha się od 19 (Gorzów) do 114 (Suwałki) (u Milaty od <40 do >90), w górach zgodnie z Milatą: Sudety – około 160, Tatry – do 230 dni.

Ogólny zarys wszystkich 8 prac zasadniczo jest taki sam, ale różnią się indywidualnym podejściem i uwzględnieniem dodatkowych wskaźników. Np. analizowany stosunek liczby dni z pokrywą śnieżną do dni z opadem śnieżnym, różnice między datą pierwszego opadu śnieżnego i datą pierwszej pokrywy śnieżnej w regionie, różnice między najwcześniejszą i najpóźniejszą datą powstania i zaniku pokrywy śnieżnej, częstość opadów śnieżnych w różnych częściach Karpat itp.

Wyniki tych opracowań cząstkowych zostały wykorzystane do opracowania zbiorczych map tematycznych i podziału klimatycznego Polski w Atlasie Narodowym Polski przez prof. W. Okołowicza.

Klimaty miejscowe uzdrowisk z 1959: Iwonicz (Obrebska), Żegiestów (Zaliwska) i Szczawnica (Olechnowicz-Bobrowska) to kolejny przykład współpracy studentek specjalizacji klimatologicznej z opiekunką naukową, a efektem tego jest studium porównawcze Z. Kaczorowskiej, *Klimat lokalny uzdrowisk: Iwonicz, Żegiestów i Szczawnica*, „Wiadomości Uzdrawiskowe”, z. 1-2, Poznań 1961, s. 81-89.

Wykorzystano w nich materiały archiwalne z miejscowych stacji meteorologicznych dla opracowania poszczególnych elementów klimatu oraz własne obserwacje mikroklimatyczne, przeprowadzone równocześnie we wszystkich 3 uzdrowiskach – we wrześniu 1958 r. (23 dni) i w lutym 1959 r. (12 dni).

Przy opracowaniu elementów zwrócono szczególną uwagę na pogody niekorzystne dla kuracjuszy i ich powtarzalność: silne wiatry, mgły, odwilże zimą, okresy deszczowe latem itp.

Na własne obserwacje składały się: 1. odczyty temperatur skrajnych w klatkach umieszczonych w 2 wybranych punktach na trasach najbardziej uczęszczanych przez kuracjuszy, 2. parokrotnie przeprowadzono codzienne, cegodzinne obserwacje temperatury i wilgotności w centralnych punktach uzdrowisk przy różnym stanie nieba, 3. obserwacje wykonano metodą patrolową przy różnych typach pogody w różnych porach dnia. Zgodnie z zasadami tej metody wytyczono trasy 2 profili marszowych, uwzględniając ukształtowanie terenu i możliwości rozbudowy uzdrowisk, i wzdłuż nich, w kilku zawsze tych samych punktach, wykonywano pomiary temperatury i wilgotności na poziomie 0,5, 1,0 i 1,5 m n.p.m., określano kierunek i prędkość wiatru oraz oceniano zachmurzenie.

W efekcie dokonano próby oceny mikroklimatów różnych części uzdrowisk, określając miejsca bardziej lub mniej korzystne w stanie aktualnym, jak i w ewentualnej rozbudowie.

Wynikami z Iwonicza-Zdroju zainteresowała się Dyrekcja tego uzdrowiska w związku z zamierzoną jego rozbudową. Zaproponowano magistrantce przeprowadzenie dodatkowych obserwacji i sporządzenie szczegółowej charakterystyki mikroklimatów różnych części uzdrowiska dla Wojewódzkiego Biura Planowania w Rzeszowie; zadanie to zostało wykonane pod nadzorem dr Z. Kaczorowskiej.

