

dr Joanna Uscka-Kowalkowska

Katedra Meteorologii i Klimatologii

Wydział Nauk o Ziemi

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

AUTOREFERAT

(Załącznik 2)

Toruń, kwiecień 2019

Załącznik nr 2

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

Joanna Uscka-Kowalkowska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- **magister geografii**, 10 lipca 1995 r., Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, praca pt. *Stopień zachmurzenia i rodzaje chmur w Toruniu w latach 1986-1990*, promotor: prof. dr hab. Gabriel Wójcik.
- **doktor Nauk o Ziemi w zakresie geografii**, 23 maja 2003 r., Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, rozprawa pt. *Bezpośrednie promieniowanie słoneczne i jego ekstynkcja w atmosferze w strefie podmiejskiej Torunia i w Puławach*, promotor: prof. dr hab. Gabriel Wójcik.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

1995 – 2005 - Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Instytut Geografii, Zakład Klimatologii – asystent;

2005 do chwili obecnej – Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Meteorologii i Klimatologii (do roku 2012 Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Zakład Klimatologii; w latach 2012 – 2013 Wydział Nauk o Ziemi, Zakład Klimatologii) – adiunkt.

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,

Bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Polsce w latach 1966-2010

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy),

Joanna Uscka-Kowalkowska, Bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Polsce w latach 1966-2010, 2019, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, ss.257.

Recenzenci wydawniczy:

dr hab. inż. Anna Styszyńska, prof. nadzw. PG , Politechnika Gdańska

dr hab. Dorota Matuszko, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Wprowadzenie

System klimatyczny Ziemi działa dzięki energii jaką otrzymuje od Słońca (Woś 1997, Wibig 2005). Wielkość energii docierająca do górnej granicy atmosfery zależy od zdolności emisyjnej Słońca i odległości między Ziemią i Słońcem. W trakcie drogi przez atmosferę ziemską promieniowanie słoneczne jest pochłaniane i rozpraszane, co powoduje, że ostateczna ilość energii jaka dochodzi do podłoża jest mniejsza od tej, która dociera do górnej granicy atmosfery (Madany 1977). Promieniowanie, które dochodzi wprost od tarczy słonecznej jest nazywane promieniowaniem bezpośrednim. O tym jaka część tego promieniowania dotrze do podłoża w warunkach tarczy słonecznej nieprzesłoniętej przez chmury decyduje wysokość Słońca nad horyzontem oraz przezroczystość atmosfery. Zawartość pary wodnej i aerozolu warunkujących przezroczystość atmosfery zmienia się w czasie i przestrzeni. Zmiany te wywołane są zarówno czynnikami naturalnymi (np. wielkością parowania, źródłami pyłów oraz cyrkulacją atmosfery), jak i antropogenicznymi (np. emisją zanieczyszczeń do atmosfery, zmianą właściwości fizycznych podłoża związanych z działalnością człowieka, itp.).

Zmienny strumień promieniowania słonecznego docierający do podłoża wpływa na funkcjonowanie ziemskiego systemu klimatycznego, który z kolei oddziałuje na życie i działalność człowieka (IPCC 2013). Szczególnie ważne, nie tylko dla nauki, ale również z przyczyn aplikacyjnych, jest poznanie długookresowych zmian dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do obszarów różniących się zarówno warunkami naturalnymi, jak i w różnym stopniu przekształconych przez człowieka.

Stan badań nad bezpośrednim promieniowaniem słonecznym

Badania bezpośredniego promieniowania słonecznego stały się możliwe po skonstruowaniu stosownych przyrządów i uzyskaniu odpowiednich serii pomiarowych. W Polsce pierwsze systematyczne pomiary aktynometryczne zostały zapoczątkowane przez W. Gorczyńskiego już w 1900 roku w Warszawie (Gorczyński 1950, 1951; Mackiewicz 1953). Później pomiary były prowadzone w wielu innych miejscach kraju (Gorczyński 1950, Stenz 1959). Znaczny rozwój badań aktynometrycznych nastąpił po II wojnie światowej, kiedy to systematycznie zaczęła rozwijać się sieć pomiarów promieniowania słonecznego zorganizowana przez Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny (PIHM) (Bogdańska i in. 2002). Większość prac prezentujących wyniki pomiarów natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego dotyczy pojedynczych stacji i często krótkiego okresu. Autorzy tych badań zwracają uwagę na różne aspekty zmienności dopływu promieniowania bezpośredniego do powierzchni Ziemi i wskazują na czynniki powodujące te zmiany. Zróznicowanie dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego na przykładzie kilku punktów w Bydgoszczy i okolicy przedstawił Paszyński (1959). Kilku autorów zwróciło uwagę na problem osłabienia natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego spowodowanego wpływami antropogenicznymi (Chełchowski 1955, Wójcikowa 1966, Olecki 1975, Uscka-Kowalkowska 2009b). Prezentowano także wyniki badań nad zmiennością natężenia tego promieniowania w przebiegu dziennym. Autorzy wskazują porę przedpołudniową, jako okres o większym natężeniu promieniowania w stosunku do pory popołudniowej (Kühn i Żółtowska 1977, Wójcik i in. 1991, Uscka-Kowalkowska 2008a). Trzeba zauważyć, że poza ostatnią z wymienionych pozycji, prace te dotyczą tylko wybranych sezonów (np. okresu wegetacyjnego czy lata). W przebiegu rocznym najwyższe wartości natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego przypadają na ogół na wiosnę (Olecki 1975, Uscka-Kowalkowska 2008a). W nielicznych pracach omawiano strukturę spektralną

bezpośredniego promieniowania słonecznego. Dla okresu wegetacyjnego w Polsce zagadnienie to przedstawiły Kühn i Żółtowska (1977), natomiast dla całego roku dla wybranych stacji Uscka-Kowalkowska (2008a, 2009a, 2008c).

Promieniowanie słoneczne przechodzące przez atmosferę ziemską podlega osłabieniu, czyli ekstynkcji. Stopień ekstynkcji dla całego spektrum widma słonecznego przedstawiają m.in. współczynnik przezroczystości atmosfery lub wskaźnik zmętnienia Linkego (są to wskaźniki szerokopasmowe). Współczynnik przezroczystości atmosfery określa, jaka część stałej słonecznej dociera do powierzchni Ziemi przez warstwę powietrza równą jednej masie optycznej atmosfery, natomiast wskaźnik zmętnienia Linkego oznacza liczbę suchych i czystych atmosfer (bez pary wodnej i aerozoli) potrzebnych do takiego samego osłabienia promieniowania słonecznego, jakie powoduje atmosfera rzeczywista. Obie z wymienionych charakterystyk optycznych atmosfery odzwierciedlają wpływ aerozolu i pary wodnej na ekstynkcję promieniowania słonecznego. Wielkość ekstynkcji promieniowania zmienia się w cyklu dziennym, rocznym i wieloletnim. **Opracowania, w których przedstawiana jest ekstynkcja promieniowania, najczęściej dotyczą pojedynczych stacji i krótkich okresów obserwacyjnych. Dodatkowym problemem jest zastosowana przez autorów prac odmienna metodyka obliczania poszczególnych wskaźników, co uniemożliwia porównania ilościowe wielkości ekstynkcji dla różnych miejsc i okresów.**

W przebiegu dziennym ekstynkcji promieniowania dla kilku lokalizacji w Polsce mniejsze jej wartości obserwowane był częściej przed południem w stosunku do pory popołudniowej (Wójcik i in. 1991, Uscka-Kowalkowska 2008a, 2010, 2013). W przebiegu rocznym okresem o największej przezroczystości atmosfery jest z reguły półrocze chłodne, a najmniejsza przezroczystość atmosfery występuje w okresie ciepłym. Prawidłowość tę zauważono w pracach dla różnych miejsc w Polsce (Mackiewicz 1957, Słomka 1959, Olecki 1975, 1992, Uscka-Kowalkowska 2003, 2004, 2007, 2008a, 2008b, 2009a, 2009b, 2010, 2013) i w Europie (Katz i in. 1982, Abakumova i in. 1983, Kambezidis i in. 1993, Grenier i in. 1995, Jacovides i in. 1995, 1996, Jacovides, Karalis 1996).

Część prac poświęcono zróżnicowaniu przestrzennemu ekstynkcji promieniowania i czynnikom na nie wpływającym. Jednym z takich czynników jest działalność człowieka. Większą ekstynkcję promieniowania obserwuje się w miastach w stosunku do terenów pozamiejskich (Dziewulska-Łosiowa 1962, Michałowska-Smak 1981, Olecki 1992, Zawadzka i in. 2013, Uscka-Kowalkowska i in. 2017).

