

Streszczenie rozprawy doktorskiej Agnieszki Sulikowskiej pt. „*Współczesne ekstremalne zdarzenia termiczne w Europie: zasięg przestrzenny i intensywność*” napisanej pod kierunkiem dr hab. Agnieszki Wypych, prof. UJ

W przedłożonej rozprawie doktorskiej podjęto tematykę ekstremalnych zdarzeń termicznych (inaczej ekstremów), rozumianych jako dni z wyjątkowo wysoką temperaturą powietrza w danym miejscu i porze roku. W pierwszej kolejności skupiono się na problemie braku uniwersalnej definicji i metody identyfikacji takich zdarzeń uwzględniającej ich intensywność i zasięg przestrzenny. W dalszym toku badań podjęto próbę oceny tendencji zmian ekstremów w Europie, które dotychczas nie były w pełni rozpoznane z uwagi na zróżnicowaną metodykę badań, stosowanie rozmaitych okresów badawczych oraz skupienie badaczy niemal wyłącznie na zdarzeniach letnich. Tak więc głównym celem pracy jest optymalizacja metody służącej wyznaczaniu ekstremalnych zdarzeń termicznych ze szczególnym uwzględnieniem ich intensywności i zasięgu przestrzennego oraz ocena ich zmienności wieloletniej i trendów w Europie w ujęciu całorocznym. W pracy podjęto także próbę oceny roli cyrkulacji atmosferycznej w występowaniu ekstremów.

Podstawę badań stanowią dobowe wartości maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza w Europie w okresie od stycznia 1950 roku do lutego 2020 roku pochodzące z bazy danych gridowych E-OBS. Dodatkowo, w celu oceny uwarunkowań cyrkulacyjnych ekstremalnych zdarzeń termicznych, wykorzystano katalog typów cyrkulacji atmosferycznej Grosswetterlagen oraz dane dotyczące ciśnienia na poziomie morza oraz wysokości geopotencjału 500hPa pochodzące z reanaliz atmosferycznych ERA5. W zależności od etapu badań, analizy przeprowadzono w różnych domenach przestrzennych, tj. pokrywających obszar niemal całej Europy lub jej wybranych regionów. Zasadniczą część badań wykonano w klimatologicznych porach roku: zima (grudzień-luty), wiosna (marzec-maj), lato (czerwiec-sierpień), jesień (wrzesień-listopad). Wyniki analiz zawarto w trzech artykułach stanowiących zasadniczą część niniejszej pracy.

Badania przeprowadzono w czterech etapach. Najpierw dokonano wnikliwej oceny różnych wariantów metody percentyli, najpowszechniej stosowanej w celu identyfikacji ekstremalnych zdarzeń termicznych (Publikacja 1). Sprawdzono jak na wyniki analiz dotyczących zmienności wieloletniej ekstremów wpływa zastosowanie różnych komponentów ich definicji: (1) wskaźników temperatury powietrza, (2) okresów bazowych, (3) okresów w skali roku w jakich wyznaczany jest percentyl. Stwierdzono, że pozornie niewielkie różnice w sposobie definiowania ekstremalnych zdarzeń termicznych istotnie wpływają na

zróznicowanie przestrzenne częstości ich występowania oraz kierunki i siłę ich trendów. Największe rozbieżności dotyczą ekstremów identyfikowanych z użyciem odmiennych wskaźników temperatury powietrza oraz różnych okresów bazowych. Dodatkowo, zróznicowaniu podlegają atrybuty indywidualnych zdarzeń ekstremalnych, takie jak ich intensywność czy zasięg przestrzenny. Świadomość cech poszczególnych podejść jest konieczna, aby dobrać parametry metody odpowiednie do określonego celu badań oraz właściwie zinterpretować otrzymane wyniki.

Na podstawie przeprowadzonej oceny wybrano kryteria identyfikacji ekstremalnych zdarzeń termicznych, które posłużyły jako baza w optymalizacji metody ich wyznaczania i kompleksowej oceny. W jej ramach opracowano wskaźnik ekstremalności temperatury powietrza (ang. *extremity index*, EI), który jest uniwersalnym narzędziem służącym identyfikacji i ocenie ekstremów termicznych pod względem ich intensywności i zasięgu przestrzennego (Publikacje 2 i 3). Motywacją opracowania nowej metody była mnogość podejść stosowanych w literaturze przy jednoczesnym braku uniwersalnego sposobu pozwalającego porównać wyniki otrzymane w różnych regionach geograficznych. Nowoopracowany wskaźnik umożliwia: (1) porównanie wyników uzyskanych w obszarach o zróznicowanym rozmiarze i odmiennych warunkach klimatycznych oraz we wszystkich porach roku, (2) analizę indywidualnych dni, jak i dłuższych okresów pod względem ekstremalnych warunków termicznych, (3) rozpoznanie przestrzennych własności ekstremów, (4) ocenę ilości dodatkowego ciepła jakie znajduje się w środowisku wskutek wystąpienia ekstremalnych zdarzeń termicznych, które ma kluczowe znaczenie w kontekście ich skutków, (5) łączne lub rozdzielne uwzględnienie dwóch atrybutów ekstremum, tj. zasięgu przestrzennego i intensywności. Do zalet EI należy ponadto prosta konstrukcja oraz możliwość doboru stopnia ekstremalności badanych zdarzeń.