Stosunkowo dużo prac magisterskich wykonanych we współpracy całego zespołu pracowników Zakładu Klimatologii dotyczy klimatu północno-wschodniej Polski. W ramach tego tematu wykonano łącznie 85 opracowań: 63 prace magisterskie, 15 artykułów i 7 prac wykonanych na zamówienie różnych instytucji. Sporo dotyczy Krainy Wielkich Jezior Mazurskich (3) i Kotliny Biebrzańskiej (6) oraz Doliny Środkowej Wisły (10) i Kotliny Warszawskiej (7). Szczególną uwagę zwrócono w nich na wpływ zbiorników wodnych i bagien na zmienne meteorologiczne. Spośród prac magisterskich na wyróżnienie zasługują monografie poszczególnych elementów klimatu wykonanych w latach 1977-1978 (Kondraciuk, Konończuk, Nowakowska, Nowicka, Zalewska) oraz monografii klimatu województwa północno-wschodniej Polski wg podziału administracyjnego z 1975 roku (Daszkiewicz, Górczyńska-Żemojda, Hałka-Lipska, Matusiak, Paszkowska, Rogowiec, Waszczuk, Wawer). Prace te wykonano na podstawie danych nie tylko ze stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, lecz także wyników badań eksperymentalnych przeprowadzonych w ramach ćwiczeń terenowych przez Zakład Klimatologii UW. Z wykonanych na zamówienie różnych instytucji istotne znaczenie ma praca M. Stopy-Boryczki, J. Boryczki pt. *Opracowanie pod względem klimatycznym oraz dokonanie analizy porównawczej jednostek fizycznogeograficznych (mezoregionów) północno-wschodniej części Polski wg podziału J. Kondrackiego i J. Ostrowskiego (1975)*. Atlas klimatu północno-wschodniej Polski jest syntezą dotychczasowych badań naukowych pracowników i studentów Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego (Tom IV – *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych Polski*, Stopa-Boryczka, Martyn, Boryczka, Wawer, Ryczywolska, Kopacz-Lembowicz, Kossowska-Cezak, Lenart, Danielak, Styś, 1986). Najważniejsze wyniki wspólnych badań dotyczą wpływu rzeźby terenu i zbiorników wodnych na klimat.

Rzeźba terenu północno-wschodniej Polski zaznacza najsilniej swój wpływ w rozkładzie takich elementów klimatu jak: opad, temperatura, wiatr.

Sumy opadów w rejonie Pojezierza Mazurskiego są wyraźnie wyższe w porównaniu z Niziną Mazowiecką. Większa jest też liczba dni z opadami, jak również liczba dni z opadami dużymi, przekraczającymi 10 mm w ciągu doby. Wyraźny związek z orografią zaznacza się też w mniejszej skali przestrzennej, w postaci wzrostu sum opadów w rejonie największych wzniesień pojeziernych, takich jak: Wzgórza Elbląskie i Szeskie, Góra Dylewska. Na Nizinie Mazowieckiej zwiększonymi opadami charakteryzują się wysoczyzny, szczególnie Ciechanowska, Białostocka (gdzie najwięcej jest też dni z deszczem), Kolneńska, Międzyrzecze Łomżyńskie oraz zachodnia część Wysoczyzny Siedleckiej.

Analizując wpływ rzeźby terenu i rodzaju podłoża na warunki termiczne można zauważyć, że najsilniej zaznacza się on w rozkładzie temperatury minimalnej. Najniższe temperatury minimalne towarzyszą podmokłej Kotlinie Biebrzy i podmokłym obszarom objętym Puszcą Kurpiowską. Jest to spowodowane wieloma przyczynami. Ze względu na

mniejszą wysokość n.p.m. tych obszarów niż otaczających je terenów, występują grawitacyjne sploty chłodnego powietrza. Ponadto otwarcie doliny Biebrzy ku wschodowi sprzyja wnikaniu chłodniejszego powietrza ze wschodu, szczególnie w zimie, które może rozprzestrzeniać się w obniżeniach terenowych w kierunku zachodnim, aż po rejon Szczytna. Znacznym spadkom temperatury w nocy może również sprzyjać małe zachmurzenie, które obserwowane jest w rejonie Szczytna i Myszyńca, oraz słabe wiatry. Układ takich warunków meteorologicznych, wraz ze zwiększoną wilgotnością powietrza, sprzyja powstawaniu mgły, która jest tu często notowana. W wyniku dużych spadków temperatury minimalnej na obszarach tych dochodzi do znacznych wahań temperatury w ciągu doby.