W świetle badań długookresowych dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi, stwierdzono jego zmienność w czasie związaną ze zmianami przezroczystości atmosfery. Syntezę wyników badań długookresowych dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego przedstawił Wild (2009). Generalnie badania wskazują na spadek dopływu promieniowania słonecznego spowodowane zapyleniem atmosfery („global dimming”), które trwało do połowy lat 80. XX wieku i poprawę stanu przezroczystości atmosfery skutkującą wzrostem dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego w okresie późniejszym („global brightening”). Istotnym czynnikiem sprzyjającym poprawie stanu optycznego atmosfery było ograniczenie antropogenicznej emisji zanieczyszczeń powietrza. Na przykład globalna emisja antropogenicznej siarki w latach 90. ubiegłego wieku znacząco spadła (Stern 2006), duży spadek emisji siarki zaznaczył się zwłaszcza w Europie Centralnej i Wschodniej (Vestreng i in. 2007, Chiacchio i in. 2011). Zagadnienie zmienności dopływu promieniowania w Europie podejmowali m.in. Russak (1990), Abakumova i in. (1996), Heikinheimo i in. (1996), Persson (1999), Terez i Terez (2002), Ohvri i in. (2009), Samukova i in. (2014). **Dla obszaru Polski do tej pory brak było kompleksowego opracowania pokazującego długookresowe zmiany przezroczystości atmosfery.**

W literaturze dotyczącej ekstynkcji bezpośredniego promieniowania słonecznego ważne miejsce zajmują prace dotyczące zawartości aerozolu i wody opadowej w atmosferze. Parametrem opisującym zawartość aerozolu w atmosferze jest optyczna grubość aerozolowa (AOD). Jest to wielkość bezwymiarowa określająca stopień wpływu aerozolu na osłabienie promieniowania słonecznego. Wyniki badań nad AOD w Polsce przedstawili m.in. Jarosławski i Pietruczuk (2010), Maciszewska i in. (2010), Zawadzka i in. (2013), Markowicz, Uscka-Kowalkowska (2015), Posyniak i in. (2016), Markowicz i in. (2019), a w innych częściach świata Power, Goyal (2003) i Streets i in. (2006, 2009). Informacje o przebiegu rocznym zawartości wody opadowej nad obszarem Polski znajdują się w pracach m.in. Fortuniaka (2003), Wibig i Siedleckiego (2007) oraz Kożuchowskiego (2016). Obszerną pozycją charakteryzującą zawartość pary wodnej nad Europą jest opracowanie Wypych (2018).

Uzasadnienie podjęcia tematu i cel badań

Przedstawiony powyżej stan badań nad bezpośrednim promieniowaniem słonecznym i jego transmisją w atmosferze pokazuje, że temat ten był podejmowany wcześniej, jednak brak jest kompleksowego opracowania dla różnych rejonów kraju, opartego na długookresowych seriach pomiarowych z wykorzystaniem jednolitej metodyki.

Zasadniczym celem pracy, przedstawianej jako osiągnięcie naukowe, jest określenie zmienności czasowej i przestrzennej dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego w Polsce.

Cel ten osiągnięto poprzez realizację zadań cząstkowych:

1. Przedstawienie natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego w całym spektrum widma słonecznego oraz w wydzielonych zakresach spektralnych w przebiegu dziennym i rocznym.
2. Ocena wielkości przezroczystości atmosfery dla bezpośredniego promieniowania słonecznego w cyklu dziennym, rocznym i wieloletnim.
3. Określenie wpływu aerozolu i pary wodnej na przezroczystość atmosfery.
4. Ocena wpływu geograficznych mas powietrza na wielkość przezroczystości atmosfery.
5. Analiza przezroczystości atmosfery dla bezpośredniego promieniowania słonecznego na przykładzie wybranych dni – studium przypadku.

Przy dyskusji uzyskanych wyników na tle dotychczasowej literatury pojawiają się jednak dwa zasadnicze problemy. Pierwszy to zmieniająca się wraz z rozwojem nauki metodyka badań i opracowań aktynometrycznych. W historii badań zmieniały się skale pyrliometryczne, według których cechowano przyrządy. Wraz z udoskonalaniem metod pomiarowych, także tych prowadzonych poza atmosferą ziemską, doprecyzowywano wielkość stałej słonecznej. Ewoluowała także metodyka w zakresie obliczeń tak popularnych miar stanu optycznego atmosfery, jak przedstawione wcześniej współczynnik przezroczystości atmosfery czy wskaźnik zmgętnienia Linkego. Wszystkie przytoczone kwestie powodują, że nie jest możliwe precyzyjne porównanie wyników prac dotyczących natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego i jego transmisji przez atmosferę napisanych w różnych okresach. Drugi problem stanowi fakt, że analizie podlegały najczęściej krótkie serie danych, a prac, w których przedstawiono wyniki badań wieloletnich jest niewiele.

Wobec narastającego problemu zmian klimatu, opracowania dotyczące wielkości dopływającego promieniowania słonecznego i przezroczystości atmosfery w dłuższym okresie są szczególnie istotne. Stąd też decyzja o podjęciu takiego właśnie tematu badawczego.

Obszar badań i materiały

W pracy przeanalizowano przebiegi dzienne, roczne i wieloletnie dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do wybranych stacji aktynometrycznych w Polsce działających w sieci Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW–PIB) w latach 1966–2010. Do analizy wybrano pięć stacji różniących się między sobą zarówno warunkami naturalnymi, jak i stopniem przekształcenia otoczenia przez działalność człowieka. Stacje te zlokalizowane są w Kołobrzegu, Mikołajkach, Warszawie, Zakopanem i na Kasprowym Wierchu. Reprezentują one główne regiony kraju – nadmorski, pojezierza, niziny i góry. Stacje aktynometryczne w Kołobrzegu, w Warszawie i w Zakopanem położone są w obszarach zurbanizowanych, a więc silnie przekształconych przez człowieka. Stacje w Mikołajkach i na Kasprowym Wierchu reprezentują obszary o niewielkim stopniu przekształceń antropogenicznych.

Materiał badawczy do prezentowanego opracowania stanowiły wyniki pomiarów natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego oraz dodatkowo informacje o warunkach meteorologicznych w trakcie pomiarów aktynometrycznych. Materiał ten został udostępniony przez IMGW–PIB. Dane z lat 1966–2003 uzyskano w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (2 P04E 012 28), a z pozostałych lat na mocy ustawy z dnia 25 lutego 2016 r. o ponownym wykorzystaniu informacji z sektora publicznego. Na wyżej wymienionych stacjach pomiary natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego były wykonywane przez obserwatora za pomocą aktynometru Linke-Feussnera. Jest to instrument względny, lecz bardzo stabilny (IGY 1958). Jego zaletą jest możliwość wykonywania pomiarów nie tylko w całym spektrum widma słonecznego (czyli dla wszystkich długości fal), ale także dzięki zainstalowanym filtrom w wydzielonych zakresach spektralnych (dla wybranych przedziałów długości fal). Dla każdej z badanych stacji wykorzystano informacje o wielkości natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego w całym spektrum widma słonecznego oraz dla długości fali większej od 630 nm. Dodatkowo dla Warszawy i Mikołajek wykorzystano wyniki pomiarów dla długości fali większych odpowiednio od 525 nm i od 710 nm. Wszystkie pomiary bezpośredniego promieniowania

słonecznego wykonywane były na powierzchnię prostopadłą do biegu promieni słonecznych i tak przedstawiane są w całej pracy.

Pomiary bezpośredniego promieniowania słonecznego wykonywane są tylko wtedy, gdy tarcza słoneczna nie jest przesłonięta przez chmury, stąd też liczba serii pomiarowych dla poszczególnych stacji jest różna. W ciągu roku z reguły w badanym okresie (1966–2010) więcej pomiarów przypadało na lato i wiosnę niż na jesień i zimę (z wyjątkiem Kasprowego Wierchu, gdzie jest odwrotnie), co jest związane z wielkością zachmurzenia w poszczególnych porach roku. Na liczbę pomiarów wpłynęły także czynniki organizacyjne, związane z działalnością sieci aktynometrycznej w Polsce.

W opracowaniu przeanalizowano także wpływ przezroczystości atmosfery na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w zależności od występujących mas powietrza. Rodzaj mas powietrza dla dni, w których było mierzone natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego określono na podstawie map synoptycznych. Mapy te zostały opublikowane przez IMGW–PIB (dawniej PIHM) w Biuletynach Synoptycznych (1966–1978) i Codziennych Biuletynach Meteorologicznych (1979–2010).

Metoda opracowania

W opracowaniu przeanalizowano serie pomiarowe wykonane przy wysokości Słońca co najmniej 10° powyżej horyzontu. Dla wszystkich badanych stacji przedstawiono maksymalne, średnie i minimalne wartości natężenia promieniowania w całym spektrum widma słonecznego i dla wybranych długości fal. W obliczeniach przyjęto wielkość stałej słonecznej równą $1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Iqbal 1983), a jej wartość dla poszczególnych dni roku policzono według wzoru Aydiniego (Podogrocki i in. 1998).

Ważnym problemem podjętym w pracy jest określenie przezroczystości atmosfery dla bezpośredniego promieniowania słonecznego. Do tego celu wykorzystano współczynnik przezroczystości atmosfery (p_2), który został policzony wg metodyki zaproponowanej przez Mürka i Ohvrila (Ohvri i in. 1999, Kannel i in. 2012). Przezroczystość atmosfery, policzona według powyżej omówionej metodyki, została przedstawiona w przebiegu dziennym, w przebiegu rocznym według wartości miesięcznych i dla pór roku oraz dla poszczególnych lat w okresie wieloletnim. W opracowaniu posłużono się klasyfikacją przezroczystości atmosfery, w której wyróżniono 6 klas – od przezroczystości bardzo niskiej do wysokiej (Abakumova i in. 1983).

Głównymi czynnikami warunkującymi zmiany przezroczystości atmosfery jest zawartość wody opadowej oraz aerozolu w powietrzu (Abakumova, Gorbarenko 2007). Obie te charakterystyki optyczne przedstawiono dla każdej z badanych stacji. Zawartość wody opadowej (w , cm) policzono według wzoru zaproponowanego przez Lecknera (Okulov i in. 2002), a zawartość aerozolu wyrażono poprzez współczynnik zmętnienia Ångströma (β). Współczynnik ten jest bezwymiarowy i informuje o stopniu osłabienia promieniowania słonecznego przez aerozol atmosferyczny dla długości fali 1000 nm (Kannel 2016). Został on policzony według algorytmu zaproponowanego przez Greniera i in. (1994).