Z użyciem EI dokonano oceny ekstremalnych zdarzeń termicznych w czerwcu 2019 roku w dwóch europejskich regionach, tj. w Europie Środkowej oraz na Półwyspie Iberyjskim i w zachodnim rejonie Morza Śródziemnego, gdzie miesiąc ten był najbardziej ekstremalnym czerwcem w ostatnich 70 latach (Publikacja 2). Rozpoznano również uwarunkowania tych zdarzeń i wykazano, że były one rezultatem wyjątkowej cyrkulacji nad Europą, wiążącej się ze szczególnie wysokim ciśnieniem atmosferycznym i niemal ciągłym napływem ciepłych mas powietrza z południa, głównie nad centralną część kontynentu. Dzięki temu ekstrema w Europie Środkowej występowały niemal codziennie i były to zdarzenia stosunkowo rozległe, o umiarkowanej i dużej intensywności. W drugim regionie było inaczej; przez większość miesiąca temperatura powietrza była zbliżona do normy, natomiast wystąpiły dwa kilkudniowe



epizody ekstremalne. Najbardziej gorący był koniec miesiąca, kiedy ekstremum w obu obszarach objęło niemal całą ich powierzchnię i osiągnęło niespotykaną wcześniej intensywność, co odzwierciedliły najwyższe w ciągu siedemdziesięciolecia wartości EI.

Ostatnia część niniejszej rozprawy stanowi pierwszą całoroczną ocenę zmienności wieloletniej i trendów ekstremalnych zdarzeń termicznych w Europie, której dokonano z użyciem nowo opracowanej metody (Publikacja 3). Badania przeprowadzone w pięciu regionach pokrywających zasadniczą część kontynentu pozwoliły wskazać wspólne cechy zmienności ekstremów w Europie oraz, co istotniejsze, określić regionalne i sezonowe zróżnicowanie ich trendów. Badania dowiodły, że ekstremalność warunków termicznych istotnie wzrasta, a tempo zmian jest znacznie nasilone w ostatnich czterech dekadach. Istotnie zwiększa się przede wszystkim częstość ekstremalnych zdarzeń termicznych, ale rośnie także ich intensywność i przestrzenny zasięg oddziaływania. Podczas gdy najbardziej intensywne zmiany zachodzą latem w Europie Środkowej i Wschodniej, tak na Półwyspie Skandynawskim trendy są najsilniejsze wiosną. W Europie Zachodniej największymi zmianami charakteryzują się obie te pory roku, przy czym tempo zmian jest istotnie większe na południu. Jesienią zmiany zachodzą najwolniej, jednak w ostatnich czterech dekadach wyraźnie się nasiliły zwłaszcza w Europie Środkowej, Wschodniej i Północnej. Podobne, choć nieco mniejsze, przyspieszenie zmian zanotowano zimą, szczególnie w Europie Wschodniej i Zachodniej. Co istotne, trendy te znajdują odzwierciedlenie w rosnącej częstości zdarzeń ponadprzeciętnie ekstremalnych.

W przedłożonej rozprawie doktorskiej podjęto problem definicji ekstremalnych zdarzeń termicznych, a także oceny ich zmienności wieloletniej w Europie. W celu optymalizacji metody wyznaczania ekstremów opracowano wskaźnik ekstremalności temperatury powietrza EI, który okazał się użytecznym narzędziem w identyfikacji ekstremów i ich ocenie pod względem intensywności i zasięgu oddziaływania, a także w analizach dotyczących tendencji zmian takich zdarzeń. EI umożliwia bezpośrednie porównanie ekstremalności warunków termicznych między regionami odmiennymi pod względem rozmiaru i warunków klimatycznych, co jest jego podstawową zaletą. Uniwersalność EI sprawia, że może on znaleźć zastosowanie w badaniach o zróżnicowanej problematyce, zwłaszcza, że jego użycie otwiera możliwość analizy ekstremów w ujęciu przestrzennym. Wyniki analiz dokumentujących wzrastające i zróżnicowane regionalnie i sezonowo tempo zmian ekstremów są istotne w kontekście prognoz dalszego ocieplania się klimatu i wzrostu ekstremalności warunków termicznych, a w konsekwencji, konieczności podjęcia odpowiednich kroków zapobiegawczych i / lub adaptacyjnych.