Wysoczyzny w chłodnej porze roku zaznaczają się jako chłodniejsze. Bardziej jest to widoczne w rozkładzie temperatur maksymalnych niż w przypadku średniej temperatury. W lecie natomiast wysoczyzny są cieplejsze (szczególnie wyższe są wartości temperatury minimalnej).

Kotlina Warszawska oraz dolina Wisły są obszarami najcieplejszymi. Ujawniają to trzy charakterystyki temperatury – średnia, maksymalna i minimalna.

Związek prędkości wiatru z układem rzeźby jest również duży i przyczynia się do znacznego zróżnicowania zarówno średnich prędkości, jak też liczby dni z wiatrem silnym i z wiatrem bardzo silnym. Do najbardziej zacisznych obszarów należy dolina dolnej Wisły i Żuławy, leżące w stosunku do przeważających wiatrów z kierunku zachodniego, w „cieniu” wzgórz Pojezierza Kaszubskiego. Analogicznie jest w dolinie Łyny, po wschodniej stronie wzgórz Warmii. Zmniejszonymi prędkościami wiatru charakteryzują się też kotliny Toruńska i Warszawska, ale tylko w centralnej części. Północne i południowe obrzeża Kotliny Warszawskiej są silniej przewietrzane. Jest to efekt zwiększonego ruchu powietrza na południowym skraju Wysoczyzny Płockiej i północnym Wysoczyzny Rawskiej. Ogólnie ujmując, wszystkie wysoczyzny, poza Ciechanowską, charakteryzują się zwiększonymi prędkościami wiatru, a szczególnie wyróżnia się Wysoczyzna Białostocka, gdzie najwięcej jest dni z wiatrem silnym i są to dni najczęściej z wiatrem bardzo silnym.

Wpływ zbiorników wodnych na warunki klimatyczne sąsiadujących z nimi terenów jest największy w rejonie Zatoki Gdańskiej oraz, w mniejszym stopniu, w otoczeniu Wielkich Jezior Mazurskich.

Oddziaływanie wód Zatoki Gdańskiej uwidacznia się w każdej charakterystyce klimatu. Zasięg jej wpływu jest zróżnicowany: od pewnych cech charakterystycznych jedynie dla wąskiej strefy przybrzeżnej (jak prędkość wiatru), aż do odległych wpływów sięgających daleko w głąb lądu (jak zachmurzenie, które wzrasta w rejonie Pojezierza Olsztyńskiego i Mrągowskiego).

Wąski pas Mierzei Wiślanej oraz strefa brzegowa Zalewu Wiślanego wyróżnia się na tle obszaru północno-wschodniej części Polski najsilniejszymi wiatrami. Mała szorstkość podłoża nad dość spokojnymi wodami Zatoki Gdańskiej powoduje, że strefa brzegowa jest narażona na oddziaływanie silniejszych podmuchów wiatru, którego prędkość w miarę przemieszczania się nad lądem (powierzchnią o znacznie większej szorstkości) maleje. Silniejsze wiatry obserwowane są także poza wybrzeżem, na Wzgórzach Elbląskich i w zachodniej części wzgórz Warmii. W tym rejonie jest też najwięcej dni z wiatrem silnym. Jest ich aż do 60 dni więcej niż w sąsiadującej z nimi dolinie Łyny, leżącej w „cieniu” wiatrowym wzgórz Warmii.