Zagadnienie wielkości przezroczystości atmosfery dla bezpośredniego promieniowania słonecznego zostało przeanalizowane w zależności od występujących mas powietrza. Wszystkie masy powietrza zostały podzielone na 5 rodzajów (wg klasyfikacji wykorzystywanej przez IMGW–PIB):

- arktyczne,
- polarne kontynentalne,
- polarne morskie,
- polarne morskie stare,
- zwrotnikowe.

W ramach studium przypadku dla wybranych dni przeanalizowano przezroczystość atmosfery w godzinach okołopołudniowych na tle sytuacji synoptycznej.

Istotność statystyczną różnic natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego i współczynnika przezroczystości dla zmiennych o różnej liczbie przypadków sprawdzano za pomocą testu U Manna-Whitneya (dla dwóch zmiennych). W przypadku porównań wielokrotnych wykorzystano test Annova rang Kruskala-Wallis (Stanisz 2006). We wszystkich przeprowadzonych testach przyjęto poziom istotności statystycznej mniejszy od 0,05.

Wyniki badań

Największe zmierzone natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego na badanych stacjach w latach 1966–2010 wyniosło **od 963,6 W·m⁻² w Warszawie do 1107,7 W·m⁻² na Kasprowym Wierchu**. Głównym czynnikiem predysponującym do występowania tak wysokich wartości natężenia promieniowania słonecznego na Kasprowym Wierchu jest położenie stacji na znacznej wysokości nad poziomem morza oraz relatywnie czyste otoczenie charakteryzujące Tatrzański Park Narodowy, na terenie którego ten szczyt się znajduje. W

przypadku Warszawy na niewielką w porównaniu z pozostałymi stacjami wysokość maksimum natężenia promieniowania duży wpływ wywiera znaczny stopień antropogenicznego przekształcenia środowiska charakteryzujący miasto. **Najwyższe zmierzone wartości natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego w przypadku wszystkich badanych stacji wystąpiły w latach 1990. i później (okres „global brightening”).**

Dla poszczególnych pór roku i w roku w średnim przebiegu dziennym obserwuje się wzrost dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego wraz ze wzrostem wysokości Słońca nad horyzontem. **W badanym okresie uwiadcniają się wyraźnie wyższe wartości promieniowania bezpośredniego na Kasprowym Wierchu w stosunku do innych stacji.** Dużym dopływem tego promieniowania charakteryzowało się także Zakopane. Na pozostałych stacjach z reguły największymi średnimi wartościami natężenia promieniowania bezpośredniego wyróżniały się Mikołajki, następnie Kołobrzeg, natomiast najmniejszy dopływ promieniowania wystąpił w Warszawie. W przebiegu dziennym maksymalnych wartości natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego (dla wydzielonych przedziałów wysokości Słońca nad horyzontem) przewaga Kasprowego Wierchu nad pozostałymi stacjami jest mniejsza niż w przypadku wartości średnich, a z kolei wartości dla pozostałych stacji bardziej różnią się od siebie.

Najwyższe zanotowane wartości natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego wg pór roku przypadły wiosną, natomiast najmniejsze wartości maksymalne w przebiegu rocznym na stacjach nizinnych występowały zimą, a na stacjach górskich jesienią. Największe maksymalne natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego w przebiegu rocznym wg wartości dla poszczególnych miesięcy przypadło na marzec, kwiecień lub maj, a najniższe na grudzień lub styczeń.

W opracowaniu przedstawiono także strukturę spektralną bezpośredniego promieniowania słonecznego. W przypadku wartości średnich uzyskane wyniki wskazują, że bez względu na przedział spektralny promieniowania największe wartości jego natężenia wystąpiły na Kasprowym Wierchu. Na pozostałych stacjach dla fal krótszych od 630 nm średnie wartości były zbliżone, choć uwiadczyła się ich przewaga w Kołobrzegu, Mikołajkach i Zakopanem w stosunku do Warszawy. Dla fal o długości powyżej 630 nm w badanym okresie natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego w Zakopanem zdecydowanie przeważało nad tym notowanym na stacjach nizinnych. Najmniejsze wartości wystąpiły w Kołobrzegu i w Warszawie. Niewielkie wartości natężenia bezpośredniego promieniowania

słonecznego dla fal dłuższych niż 630 nm w Kołobrzegu mogą być związane ze znaczną ekstynkcją tego zakresu spektralnego promieniowania przez parę wodną (Kołobrzeg charakteryzuje się największą średnią zawartością wody opadowej w atmosferze ze wszystkich stacji).

Wraz ze wzrostem wysokości Słońca nad horyzontem, czyli ze zmniejszaniem się masy optycznej atmosfery, w spektrum promieniowania zwiększa się udział fal krótszych od 630 nm i zmniejsza się udział pozostałych długości fal.

Wielkość dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego została również scharakteryzowana poprzez **współczynnik przezroczystości atmosfery**. Jego średnie roczne wartości wieloletnie (1966–2010) na badanych stacjach wyniosły od 0,723 w Warszawie do 0,786 na Kasprowym Wierchu. Wielkość współczynnika przezroczystości kształtowana jest przez zawartość aerozolu i pary wodnej w atmosferze. **Na Kasprowym Wierchu na najwyższą średnią przezroczystość atmosfery miały wpływ, zarówno najmniejsze rozpraszanie aerozolowe ($\beta=0,048$), jak i najmniejsza zawartość wody opadowej ($w=0,84$ cm). W przypadku Warszawy na najmniejszą spośród wszystkich stacji przezroczystość atmosfery wpłynęło największe średnie zmętnienie aerozolowe ($\beta=0,099$) i dość duża zawartość wody opadowej ($w=1,48$ cm).** Największą średnią zawartością wody opadowej w atmosferze w badanym okresie charakteryzował się Kołobrzeg ($w=1,56$ cm). Maksymalne wartości przezroczystości atmosfery dla wszystkich stacji przekroczyły 0,805, co oznacza przezroczystość wysoką (Abakumova i in. 1983). Różnice pomiędzy wartościami maksymalnymi przezroczystości atmosfery są znacznie mniejsze niż różnice pomiędzy średnimi.

Przezroczystość atmosfery zmienia się w przebiegu rocznym. Przebieg ten jest podobny w większości badanych stacji – **maksimum występuje zimą, a minimum latem.** Jedynie w Warszawie minimum przezroczystości wystąpiło wiosną. **Przezroczystość atmosfery jesienią w badanym okresie na wszystkich stacjach była większa niż wiosną.** Najwyższe maksima są charakterystyczne dla zimy, jedynie w Kołobrzegu maksimum jesienne było równe zimowemu. Z wyjątkiem okresu letniego wartości maksymalne charakteryzują się mniejszym zróżnicowaniem wielkości pomiędzy stacjami niż wartości średnie dla pór roku. Wszystkie opisywane relacje przezroczystości atmosfery między porami roku na poszczególnych stacjach są istotne statystycznie. Jedynie różnica przezroczystości między wiosną i jesienią w Kołobrzegu oraz między latem a wiosną w Warszawie nie wykazują takiej istotności, a różnice

średniej wielkości współczynnika przezroczystości są bardzo małe. **Opisany przebieg roczny przezroczystości atmosfery kształtowany jest przez zmiany aerozolu i pary wodnej.** W przypadku badanych stacji najniższe wartości zmętnienia aerozolowego (współczynnik zmętnienia Ångströma) przypadły na zimę, z wyjątkiem Zakopanego, gdzie wystąpiły jesienią. Maksimum wystąpiło w lecie (Mikołajki, Zakopane i Kasprowy Wierch) lub na wiosnę (Kołobrzeg i Warszawa). Zawartość wody opadowej na wszystkich stacjach charakteryzowała się takim samym przebiegiem rocznym, z minimum występującym zimą i maksimum letnim.

Najmniejszą przezroczystością atmosfery w badanym okresie w zależności od stacji charakteryzowały się miesiące od maja do września, różne w poszczególnych stacjach. Średnie wielkości współczynnika przezroczystości w tym przypadku mieszczą się w granicach od 0,696 w Mikołajkach do 0,743 na Kasprowym Wierchu. Najniższe średnie miesięczne dla stacji nizinnych i Zakopanego są do siebie zbliżone, a różnice między nimi nie są istotne statystycznie. Na wszystkich badanych stacjach miesiącem o średnio najwyższej przezroczystości atmosfery był grudzień, jedynie w Mikołajkach maksimum przypadło również na listopad. Najwyższe średnie wartości przezroczystości atmosfery mieszczą się w przedziale od 0,764 w Warszawie do 0,828 na Kasprowym Wierchu.

Przezroczystość atmosfery podlega także zmianom w przebiegu dziennym. Na każdej z badanych stacji minimum przezroczystości atmosfery pokrywało się z maksimum zmętnienia aerozolowego i przypadło na okres górowania Słońca lub porę popołudniową. Maksimum przezroczystości atmosfery na wszystkich badanych stacjach wystąpiło średnio w roku przed południem, podobnie jak minimum zmętnienia aerozolowego. W przypadku zawartości wody opadowej w atmosferze jej przebieg dzienny nawiązuje do przebiegu dziennego przezroczystości atmosfery na Kasprowym Wierchu. Na pozostałych stacjach opisywane relacje zawartości wody opadowej w atmosferze i przezroczystości atmosfery są bardziej złożone. Warto jednak zwrócić uwagę, że **w przebiegu dziennym zawartość wody opadowej w atmosferze na wszystkich stacjach, poza Kasprowym Wierchem, zmieniała się w niewielkim stopniu. Na przebieg dzienny przezroczystości atmosfery największy wpływ wywierał więc aerozol atmosferyczny.** Najniższe średnie w poszczególnych częściach dnia wystąpiły w Warszawie (przed i po południu) lub w Kołobrzegu (dla górowania Słońca). Największa przezroczystość atmosfery we wszystkich częściach dnia została odnotowana na Kasprowym Wierchu.

Dla zobrazowania zmian przezroczystości atmosfery badany okres (lata 1966–2010) został podzielony na trzy 15-letnie podokresy. **Największą przezroczystością atmosfery na wszystkich badanych stacjach charakteryzował się ostatni okres (1996–2010).** Jak wykazały badania jest to spowodowane obniżeniem zawartości aerozolu w atmosferze, gdyż w przypadku zawartości wody opadowej jej zmiany są małe lub minima przypadają na inny okres niż lata 1996–2010. **Minimum przezroczystości atmosfery przypadło na lata 1966-1980 lub 1981-1995 i jest we wszystkich przypadkach związane z maksimum zmętnienia aerozolowego.** We wszystkich trzech wyróżnionych podokresach największa przezroczystość atmosfery widoczna jest na Kasprowym Wierchu, natomiast najmniejszą przezroczystością w dwóch pierwszych podokresach charakteryzowała się Warszawa, a w okresie najmłodszym Kołobrzeg.

Zmiany przezroczystości atmosfery zostały przedstawione także w okresach 5-letnich. **Średnio najmniejszą przezroczystością na wszystkich wziętych do opracowania stacjach charakteryzowały się lata 1981–1985.** Przyczyną takiego stanu rzeczy były zarówno czynniki antropogeniczne związane z dużą jeszcze wtedy globalną emisją zanieczyszczeń do atmosfery (koniec okresu „global dimming”), jak również czynniki naturalne przejawiające się w licznych wybuchach wulkanicznych (Ohvri i in. 1999). **Największą przezroczystością atmosfery charakteryzowało się 5-lecie 1996–2000 (w Mikołajkach, Warszawie, i na Kasprowym Wierchu), w przypadku Kołobrzegu lata 1986–1990, a w Zakopanem 5-lecie 2001–2005.**

Na podstawie wartości średnich rocznych **wyznaczono trend przezroczystości atmosfery dla każdej z badanych stacji.** Wszystkie trendy okazały się rosnące, jednakże tam gdzie były one najmniejsze (dla Kołobrzegu i Kasprowego Wierchu) nie wykazywały istotności statystycznej. Największy trend wzrostowy przezroczystości atmosfery zaznaczył się w Zakopanem (+0,013/10lat). Trendy przezroczystości atmosfery wyznaczono także dla poszczególnych pór roku dla każdej stacji. Są one rosnące, świadcząc o wzroście przezroczystości atmosfery. Jedynym wyjątkiem jest Kołobrzeg, gdzie występuje nieznaczny trend malejący przezroczystości atmosfery w porze wiosennej. **Istotnie statystycznie trendy wzrostowe przezroczystości atmosfery w badanym okresie wystąpiły wiosną w Mikołajkach, w Warszawie i w Zakopanem, latem w Mikołajkach i w Zakopanem, jesienią w Kołobrzegu i Zakopanem oraz zimą w Mikołajkach i Zakopanem.** Wzrost przezroczystości atmosfery obserwowany jest także dla wielu innych stacji w Europie i Japonii (Wild 2009).

Masy powietrza napływające nad badany obszar charakteryzują się różną zawartością pary wodnej i aerozolu, przez co kształtują przezroczystość atmosfery dla bezpośredniego promieniowania słonecznego. Z racji położenia w średnich szerokościach geograficznych badane stacje najczęściej znajdują się w zasięgu polarnych mas powietrza. Rzadziej pojawiają się tu masy arktyczne i zwrotnikowe (Więclaw 2004). W ciągu badanych 45 lat struktura częstości mas powietrza podlegała zmianom. Cały okres badawczy podzielono na 3 części – po 15 lat każda. W pierwszym okresie (1966–1980) wyraźnie zwiększonym udziałem charakteryzowało się powietrze polarne kontynentalne, natomiast znacząco mniejszym masy polarne morskie. Na wszystkich stacjach zaznaczył się mniejszy udział mas arktycznych. W okresie drugim (1981–1995) cechą charakterystyczną wszystkich stacji był większy udział mas powietrza polarnego morskiego i mniejszy polarnego kontynentalnego. W okresie trzecim wyraźnie zaznaczył się zwiększony udział mas arktycznych (na wszystkich stacjach oprócz Kołobrzegu), polarnych morskich, a także zwrotnikowych. Mniejszym udziałem charakteryzowały się masy polarne kontynentalne i polarne morskie stare.

Dla każdej masy powietrza wyznaczono dni z maksymalnym natężeniem bezpośredniego promieniowania słonecznego. **W latach 1966-2010 największe natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego w Kołobrzegu, w Mikołajkach i na Kasprowym Wierchu zostało zmierzone przy arktycznych masach powietrza, a w Warszawie i w Zakopanem przy masie polarnej morskiej. Najmniejsze maksimum natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego, na wszystkich badanych stacjach, oprócz Zakopanego, wystąpiło przy zwrotnikowej masie powietrza.** W Zakopanem najwyższa zmierzona wartość natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego przy masie polarnej morskiej starej jest nieznacznie niższa niż maksimum dla masy zwrotnikowej.

Największą średnią roczną przezroczystością atmosfery w latach 1966–2010 na badanych stacjach w Polsce charakteryzowały się masy arktyczne, a najmniejszą masy zwrotnikowe. Przyczyną takiego rozkładu ekstremów jest zarówno zawartość aerozoli, jak i pary wodnej w wymienionych masach powietrza. W przypadku mas polarnych (kontynentalnych, morskich i morskich starych) na każdej ze stacji nizinnych przezroczystość atmosfery była podobna. W Zakopanem i na Kasprowym Wierchu największą przezroczystością spośród mas polarnych charakteryzowały się masy polarne morskie. Miały one także najmniejsze zmętnienie aerozolowe, natomiast zawartość wody opadowej w

poszczególnych masach polarnych nad Zakopanem i Kasprowym Wierchem była porównywalna.

Najmniejsze wartości przezroczystości atmosfery w poszczególnych masach powietrza przypadają z reguły na miesiące ciepłe, a największe na półrocze chłodne. Różnice przezroczystości atmosfery między poszczególnymi masami powietrza na każdej ze stacji nie zawsze jednak były istotne statystycznie. Zaobserwowano tu pewną prawidłowość – najwięcej istotnych statystycznie różnic współczynnika przezroczystości atmosfery pomiędzy poszczególnymi masami powietrza na danej stacji wystąpiło z reguły w okresie ciepłym, a najmniej w okresie chłodnym. Najprawdopodobniej na taki stan rzeczy wpływa czynnik antropogeniczny – w okresie chłodnym (jesień, zima) do atmosfery emitowana jest duża ilość zanieczyszczeń komunalnych związanych z ogrzewaniem. Powoduje to zacieranie się różnic przezroczystości atmosfery między poszczególnymi masami powietrza.

W badanym okresie obserwuje się zwiększenie przezroczystości atmosfery we wszystkich masach powietrza. Zmiany wielkości współczynnika przezroczystości korespondują ze zmianami współczynnika zmętnienia Ångströma, natomiast na ogół nie wykazują związku ze zmianami zawartości wody opadowej w atmosferze.

Przezroczystość atmosfery, zmętnienie aerozolowe oraz zawartość wody opadowej w atmosferze przedstawiono także dla wybranych dni, w których pomiary wykonywano na wszystkich stacjach. Zaobserwowano, że w niektórych dniach na wielkość transmisji promieniowania słonecznego przez atmosferę dominujący wpływ miały czynniki naturalne związane z sytuacją baryczną i zalegającą masą powietrza (np. w dniu 10 V 1976 r.), a w innych zróżnicowanie wynikało w dużej mierze z przyczyn antropogenicznych (np. w dniu 29 XII 1972 r.).

Uwagi końcowe

Praca, którą przedstawiono jako osiągnięcie habilitacyjne, jest pierwszym kompleksowym opracowaniem dotyczącym bezpośredniego promieniowania słonecznego w Polsce. Poruszono w niej szereg zagadnień związanych z **natężeniem promieniowania bezpośredniego**, jego **składem spektralnym** i **czynniki wpływającymi na jego transmisję przez atmosferę** w różnych rejonach kraju w długim okresie (1966-2010). Zbadano przebieg dzienny, roczny i wieloletni dopływu promieniowania. Określono wpływ geograficznych mas powietrza na transmisję bezpośredniego promieniowania słonecznego przez atmosferę.

Szczególnie interesujące są wyniki dotyczące długookresowych **trendów przezroczystości atmosfery**. Dla wszystkich badanych stacji okazały się one rosnące, choć nie zawsze był to wzrost istotny statystycznie. Przyczyny zmian miały charakter naturalny (m.in. zmniejszenie liczby erupcji wulkanicznych) oraz antropogeniczny (spadek emisji zanieczyszczeń do atmosfery w Europie Środkowej związany z transformacją gospodarczą lat 1990.) (Stern 2006, Vestreng i in. 2007). Wzrost przezroczystości atmosfery wiązał się ze spadkiem ilości aerozolu (o czym świadczą prezentowane w pracy wielkości współczynnika zmętnienia aerozolowego), a nie ze zmianami zawartości wody opadowej w atmosferze. Informację o wielkości przezroczystości atmosfery i jej trendach można praktycznie wykorzystać w badaniach dotyczących zmian klimatu. Mogą one być jednym ze składników wejściowych w modelowaniu klimatu. Informacja o ilości energii docierającej od Słońca może być też użyteczna w energetyce solarnej, w ocenie wydajności urządzeń wykorzystujących promieniowanie słoneczne do produkcji ciepła lub energii elektrycznej.