Znaczny jest też wpływ wód Zatoki Gdańskiej na temperaturę powietrza przyległych terenów. Charakter tego wpływu zmienia się zależnie od pór roku. Na wiosnę i w lecie, aż do lipca, jest to wpływ ochładzający, cechujący się obniżeniem temperatury maksymalnej. Od sierpnia do zimy jest to oddziaływanie ocieplające, cechujące się najbardziej wzrostem temperatury minimalnej. Okres bezprzymrozkowy jest tu aż o 70 dni dłuższy niż na wschodzie. Łagodzący wpływ wód Zatoki Gdańskiej na wartości ekstremalne temperatury powietrza powoduje że w tym rejonie obserwuje się najmniejsze amplitudy temperatury, zarówno dobowe, jak i roczne.

Zwiększona zawartość pary wodnej w powietrzu oraz znacznie większe i częstsze opady we wschodniej części obszaru wokół Zatoki Gdańskiej (szczególnie Wzgórza Elbląskie i Wzgórza Warmii) są również świadectwem oddziaływania na otoczenie dużych obszarów wodnych.

Wpływ kompleksu Wielkich Jezior Mazurskich na otaczające tereny zaznacza się w mniejszym stopniu (w tej skali opracowania). Najbardziej modyfikowane są warunki termiczne. Wody jezior wpływają ocieplająco, zmniejszają zakres zmian temperatury minimalnej. Prowadzi to również do zmniejszenia dobowej amplitudy temperatury. Wpływ ten najsilniej zaznacza się w okresie od września do listopada, dorównując wówczas oddziaływaniu wód zatoki Gdańskiej.

W rejonach Zatoki Gdańskiej, jak i Wielkich Jezior Mazurskich w okresie letnim rejestruje się znacznie więcej dni z burzą. Kontrastowość podłoża sąsiadujących ze sobą obszarów lądowych i wodnych zwiększa chwiejność mas powietrza, przyczyniając się do intensywniejszego rozwoju zachmurzenia konwekcyjnego.

Na obszarze objętym opracowaniem wyróżnia się jeszcze jeden fragment terenu – rejon Warszawy. Zasluguje on na szczególną uwagę ze względu na to, że pewne cechy klimatu tego miejsca wywołane są nie wpływem naturalnych czynników geograficznych, lecz czynników antropogenicznych. Olbrzymi obszar zabudowy ma duży wpływ na warunki termiczne Warszawy. Miasto cechuje się wyższą temperaturą (szczególnie minimalną), niższą wilgotnością powietrza, zwiększoną liczbą dni pochmurnych, rzadziej występującymi mgłami, a także zwiększoną liczbą dni z burzą.

Za wielką monografię klimatu Warszawy można uznać 90 prac magisterskich dotyczących poszczególnych elementów klimatu, z wyróżnieniem warunków termicznych.

Dotychczasowe wyniki badań przyczyniły się głównie do poznania cech charakterystycznych i osobliwych klimatu Warszawy i zróżnicowania klimatu lokalnego w obrębie miasta.

Te charakterystyczne cechy klimatu miasta (wyższa temperatura, większe sumy opadów atmosferycznych, mniejsza wilgotność powietrza i mniejsza prędkość wiatru) są ogólnie znane. Przejawiają się one w wyniku oddziaływania takich czynników jak sztuczne powierzchnie czynne, konfiguracja budynków i ulic zmieniająca zasoby ciepła, sztuczne źródła ciepła, zmiana bilansu wodnego, zanieczyszczenie powietrza.

Pomiary zróżnicowania elementów meteorologicznych w obrębie miasta w zależności od pory roku, pory dnia i sytuacji pogodowych umożliwiły zajęcie się takimi zagadnieniami jak:

- deformacja pól zmiennych meteorologicznych w skali całego miasta, ze szczególnym uwzględnieniem temperatury powietrza (wyspy ciepła);
- wpływ charakteru zabudowy i terenów zieleni na zróżnicowanie klimatu w skali lokalnej;
- określenie roli zieleni miejskiej w kształtowaniu warunków termiczno-wilgotnościowych.

Zwarta zabudowa w śródmieściu wyróżnia się większą stabilnością temperatury powietrza – dłuższym utrzymaniem wyższych jej wartości niż na peryferiach, co jest naturalną konsekwencją zanieczyszczenia utrudniającego swobodne wypromieniowanie ciepła z nagrzanej zabudowy śródmiejskiej.

Istotny wpływ na pionowy i poziomy ruch powietrza w mieście ma stratyfikacja atmosfery. Ponieważ centralna część miasta nagrzewa się silniej aniżeli tereny otaczające, w cieplej porze roku zwłaszcza w ciągu dnia słonecznego, nad miastem wytwarza się zwykle równowaga chwiejna. Sprzyja to rozwojowi prądów konwekcyjnych – turbulencji wynoszącej powietrze na większą wysokość, wywołuje tym samym proces naturalnego oczyszczania przygruntowej warstwy powietrza lub przynajmniej zapobiega dalszemu gromadzeniu się zanieczyszczeń.

Zróżnicowanie temperatury między centrum i peryferiami, nawet nocą w półroczu letnim, jest również korzystny ze względu na proces samooczyszczania się powietrza nad miastem. Na peryferiach – zwłaszcza przy słabych wiatrach i niebie pogodnym – często występują inwersje temperatury (równowaga stała atmosfery), powodujące stagnację chłodnego powietrza przy gruncie. Tymczasem owa śródmiejska wyspa ciepła, jeśli nie przyczynia się do powstawania równowagi chwiejnej i prądów występujących, to w każdym razie utrudnia stabilność uwarstwienia, podtrzymuje istnienie dyfuzji turbulencyjnej, która powoduje zmniejszenie się zawartości aerozoli w przyziemnej warstwie atmosfery.

Poznane prawidłowości odnośnie zróżnicowania warunków termicznych w mieście względem otoczenia potwierdza jedna z pierwszych prac magisterskich (Walczuk 1959). W ramach badań klimatu Warszawy ze szczególnym uwzględnieniem mikroklimatu placów przeprowadzono najpierw szczegółową analizę danych z dwóch stacji: Bielania i Okęcia z okresu 10 lat (1949-1958).

Na Bielaniach temperatura średnia roczna jest o 0,3°C wyższa niż na Okęciu, latem różnice sięgają 0,4-0,6°C, zimą wyrównują się; więcej też na Bielaniach jest dni upalnych i mroźnych, a mniej przymrozkowych, zachmurzenie o 2-8% wyższe, średnia roczna suma opadów jest o 27 mm wyższa, a liczba dni z opadem jednakowa; częściej są notowane wiatry SW, i cisze, inne kierunki rzadziej.

Zestawiono również wyniki własnych obserwacji mikroklimatycznych, prowadzonych na trzech placach: Konstytucji, Trzech Krzyży i Unii Lubelskiej przy różnych typach pogody w okresie od listopada 1958 do czerwca 1959 roku.

Temperatura średnia na placach:

	styczeń	czerwiec
Konstytucji	-1,3°C	19,9°C
Trzech Krzyży	-1,3°C	19,8°C
Unii Lubelskiej	-1,5°C	19,5°C

Na placach temperatura rano jest równa lub niższa niż na Okęciu, w południe – zimą i latem wyższa, wieczorem – zawsze wyższa. Zmiana temperatury (spadek lub wzrost) w śródmieściu następuje wolniej niż na peryferiach. Wpływ miasta na temperaturę jest wyraźniejszy latem niż zimą.

Deformację pól zmiennych meteorologicznych można badać nie tylko w skali całego miasta i wybranych jego dzielnic, lecz także w osiedlach mieszkaniowych, co ma istotne znaczenie np. przy planowaniu zieleni miejskiej (Stopa-Boryczka, Kopacz-Lembowicz, Boryczka, 1986). Pró-

bę rozwiązania tego problemu pokazano na przykładzie 3 osiedli mieszkaniowych Warszawy: o zabudowie wysokiej blokowej, luźnej (Stawki, Służew nad Dolinką) i niskiej willowej z dużym udziałem zieleni (w rejonie ulic Olimpijskiej i Raclawickiej). Podstawą opracowania są prace magisterskie dotyczące poszczególnych osiedli (Leoniuk, 1986; Żolnierowicz-Kasprzyk, 1987; Grabowski, Waclawska, 1988 i inni).