Literatura

1. Abakumova G.M., Feigelson E.M., Russak V., Stadnik V.V., 1996, Evaluation of long-term changes in radiation, cloudiness, and surface temperature on the territory of former Soviet Union, *Journal of Climate*, V 9, No. 6, s. 1319-1327.
2. Abakumova G.M., Gorbarenko E.V., 2007, Influence of Water Vapor and Aerosol on the Integral Transparency of the Atmosphere, *Russian Meteorology and Hydrology*, Vol. 32, No. 9, s. 565–571.
3. Abakumova G.M., Jewniewicz T.W., Nikolska, 1983, Wlijanije goroda na prozrachnost' atmosfieri, *Izdatelstwo Moskovskogo Uniwersiteta*.
4. Biuletyn Synoptyczny, 1966–1973, Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, 1974–1978, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
5. Bogdańska B., Podogrocki J., Żółtowska K., 2002, Sieć pomiarów promieniowania słonecznego w Polsce i baza danych aktynometrycznych, (w:) *Działalność naukowa profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja, Sympozjum Klimatologiczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika*, Toruń, 16–17 IX 1993, s. 55–70.
6. Chełchowski W., 1955, Natężenie promieniowania słonecznego 6–26 XII 1952 w 3 punktach rejonu Zakopanego, *Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny*, Tom VIII, Z. 1, s. 43–51.
7. Chiacchio M.T., Ewen M., Wild M., Chin M., Diehl T., 2011, Decadal variability of aerosol optical depth in Europe and its relationship to the temporal shift of the North Atlantic Oscillation in the realm of dimming and brightening, *Journal of Geophysical Research*, 116, D02108, doi:10.1029/2010JD014471.
8. *Codzienny Biuletyn Meteorologiczny*, 1979–2010, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
9. Dziewulska – Łosiowa A., 1962, Próba oceny zakłócenia przeźroczystości atmosfery w Warszawie, *Przegląd Geofiz.*, VII, z. 2, s. 111–116.
10. Fortuniak K., 2003, Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne, Wyd. UŁ, Łódź.
11. Gorczyński W., 1950, O pomiarach natężenia promieniowania słonecznego, *Gazeta Obserwatora PIHM*, nr 4 (28), s. 1-7.
12. Gorczyński W., 1951, O insolacji Gdańska, Sopotu i Gdyni w porównaniu z Warszawą, *Studia Societatis Scientiarum Torunensis*, Vol. II Nr 4, Sectio A, Toruń.
13. Grenier J.C., de La Casinière A., Cabot T., 1994, A spectral model of Linke's turbidity factor and its experimental implications. *Solar Energy* 52, s. 303-313.

14. Grenier J.C, de La Casinière A., Cabot T., 1995, Atmospheric Turbidity analyzed by means of standardized Linke's Turbidity factor, *J. Appl. Meteor.*, 34, s. 1449–1458.
15. Heikinheimo M.J., Ohvriil H., Venäläinen A., Skartveit A., Olseth J.A., Laine V., Teral H., Arak M., Teral K., 1996, Recent variations of atmospheric turbidity at selected sites in Finland, Estonia and Norway as revealed by Surface solar radiation measurements, *Geophysica*, 32 (1–2), s. 195–215.
16. IGY, 1958, Instruction Manual, Part VI, Radiation instruments and measurements, Pergamon, London.
17. IPCC, 2013, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (red.) Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA, ss. 1535.
18. Iqbal M., 1983, An introduction to Solar Radiation, Academic, New York.
19. Jacovides C.P., Kaltounides N.A., Ginnourakos G.P., Kallos G.B., 1995, Trends in attenuation coefficients in Athens, Greece, from 1954 to 1991, *Journal of Applied Meteorology*, 34, s. 1459–1465.
20. Jacovides C.P., Karalis J.D., 1996, Broad band turbidity parameters and spectral band resolution of solar radiation for the period 1954–1991 in Athens, Greece, *International Journal of Climatology*, 16, s. 229–242.
21. Jacovides C.P., Timbrios F.S., Giannourakos G.P., Pashiardis S., Stefanou L., 1996, Recent measurements of broad-band turbidity parameters in the island of Cyprus, *Atmospheric Environment* 30, s. 3391–3396.
22. Jarosławski J., Pietruczuk A., 2010, On the origin of seasonal variation of aerosol optical thickness in UV range over Belsk, Poland, *Acta Geophysica*, 58, s. 1134–1146.
23. Kambezidis H.D., Founda D.H., Papanikolaou N.S., 1993, Linke and Unsworth-Monteith turbidity parameters in Athens, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 119, s. 367–374.
24. Kannel M., Ohvriil H., Okulov O., 2012, A shortcut from broadband to spectral aerosol optical depth., *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 61(4), s. 266–278.
25. Kannel M., 2016, Development of Broadband Aerosol Optical Depth Models, *Dissertationes Geophysicales Universitatis Tartuens* 26, University of Tartu Press, Tartu.
26. Katz M., Beille A., Mermier M., 1982, Atmospheric turbidity in semi rural site – II: Influence of climatic parameters, *Solar Energy* 28, s. 329–339.
27. Kożuchowski K., 2016, Zawartość wody opadowej w atmosferze i opady w Polsce, *Przegląd Geofizyczny*, 61(3-4), s. 151–169.
28. Kühn L., Żółtowska K., 1977, Natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego i jego skład spektralny w okresie wegetacyjnym w Polsce, *Materiały IV Seminarium Fitoaktynometrii*, IUNG, Puławy, s. 55–68.
29. Maciszewska A.E., Markowicz K.M., Witek M.L., 2010, A multiyear analysis of aerosol optical thickness over Europe and Central Poland using NAAPS model simulation, *Acta Geophysica*, vol. 58, no. 6, s. 1147–1163.
30. Mackiewicz M., 1953, The space distribution of insolation in Poland, *Acta Geophysica Polonica*, T. I, zesz. 2/53, s. 100–125.
31. Mackiewicz M., 1957, Promieniowanie słoneczne w Raciborzu, *Przegląd Geofizyczny*, Rocznik II (X), Zeszyt 1-2, s. 3–13.
32. Madany A., 1977, Promieniowanie i dynamika atmosfery, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
33. Markowicz K.M., Uscka-Kowalkowska J., 2015, Long-term and seasonal variability of the aerosol optical depth at Mount Kasprowy Wierch (Poland), *Journal of Geophysical Research*, 120, s. 1865–1879.
34. Markowicz K.M., Zawadzka O., Posyniak M., Uscka-Kowalkowska J., 2019, Long-term variability of aerosol optical depth in the Tatra Mountain region of Central Europe, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, <https://doi.org/10.1029/2018JD028846>.
35. Michałowska – Smak A., 1981, Seasonal and secular changes of atmospheric turbidity in Warsaw and Belsk in the interval 1957–1980, *Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences*, D-13 (149), s. 115–131.
36. Ohvriil H., Okulov O., Teral H., Teral K., 1999, The atmospheric integral transparency coefficient and the Forbes effect; *Solar Energy* Vol. 66, No. 4, 305–317.
37. Ohvriil H., Teral H., Neiman L., Kannel M., Uustare M., Tee M., Russak V., Okulov O., Jõeveer A., Kallis A., Ohvriil T., Terez E.I., Terez G.A., Gushchin G.K., Abakumova G.A., Gorbarenko E.V., Tsvetkov A.V., Laulainen N., 2009, Global dimming and brightening versus atmospheric column transparency, Europe, 1906–2007, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 114, D00D12, doi: 10.1029/2008JD010644.