W celu określenia cech termicznych mikroklimatu osiedli mieszkaniowych skorelowano dane z punktów pomiarowych zlokalizowanych w osiedlach i na ich peryferiach. Zależności te opisano wzorami empirycznymi.

Osiedle Stawki		<i>r</i>
rano	$\Delta T = 2,314 - 0,163 T$	-0,75
południe	$\Delta T = 0,277 - 0,045 T$	-0,15
wieczór	$\Delta T = 6,353 - 0,301 T$	-0,95

Osiedle Służew		<i>r</i>
rano	$\Delta T = 2,769 - 0,167 T$	-0,70
południe	$\Delta T = 3,509 - 0,160 T$	-0,45
wieczór	$\Delta T = 7,878 - 0,353 T$	-0,99

Osiedle przy ulicy Olimpijskiej		<i>r</i>
rano	$\Delta T = 0,619 - 0,038 T$	-0,62
południe	$\Delta T = 1,716 - 0,085 T$	-0,52
wieczór	$\Delta T = 2,747 - 0,130 T$	-0,81

Powietrze w osiedlach o zabudowie wysokiej, blokowej, takich jak Służew nad Dolinką czy Stawki, nagrzewa się z „intensywnością” o $0,2^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ mniejszą niż otoczenie, co oznacza, że przy wzroście temperatury otoczenia o 1°C osiedle ogrzewa się tylko $0,8^{\circ}\text{C}$ i wtedy staje się chłodniejsze w stosunku do otoczenia.

Poranny proces nagrzewania powietrza w osiedlu o zabudowie niskiej, willowej, z dużym udziałem zieleni w rejonie ulicy Raclawickiej i Olimpijskiej przebiega inaczej. Współczynniki regresji przyjmują wartości bliskie zeru.

Wpływ różnego typu zabudowy jeszcze silniej zaznacza się w procesie wieczornego wychładzania. Powietrze w kompleksie wysokich budynków osiedli Służew i Stawki wychładza się z „intensywnością” mniejszą o $0,4-0,3^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$, a zatem spadkowi temperatury poza osiedlem o 1°C odpowiada spadek o $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$ w osiedlu, które w wyniku tego staje się cieplejsze od otoczenia. W niskiej zabudowie osiedla przy ulicy Olimpijskiej wychładzanie przebiega bardziej intensywnie i spadkowi temperatury na zewnątrz osiedla o 1°C odpowiada $0,9^{\circ}\text{C}$ w osiedlu.

Proces wychładzania w osiedlach Stawki i Służew nad Dolinką przebiega ze średnią intensywnością równą $0,4^{\circ}\text{C}/\text{h}$, podczas gdy w osiedlu Olimpijska $0,1^{\circ}\text{C}/\text{h}$. Z rysunku można odczytać termin pojawiania się „osiedlowej wyspy ciepła”, tj. momentu pojawiania się dodatnich różnic temperatury powietrza. Na osiedlach Służew nad Dolinką i Stawki „wyspa ciepła” pojawia się później niż w luźno zabudowanym osiedlu domków jednorodzinnych z zielenią, lecz cechuje się mniejszą różnicą ΔT .

Z punktu widzenia zanieczyszczenia powietrza najbardziej niekorzystne są warunki równowagi stałej powietrza – inwersje termiczne, hamujące konwekcję, a więc pionowe turbulencyjne mieszanie powietrza. Według radiosondaży atmosfery, wykonywanych w Legionowie (okres 1954-1959), występuje przeciętnie w roku 265 dni z inwersją temperatury, w tym 156 dni z inwersją przyziemną i 109 z inwersją w swobodnej atmosferze, kiedy to temperatura wzrasta od pewnego poziomu ku górze (Nowosielski, 1959). Liczba dni z inwersją zależy od pory roku:

	wiosna	lato	jesień	zima
przyziemne	39,2	51,4	38,4	27,2
wysokie	28,4	13,2	26,8	40,6

Częstość inwersji przyziemnych (pochodzenia radiacyjnego) jest największa w lecie, a inwersji wysokich (pochodzenia frontalnego) w zimie.

Inwersje przyziemne i wysokie występują przeważnie w masach powietrza kontynentalnego (PPk). Ponad 50% inwersji przyziemnych jest obserwowanych przy niebie pogodnym, a połowa wysokich – podczas nieba pochmurnego. Prawdopodobieństwo inwersji w ciągu nocy pogodnej jest bliskie 100%, a w dni o zachmurzeniu konwekcyjnym, zanikającym wieczorem lub przy chmurach wysokich, które nie hamują wypromieniowania – ponad 50%.

Należy podkreślić, że inwersjom temperatury towarzyszą zwykle małe prędkości wiatru lub cisza, przy których poziomy i pionowy turbulencyjny ruch powietrza jest niewielki. Sprzyjają one akumulacji pyłów i SO₂ w przyziemnej warstwie powietrza oraz tworzeniu się mgieł.

Grubość warstwy inwersyjnej – najczęściej 300-500 m, zimą – do 100 m. W swobodnej atmosferze do wysokości 1500 m obserwowano 75% wszystkich inwersji, powyżej 3000 m – 2%. Analiza materiału wyjściowego (radiosondaże) jest bardzo wnikliwa, brak jednak było kompleksowego ujęcia wyników.

Istotnym ogniwem w badaniach naukowych i kształcenia klimatologów w zakresie wiekowych zmian klimatu są również prace magisterskie. Stanowią one oryginalne opracowania cząstkowe na podstawie krótkich, jak też najdłuższych serii pomiarów. Przykładem takiej współpracy pracowników Zakładu ze studentami są liczne prace magisterskie dotyczące temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie (Dąbrowska, 1984; Dębska, 1985; Tomasik, 1990; Grzęda, 1990; Klechta, 1990; Michalska, 1992; Olszewska, 1999).

Dwie prace magisterskie wykonano na podstawie najdłuższych serii pomiarów temperatury powietrza poza granicami Polski (Skrzypczuk, 1993 – Anglia Środkowa; Kierzkowska, 1994 – Alpy). Część tych wyników obliczeń została włączona do tabel i wykresów opublikowanych w XI i XII tomie *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1998-1999).

Przegląd 368 prac magisterskich wykonanych w latach 1951-2001 wskazuje, iż są one odzwierciedleniem głównych problemów naukowych rozwiązywanych w Zakładzie Klimatologii UW przedstawionych w rozdziale: Kierunki i ważniejsze wyniki badań naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Polski.

Ze względu na cel i zakres badań, jak też zastosowane metody badań i opracowań można je podzielić, wyodrębniając zagadnienia:

Elementy klimatu – podejmowane były w 33 pracach magisterskich, w tym 12 – dotyczy temperatury powietrza, 3 – wilgotności powietrza, 6 – zachmurzenia, 8 – opadów i 4 – wiatru.

Podstawowe charakterystyki termiczne (średnia dobową, maksymalna, minimalna) cechują intensywność procesów cieplnych zachodzących w pobliżu powierzchni Ziemi (w dolnej warstwie troposfery). Natomiast wskaźniki zawartości pary wodnej w atmosferze (ciśnienie pary wodnej, wilgotność względna, niedosyt wilgotności), stopień pokrycia nieba przez chmury (niezależnie od ich rodzaju) oraz sumy opadów atmosferycznych (z pominięciem ich genety) odzwierciedlają proces obiegu wody w atmosferze. Intensywność tych procesów fizycznych zależy od kierunku adwekcji i prędkości wiatru.