38. Okulov O., Ohvril H., Kivi R., 2002, Atmospheric precipitable water in Estonia, 1990–2001, *Boreal Environment Research* 7, s. 291–300.
39. Olecki Z., 1975, Oddziaływanie dużego ośrodka miejsko – przemysłowego na dopływ promieniowania słonecznego (na przykładzie Krakowa), *Zeszyty Naukowe UJ, nr 414, Prace Geograficzne*, z. 41, s. 37–86.
40. Olecki Z., 1992, Przezroczystość atmosfery w Krakowskiej aglomeracji miejsko – przemysłowej, *Zeszyty Naukowe UJ, nr MXLII, Prace Geograficzne*, z. 90, s. 23–34.
41. Paszyński J., 1959, Wstępne wyniki badania przezroczystości atmosfery w Bydgoszczy, *Przegląd Geofizyczny*, R. IV (XII), z. 2, s. 107–120.
42. Persson T., 1999, Solar radiation climate in Sweden, *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, Vol. 24, 3, s. 275–279.
43. Podogrocki J., Żółtowska K., Wiśniewska J., Gardyas B., 1998, Opracowanie metodyki automatyzacji pomiarów aktywności promieniowania i optymalizacja przetwarzania danych, *Opracowanie M-9.7, IMGW, Warszawa*.
44. Posyniak M., Szkop A., Pietruczuk A., Podgórski J., Krzyścin J., 2016, The long-term (1964–2014) variability of aerosol optical thickness and its impact on solar irradiance based on the data taken at Belsk, Poland, *Acta Geophysica*, vol. 64, no. 5, s. 1858–1874.
45. Power H.C., Goyal A., 2003, Comparison of aerosol and climate variability over Germany and South Africa, *International Journal of Climatology*, 23, s. 921–941.
46. Russak V., 1990, Trends of solar radiation, cloudiness and atmospheric transparency during recent decades in Estonia, *Tellus*, 42B, s. 206–210.
47. Russak V., 2009, Changes in solar radiation and their influence on temperature trend in Estonia (1955–2007), *Journal of Geophysical Research*, Vol. 114, D00D01, doi:10.1029/2008JD010613.
48. Samukova E.A., Gorbarenko E.V., Erokhina A.E., 2014, Long-term variations of solar radiation in Europe, *Russian Meteorology and Hydrology*, vol. 39, No. 8, s. 514–520.
49. Słomka J., 1959, Ekstynkja atmosferyczna we Wrocławiu w latach 1950–1955, *Acta Geophysica Polonica*, Vol. VII – No 3/4, s. 422–429.
50. Stanisław A., 2006, *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, StatSoft, Kraków.
51. Stenz E., 1959, Niektóre dane o promieniowaniu słonecznym w Karpatach, Sudetach i ich przedgórzach, *Acta Geophysica Polonica*, Vol. VII, No 1, s. 12–24.
52. Stern D.I., 2006, Reversal of the trend in global anthropogenic sulfur emissions, *Global Environmental Change*, 16, s. 207–220.
53. Streets D.G., Wu Y., Chin M., 2006, Two-decadal aerosol trends as a likely explanation of the global dimming/brightening transition, *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L15806, doi: 10.1029/2006GL026471.
54. Streets D.G., Yan F., Chin M., Diehl T., Mahowald N., Schultz M., Wild M., Wu Y., Yu C., 2009, Anthropogenic and natural contributions to regional trends in aerosol optical depth, 1980–2006, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 114, D00D18, doi: 10.1029/2008JD011624.
55. Terez E.I., Terez G.A., 2002, Investigation of atmospheric transmission in the Crimea (Ukraine) in the twentieth century, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 41, s. 1060–1063.
56. Uscka J., 2003, Direct solar radiation and its attenuation by the atmosphere with different air masses in the suburban area of Toruń, (w:) *Acta Universitatis Wratislaviensis No 2542, Studia Geograficzne* 75, Wrocław, s. 268–281.
57. Uscka J., 2004, Przezroczystość atmosfery w strefie podmiejskiej Torunia w latach 1999 - 2001 (w:) *Kejna M., Uscka J., (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Funkcjonowanie i monitoring geosystemów w warunkach narastającej antropopresji, Biblioteka Monitoringu Środowiska*, s. 177–186.
58. Uscka-Kowalkowska J., 2007, Ekstynkja bezpośredniego promieniowania słonecznego w Puławach w latach 1969–1989, *Pamiętnik Puławski* z. 144, s. 131–143.
59. Uscka-Kowalkowska J., 2008a, Bezpośrednie promieniowanie słoneczne i jego ekstynkja w atmosferze na przykładzie Puław i Papowa Toruńskiego, *Wydawnictwo Naukowe, UMK*, ss. 133.
60. Uscka-Kowalkowska J., 2008b, Bezpośrednie promieniowanie słoneczne i jego ekstynkja w atmosferze w Kołobrzegu w latach 1960–2000, *Acta Agrophysica*, 161, Vol. 12 (1), s. 221–233.
61. Uscka-Kowalkowska J., 2008c, Direct solar radiation and its extinction by the atmosphere in Warsaw in the years 1960–2003, (w:) *Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.) Klimat i bioklimat miast, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ, Łódź*, s. 143–156.

62. Uscka-Kowalkowska J., 2009a, Direct solar radiation and atmospheric turbidity in Mikołajki in the years 1971–1980 and 1991–2000, *Bulletin of Geography – Physical Geography Series*, 2, Toruń, s. 19–33.
63. Uscka-Kowalkowska J., 2009b, Porównanie bezpośredniego promieniowania słonecznego i jego ekstynkcji w atmosferze w Warszawie i Mikołajkach, *Acta Agrophysica*, 171, Vol. 14 (2), s. 501–514.
64. Uscka-Kowalkowska J., 2010, Ekstynkcja bezpośredniego promieniowania słonecznego w Zakopanem w latach 1960–2003, (w:) Kolendowicz L. (red.) *Klimat Polski na tle klimatu Europy, Warunki cyrkulacyjne i radiacyjne*, Seria: *Studia i Prace z Geografii i Geologii* nr 14, Poznań, s. 129–141.
65. Uscka-Kowalkowska J., 2013, An analysis of the extinction of direct solar radiation on Mt. Kasprowy Wierch, Poland, *Atmospheric Research*, 134, s. 175–185.
66. Uscka-Kowalkowska J., Posyniak M., Markowicz K.M., Podgórski J., 2017, Comparison of the Linke turbidity factor in Warsaw and in Belsk, *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, No. 13, s. 71–81.
67. Vestreng V., Myhre G., Fagerli H., Reis S., Tarrasón L., 2007, Twenty-five years of continuous sulphur dioxide emission reduction in Europe, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, s. 3663–3681.
68. Wibig J., 2005, Promieniowanie w atmosferze, (w:) Kożuchowski K., (red.) *Meteorologia i klimatologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
69. Wibig J., Siedlecki M., 2007, Przestrzenny i czasowy rozkład zawartości wody opadowej w atmosferze nad Europą (1958-2005), (w:) Piotrowicz K., Twardosz R. (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, IGiPZ UJ, Kraków, s. 195–204.
70. Więclaw M., 2004, *Masy powietrza nad Polską i ich wpływ na typy pogody*, Wydawnictwo Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz.
71. Wild M., 2009, Global dimming and brightening: A review, *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, D00D16, doi: 10.1029/2008JD011470.
72. Woś A., 1997, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
73. Wójcik G., Marciniak K., Ziemińska H., 1991, Transparency of atmosphere and intensity of direct solar radiation and its spectral composition in the summer of 1983 in Toruń, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 396, s. 187–193.
74. Wójcikowa A., 1966, Niektóre aspekty stosunków solarnych Górnego Śląska na przykładzie Chorzowa, *Wiadomości Uzdrawiskowe*, nr 1–2, s. 187–191.
75. Wypych A., 2018, Para wodna w troposferze nad Europą, *Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ*, Kraków.
76. Zawadzka O., Markowicz K.M., Pietruczuk A., Zielinski T., Jarosławski J., 2013, Impact of urban pollution emitted in Warsaw on aerosol properties, *Atmospheric Environment* 69, 15–28.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Zainteresowanie geografią towarzyszyło mi od najmłodszych lat, dlatego też po ukończeniu szkoły średniej podjęłam studia geograficzne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Już od trzeciego roku studiów pod opieką prof. dra hab. Gabriela Wójcika zaczęłam zgłębiać zagadnienia związane z aktywnością słoneczną i jej zmianami. W dalszym etapie kształcenia, naturalnym w związku z tym był dla mnie wybór specjalizacji hydroklimatologicznej, gdzie mogłam rozwijać swoje zainteresowania klimatologią. Na ostatnim roku studiów odbyłam sześciomiesięczny staż na Uniwersytecie w Leeds w Wielkiej Brytanii w ramach programu TEMPUS. Po ukończeniu studiów rozpoczęłam pracę w ówczesnym Zakładzie Klimatologii w Instytucie Geografii UMK na stanowisku asystenta. Aktualnie jestem adiunktem w tej samej

jednostce, która obecnie nosi nazwę Katedra Meteorologii i Klimatologii i funkcjonuje w ramach Wydziału Nauk o Ziemi UMK.

Moja działalność badawcza z zakresu meteorologii i klimatologii koncentrowała się wokół czterech obszarów tematycznych, do których należą:

- 1. Bezpośrednie promieniowanie słoneczne oraz czynniki wpływające na jego transmisję przez atmosferę**
- 2. Klimat miasta**
- 3. Klimat Polski i jego zmiany**
- 4. Monitoring środowiska przyrodniczego**

Za wyjątkiem badań klimatu miasta, realizację wszystkich pozostałych tematów rozpoczęłam przed doktoratem.

Ad. 1.

Bezpośrednie promieniowanie słoneczne oraz czynniki wpływające na jego transmisję przez atmosferę

W ramach tego obszaru badawczego jeden artykuł został opublikowany przed doktoratem (Załącznik 3, pozycja II.D3), a wszystkie pozostałe po doktoracie. Punkt ten obejmuje swym zakresem także tematykę przedstawioną jako główne osiągnięcie badawcze. Badania bezpośredniego promieniowania słonecznego prowadziłam zarówno na podstawie własnych pomiarów aktynometrycznych jak i danych archiwalnych udostępnionych przez różne instytucje. W latach 1999–2003 wykonywałam pomiary natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego w strefie podmiejskiej Torunia. Wyniki tych badań zostały częściowo opublikowane w postaci artykułów (Załącznik 3, pozycje II.D6 i II.D11) oraz stanowiły istotną część rozprawy doktorskiej pt. *Bezpośrednie promieniowanie słoneczne i jego ekstynkcja w atmosferze w strefie podmiejskiej Torunia i w Puławach* obronionej w maju 2003 roku. W tym samym okresie, w którym podjęłam własne pomiary aktynometryczne, rozpoczęłam także opracowywanie długoletniej serii bezpośredniego promieniowania słonecznego (1969–1989) dla Puław. Dane te zostały mi nieodpłatnie udostępnione przez prof. dra hab. Tadeusza Górskiego, ówczesnego kierownika Zakładu Agrometeorologii Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Wyniki tych prac zostały opublikowane w postaci artykułu (Załącznik 3, pozycja II.D21) oraz razem z wynikami własnych pomiarów z

Papowa Toruńskiego (1999–2001) stanowiły materiał do rozprawy doktorskiej. W 2008 roku rozprawa ta ukazała się w postaci monografii (Załącznik 3, pozycja II.D23).