Klimatologii regionalnej poświęcono 74 prace magisterskie, w tym 6 prac stanowi próbę charakterystyki klimatu poszczególnych regionów na podstawie wyników pomiarów, prowadzonych na stacji reprezentatywnej – w ujęciu kompleksowym i dynamicznym. W 36 pracach magisterskich określono pole zmiennych meteorologicznych wybranych jednostek geograficznych czy też ich fragmentów (np. dolina Środkowej Wisły, Kotlina Biebrzańska, Kotlina Warszawska, Karpaty i Sudety, Góry Świętokrzyskie, Wybrzeże). Sporo prac, bo aż 38, dotyczy opisu klimatu jednostek administracyjnych, głównie województw północno-wschodniej Polski (10 – suwalskie, 5 – olsztyńskie, 5 – białostockie, 3 – warszawskie, 12 – płockie i inne) według podziału z 1975 r. i wcześniejszego. Trzy prace magisterskie dotyczą klimatu całej Polski. Prace te łącznie wskazują rolę czynników geograficznych w kształtowaniu procesów wymiany ciepła, pary wodnej i cyrkulacji atmosferycznej na obszarze Polski. Są to cząstkowe opracowania na przykładach: całej Polski, wybranych jej części, jednostek fizyczno-geograficznych i administracyjnych czy też pojedynczych miejscowości.

Wieloletnie średnie poszczególnych elementów meteorologicznych (elementy klimatologiczne) są miarami kompleksowego (łącznego) oddziaływania czynników geograficznych na klimat Polski.

Natomiast miarami określającymi wpływ położenia geograficznego (szerokości geograficznej, długości, wysokości nad poziomem morza) na klimat są składowe gradienty pola: (horyzontalne) – południkowy i równoleżnikowy oraz pionowy (hipsometryczny).

Klimat i bioklimat miast przedstawiony jest w 130 pracach magisterskich, w tym 80 prac „warszawskich” obejmuje klimat lokalny całego miasta, poszczególnych dzielnic, kompleksów zieleni, placów, a nawet wybranych osiedli mieszkaniowych. Wśród prac o klimacie uzdrowisk można wyróżnić 4 – z zastosowaniem metod klimatologii kompleksowej i 3 – z wykorzystaniem własnych wyników pomiarów mikroklimatu. Metodami klimatologii kompleksowej scharakteryzowano dynamikę zmian klimatu 8 miast, 3 – z określonymi typami pogody, 5 – ze zmienną pogodą w Olsztynie w kolejnych 5 latach.

Wyniki badań klimatu Warszawy wskazują, w jaki sposób miasto deformuje pola zmiennych meteorologicznych. Miarami wpływu powierzchni sztucznych (o małym albedo) i zabudowy na pole temperatury są różnice temperatury powietrza między miastem i otoczeniem (tzw. miejska wyspa ciepła) i różnice temperatury wewnątrz miasta. Istotne znaczenie poznawcze ma określenie tempa nagrzewania (w dzień) i ochładzania (w nocy) terenów zabudowanych oraz terminów pojawiania się i zanikania miejskiej wyspy ciepła, w zależności od stanu atmosfery. Ważne są również wartości progowe: temperatury po-

wietrza, zachmurzenia i prędkości wiatru, przy których deformacja pola temperatury powietrza przez miasto jest największa.

Na podstawie prac magisterskich można też śledzić rozwój metod badań i opracowań klimatologicznych w Zakładzie Klimatologii w latach 1951-2001. Można stwierdzić duży postęp w zastosowaniach metod statystycznych (regresji wielokrotnej, badań okresowości, trendów czasowych itp.) i wykorzystania programów informatycznych w obliczeniach komputerowych. Szczególnie się to uwidacznia w częściach dokumentacyjnych prac – w tabelach, wykresach, mapach.