Czas przygotowywania rozprawy doktorskiej był dla mnie jednocześnie okresem zgłębiania wielu zagadnień metodycznych związanych z opracowaniami aktynometrycznymi. Przygotowałam się wtedy merytorycznie do podjęcia kolejnego wyzwania, którym była realizacja grantu Komitetu Badań Naukowych (2005–2008), pt. *Bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Polsce w latach 1960 – 2003*. Projekt ten realizowałam samodzielnie jako jego kierownik. Pozyskałam wtedy materiał aktynometryczny dla 5 stacji w Polsce (przedstawionych powyżej). Należy dodać, że pozyskanie tych danych było o tyle trudne, że były one zgromadzone w archiwum IMGW–PIB w postaci rękopiśmiennej. Wyniki prac zostały opublikowane w postaci artykułów w czasopismach krajowych lub jako rozdziały w monografiach (Załącznik 3, pozycje II.D24, II.D25, II.D28, II.D.29 i II.D.48) oraz w czasopismach międzynarodowych posiadających IF (*Atmospheric Research, Journal of Geophysical Research: Atmospheres*) (Załącznik 3, pozycje II.A1, II.A2 i II.A6). W 2017 roku na mocy ustawy z dnia 25 lutego 2016 r. o ponownym wykorzystaniu informacji z sektora publicznego rozszerzyłam materiał pomiarowy o lata 2004–2010. Uzyskane wyniki zostały opracowane w postaci monografii i przedstawione jako osiągnięcie habilitacyjne.

Od roku 2013 rozpoczęłam badania charakterystyk optycznych atmosfery w wydzielonych zakresach spektralnych. Należą tu pomiary optycznej grubości aerozolowej (AOD) i zawartości wody opadowej w atmosferze wykonywane za pomocą spektrometru Microtops II. Dzięki nawiązanej przeze mnie współpracy z drem hab. Krzysztofem Markowiczem prof. UW, od 2015 roku pomiary te wykonuję w ramach konsorcjum naukowego sieci badawczej Poland – AOD. Jestem także członkiem Rady Konsorcjum. Wyniki tych badań dla Torunia zostały wykorzystane do oceny warunków meteorologicznych pod kątem pomiarów astronomicznych i opublikowane w czasopiśmie *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* umieszczonym na liście filadelfijskiej (Załącznik 3, pozycja II.A3).

Od 2017 roku moje zainteresowania badawcze objęły także strefę polarną. Pierwszym efektem badań jest praca dotycząca czynników kształtujących dopływ promieniowania słonecznego wiosną 2015 roku w Hornsundzie. Została ona opublikowana w czasopiśmie *Polish Polar Research* w 2017 roku (Załącznik 3, pozycja II.A4). Jednym z głównych czynników kształtujących dopływ promieniowania w warunkach czystego nieba są aerozole. Na podstawie badań AOD stwierdzono, że wiosną 2015 roku w Hornsundzie aż 41% z nich

stanowiły aerozole pochodzenia antropogenicznego, co potwierdza znaczący wpływ człowieka na klimat rejonów polarnych.

W roku 2018 rozpoczęłam pracę jako wykonawca przy realizacji projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki zatytułowanego *Przyczyny ocieplenia klimatu Arktyki w pierwszej połowie XX wieku*. W ramach tego projektu opracowałam zagadnienie przezroczystości atmosfery dla bezpośredniego promieniowania słonecznego dla wybranych lokalizacji w Arktyce (Wyspa Niedźwiedzia, Calm Bay na Wyspie Franciszka Józefa, Lonely Island na Morzu Karskim, stacja polarna Mys Shmidta na Morzu Czukockim) dla różnych okresów pierwszej połowy XX wieku. Zbadałam przebiegi roczne i wieloletnie przezroczystości atmosfery. Dla wybranych lokalizacji przeanalizowałam także zagadnienie dopływu całkowitego promieniowania słonecznego w przebiegu rocznym i wieloletnim w różnych okresach pierwszej połowy XX wieku. W najbliższym czasie, wspólnie z prof. drem hab. Rajmundem Przybylakiem, drem Przemysławem Wyszynskim oraz z drem Pavlem Svyashchennikovem (Uniwersytet w Petersburgu) planujemy przygotowanie publikacji podsumowującej uzyskane wyniki.

Ad. 2.

Klimat miasta

Realizację tematyki przedstawionej w tym punkcie rozpoczęłam w 2011 roku, czyli po doktoracie. Badania klimatu miasta w ośrodku toruńskim mają długą historię. Najbardziej intensywne prace przypadły na lata 1981–1993 oraz na okres od roku 2011 do chwili obecnej. Badania w latach 2011–2014 były realizowane w ramach kierowanego przeze mnie projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki pt. *Zróżnicowanie klimatów lokalnych Torunia w zależności od czynników naturalnych i antropogenicznych*. Badania te dotyczyły wpływu czynników środowiskowych, dynamicznych (cyrkulacja atmosferyczna) i antropogenicznych, na warunki meteorologiczne i biometeorologiczne Torunia. W ramach prac stworzono mapę topoklimatów Torunia odzwierciedlającą jego zróżnicowanie klimatyczne. Wyniki badań dotyczących różnych elementów klimatu zostały opublikowane w postaci artykułów. Wykazano znaczące osłabienie dopływu całkowitego promieniowania słonecznego do centrum miasta w porównaniu z obszarem podmiejskim (Załącznik 3, pozycja II.D37), wykazano występowanie miejskiej wyspy ciepła o średniej intensywności 1,0°C (Załącznik 3, pozycja II.A5) oraz stwierdzono znaczące zróżnicowanie przestrzenne wilgotności powietrza

na obszarze Torunia (Załącznik 3, pozycja II.D39). Przeanalizowano także zagadnienie modyfikacji kierunku i prędkości wiatru (Załącznik 3, pozycja II.D43) oraz warunków biometeorologicznych na terenie miasta w porównaniu ze strefą podmiejską (Załącznik 3, pozycje II.D42 i II.D44). Prace te w większości ukazały się jako artykuły w czasopismach krajowych. W przypadku wyników dotyczących temperatury powietrza zostały one opublikowane w czasopiśmie *Theoretical and Applied Climatology* (Załącznik 3, pozycja II.A5). W ostatnim czasie, w ramach przygotowywanej monografii dotyczącej badań klimatu miasta w Polsce, wspólnie z prof. dr. hab. Rajmundem Przybylakiem opracowaliśmy rozdział poświęcony historii badań klimatu Torunia wraz z syntezą najważniejszych wyników. Praca jest przyjęta do druku i powinna zostać opublikowana wkrótce.

Ad. 3.

Klimat Polski i jego zmiany

Pierwsze opracowywane przeze mnie zagadnienie z zakresu klimatu Polski dotyczyło zachmurzenia w Toruniu – zarówno jego stopnia jak i rodzajów chmur. Opracowanie to zostało przedstawione jako praca magisterska napisana pod opieką prof. dra hab. Gabriela Wójcika. Później, dla dłuższego okresu, uzyskane wyniki przedstawiliśmy wspólnie jako rozdział w monografii (Załącznik 3, pozycja II.D2). Pozostałe badania obejmujące tematykę przedstawioną w tym punkcie i związane z nimi publikacje przypadają na okres po doktoracie.

W latach 2005–2007 uczestniczyłam jako wykonawca w projekcie zamawianym Komitetu Badań Naukowych pt. *Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce (ocena zdarzeń oraz prognozowanie ich skutków dla środowiska życia człowieka)* (Załącznik 3). Na podstawie danych z reanaliz NCEP/NCAR dla okresu 1951–2005 wspólnie z pozostałymi uczestnikami grantu, opracowaliśmy zagadnienie zróżnicowania przestrzennego oraz zmian w czasie różnych elementów klimatu Polski. Do zbadania zmian ekstremalności klimatu posłużył wskaźnik ekstremalności klimatu – w badanym okresie wykazał on wzrost, jednakże nie był to wzrost istotny statystycznie. Poza tym zbadaliśmy zmiany temperatury powietrza, prędkości wiatru oraz dopływu całkowitego promieniowania słonecznego. Uzyskane wyniki wskazują na wzrost ekstremalności klimatu przejawiający się m.in. we wzroście maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza dla znacznej części Polski oraz istotnym statystycznie trendem wzrostowym prędkości wiatru i dopływu całkowitego promieniowania słonecznego. Uzyskane wyniki zostały przedstawione m.in. w czasopismach

Geographia Polonica (Załącznik 3, pozycje II.D17, II.D19 i II.D20) oraz *Bulletin of Geography. Physical Geography Series* (Załącznik 4, pozycja IV.6).

Moje zainteresowania badawcze obejmują także zagadnienia związane ze zmianami klimatu Polski. W latach 2007–2010 uczestniczyłam w realizacji projektu MNiSW pt. *Zmiany klimatu Polski w okresie 1400-2006 na tle klimatu Europy Środkowej na podstawie danych „proxy” i obserwacyjnych* (2007 – 2010). W jego ramach opracowałam historię obserwacji heliograficznych i aktynometrycznych na ziemiach polskich. Praca ukazała się w czasopiśmie *Acta Agrophysica* (Załącznik 3, pozycja II.D31). Uczestniczyłam także w gromadzeniu materiałów do monografii dotyczącej zmian klimatu Polski.

Ważnym doświadczeniem był dla mnie udział w latach 2014 i 2015 w projekcie współfinansowanym ze środków Unii Europejskiej, efektem którego był *Internetowy Atlas Województwa Kujawsko – Pomorskiego*. Jestem współautorką map dotyczących uśrednienia, zachmurzenia oraz wilgotności powietrza na terenie województwa (łącznie 7 map). Atlas w pełnej wersji jest dostępny pod adresem: <http://atlas.kujawsko-pomorskie.pl/> (Załącznik 3, pozycja II.D40), natomiast wersja skrócona ukazała się w formie publikacji (Załącznik 4, pozycja IV.12).

Ad. 4.

Monitoring środowiska przyrodniczego

Od początku mojej działalności naukowej, czyli od 1995 roku aż do chwili obecnej uczestniczę w realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), który jest podprogramem Państwowego Monitoringu Środowiska realizowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie. Celem monitoringu jest szczegółowa analiza przepływu energii i krążenia materii na obszarze wybranych zlewni reprezentatywnych. Mój udział w programie ZMŚP jest związany z badaniami na Stacji Bazowej ZMŚP w Koniczynie (obecnie Stacja Bazowa Pojezierze Chełmińskie). W Koniczynie badania prowadzone są na obszarze środkowej części dorzecza Strugi Toruńskiej. W ramach jednego z podprogramów badawczych wspólnie z dr. hab. Markiem Kejną, prof. UMK, kierownikiem stacji, prowadzę badania dotyczące warunków meteorologicznych i klimatologicznych w Koniczynie. Efektem pracy jest administrowana przeze mnie obszerna baza danych meteorologicznych obejmująca okres 1994 – 2018. Baza ta obejmuje praktycznie wszystkie podstawowe elementy klimatu. Na jej podstawie powstało wiele opracowań z dziedziny meteorologii i klimatologii. Dane są

także wykorzystywane przez osoby realizujące inne podprogramy ZMŚP. Opracowania mieszczące się w ramach prezentowanego tematu dotyczą pojedynczych elementów klimatu, kompleksowo przedstawiają warunki klimatyczne lub dotyczą metodyki pomiarów meteorologicznych. Łącznie mój dorobek badawczy związany ze Zintegrowanym Monitorowaniem Środowiska Przyrodniczego obejmuje 26 publikacji, z których 3 powstały przed doktoratem (Załącznik 3, pozycje II.D1, II.D4 i II.D5).

Przedmiotem publikacji były praktycznie wszystkie elementy klimatu Koniczynki. W formie artykułu na liście B MNiSW lub jako rozdział w monografii w różnych zespołach badawczych przedstawiliśmy zagadnienia dotyczące dopływu promieniowania słonecznego (Załącznik 3, pozycja II.D49) i jego bilansu (Załącznik 3, pozycja II.D38), zachmurzenia i usłonecznienia (Załącznik 3, pozycja II.D5), temperatury gruntu (Załącznik 3, pozycja II.D7), temperatury powietrza i opadów atmosferycznych (Załącznik 3, pozycje II.D14 i II.D27), termicznych pór roku (Załącznik 3, pozycja II.D8), wilgotności powietrza (Załącznik 3, pozycja II.D12) oraz kierunku i prędkości wiatru (Załącznik 3, pozycja II.D4).

W zespole autorskim z drem hab. Markiem Kejną, prof. UMK zbadaliśmy i przedstawiliśmy w postaci publikacji zagadnienie związku temperatury powietrza, opadów atmosferycznych i usłonecznienia z cyrkulacją atmosfery (Załącznik 3, pozycje II.D32, II.D33 i II.D41) oraz problem występowania zjawisk ekstremalnych (Załącznik 3, pozycja II.D16). W większych zespołach autorskich przedstawiliśmy zagadnienie suszy (Załącznik 3, pozycja II.D36) oraz warunków bioklimatycznych (Załącznik 3, pozycja II.D18).

W kilku opracowaniach współautorskich warunki klimatyczne przedstawiliśmy kompleksowo (Załącznik 3, pozycje II.D1, II.D10 i II.D50). W ostatniej z wymienionych pozycji (II.D50) wspólnie z drem hab. Markiem Kejną, prof. UMK zaprezentowaliśmy stan i przemiany środowiska przyrodniczego geoekosystemu zlewni Strugi Toruńskiej w latach 1994-2015. Warunki meteorologiczne silnie wpływają na funkcjonowanie badanej zlewni. Jest to zlewnia rolnicza. Obserwowany wzrost temperatury powietrza, częsty brak zimy i przyspieszenie przedwiośnia i wiosny wpływa na stan środowiska. Podobnie zmienne z roku na rok opady atmosferyczne i często występujące susze. Coraz częstszy brak pokrywy śnieżnej wpływa na funkcjonowanie biosfery, także na uprawę roślin. W ostatnim czasie w zespole autorskim przygotowaliśmy opracowanie dotyczące m.in. tendencji zmian poszczególnych elementów klimatu Koniczynki. Wykazaliśmy istotny statystycznie trend wzrostowy usłonecznienia oraz nieistotne statystycznie trendy wzrostowe temperatury powietrza, opadów atmosferycznych

i prędkości wiatru oraz niewielki, nieistotny statystycznie spadek maksymalnej grubości pokrywy śnieżnej. Opracowanie zostanie przedstawione do publikacji jako rozdział w monografii w wydawnictwie Springer.

W ostatnich latach szczególne miejsce pośród zagadnień meteorologicznych zajmuje problem porównania wyników pomiarów wykonywanych za pomocą standardowej aparatury manualnej z wynikami uzyskanymi dzięki aparaturze automatycznej. Na podstawie pomiarów w Stacji Bazowej w Koniczynie jako współautorka przedstawiłam takie porównanie dla różnych elementów meteorologicznych (Załącznik 3, pozycje II.D13 i II.D34). Wykazaliśmy istnienie różnic w mierzonych elementach meteorologicznych oraz wskazaliśmy, w jakich przypadkach serie pomiarowe są porównywalne, a w jakich różnice wskazań są tak duże, że nie mogą być zaakceptowane.

W latach 2004 i 2017 wspólnie z dr. hab. Markiem Kejną, prof. UMK podjęliśmy się redakcji monografii dotyczących wyników badań prowadzonych w ramach programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (Załącznik 3, pozycje II.D9 i II.D45).

Podsumowanie działalności naukowo – badawczej

Na mój dorobek badawczy składa się łącznie **58** recenzowanych publikacji, z których **6** zamieszczonych jest na liście A MNiSW. Na okres przed doktoratem przypada 5 publikacji, a pozostałe, w tym wszystkie publikacje na liście A MNiSW, po doktoracie. Jestem także autorką lub współautorką kilkudziesięciu komunikatów i streszczeń konferencyjnych. Łącznie wartość punktacji moich publikacji wynosi obecnie **515 punktów**, **Indeks Hircha** według bazy Web of Sciences wynosi **3**, a wartość wskaźnika **IF 17,632**. Po uzyskaniu tytułu doktora kierowałam dwoma projektami KBN/NCN, a w trzech innych uczestniczyłam jako wykonawca. Od początku mojej działalności do chwili obecnej uczestniczę w realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Brałam udział w **48 konferencjach krajowych i międzynarodowych**, w tym w 13 przed doktoratem. Uczestniczyłam w organizacji 13 ogólnopolskich i międzynarodowych konferencji i sympozjów naukowych. Konferencje te związane były z badaniami polarnymi, z programem Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego lub zmianami klimatu. Byłam członkiem komitetu naukowego II i III krajowej konferencji sieci badawczej Poland AOD (lata: 2015 i 2017) (Załącznik 3).

W zakresie organizacji badań naukowych w latach 2009 – 2010 aktywnie uczestniczyłam w tworzeniu Obserwatorium Meteorologicznego UMK. Szczególnie dotyczy to

jego górnej części (tarasu obserwacyjnego), w której prowadzone są badania aktynometryczne i nefologiczne. Od początku istnienia Obserwatorium do chwili obecnej sprawuję opiekę naukowo-techniczną nad tą częścią Obserwatorium. W okresie 1 października 2014 do 31 sierpnia 2015 r. pełniłam obowiązki kierownika Obserwatorium Meteorologicznego UMK.

Od roku 2014 jestem redaktorem tematycznym w czasopiśmie *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*. Należę do kilku towarzystw naukowych (Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Stowarzyszenie Klimatologów Polskich, European Meteorological Society). W Polskim Towarzystwie Geofizycznym przez wiele lat pełniłam funkcję skarbnika. Od roku 2015 jestem członkiem Rady Konsorcjum Poland AOD (konsorcjum związane z aerozolową siecią badawczą). W latach 2008 i 2016 otrzymałam nagrodę zespołową JM Rektora za osiągnięcia w działalności naukowo-badawczej odpowiednio w roku 2007 i w 2015 (wspólnie z innymi pracownikami Katedry Meteorologii i Klimatologii UMK).

Aktywnie uczestniczę w różnych pracach organizacyjnych Katedry Meteorologii i Klimatologii Wydziału Nauk o Ziemi UMK. W roku 2010 otrzymałam zespołowe wyróżnienie JM Rektora w dziedzinie organizacyjnej za 2009 r. (wspólnie z pracownikami Zakładu Klimatologii UMK).

Udzieliłam wielu wywiadów prasowych, radiowych i telewizyjnych dotyczących aktualnych warunków pogodowych, a także klimatu Polski. W ramach działalności edukacyjnej i popularyzatorskiej prowadzę od lat zajęcia na „Uniwersytecie Dziecięcym” oraz na festiwalach nauki. Prowadzę szeroko zakrojoną działalność dydaktyczną na wszystkich kierunkach studiów prowadzonych na Wydziale Nauk o Ziemi UMK. Uczestniczyłam w pracach różnych komisji związanych z organizacją dydaktyki. Pełniłam funkcję promotora prac licencjackich.

Szczegółowa informacja na ten temat mojej działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej znajduje się w Załączniku 3.

Joanna Uscka-Kowalkowska