

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
im. Stanisława Leszczyckiego  
POLSKA AKADEMIA NAUK

Magdalena Kuchcik

WARUNKI TERMICZNE W POLSCE  
NA PRZEŁOMIE XX I XXI WIEKU  
I ICH WPŁYW NA UMIERALNOŚĆ



Warszawa 2017

## PRACE GEOGRAFICZNE

248. Rosik P., Kowalczyk K., 2015, *Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000-2010*, 214 s., 101 ryc., 49 tab.
249. Komornicki T., Wiśniewski R., Baranowski J., Błażejczyk K., Degórski M., Goliszek S., Rosik P., Solon J., Stępnia M., Zawiska I., 2015, *Wpływ wybranych korytarzy drogowych na środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-ekonomiczny obszarów przyległych*, 202 s., 77 ryc., 38 tab., 2 fot.
250. Komornicki T., Zaucha J., Szejgiec B., Wiśniewski R., 2015, *Powiązania eksportowe gospodarki lokalnej w warunkach zmiennej koniunktury – analiza przestrzenna*, 196 s., 66 ryc., 24 tab.
251. Affek A., 2016, *Dynamika krajobrazu. Uwarunkowania i prawidłowości na przykładzie dorzecza Wiaru w Karpatach (XVIII–XXI wiek)*, 246 s., 98 ryc., 33 tab.
252. Bucąła A., Budek A., Kozak M., Starkel M., Wiejaczka Ł., 2016, *Kierunki przemian środowiska przyrodniczego dolin gorczańskich*, 112 s., 21 ryc., 24 tab., 10 fot.
253. Plit J., 2016, *Krajobrazy kulturowe Polski i ich przemiany*, 302 s., 71 ryc., 13 tab., 8 fot.
254. Korcelli P., Kozubek E., Werner P., 2016, *Zmiany użytkowania ziemi a interakcje przestrzenne na obszarach metropolitalnych Polski*, 114 s., 55 ryc., 18 tab.
255. Bednarek-Szczepańska M., Dmochowska-Dudek K., 2017, *Syndrom NIMBY na obszarach wiejskich w Polsce. Uwarunkowania i specyfika konfliktów wokół lokalizacji niechcianych inwestycji*, 149 s., 71 ryc., 17 tab.
256. Korcelli-Olejniczak E., Kozłowski S., Bierzyński A., Piotrowski F., 2017, *Region Metropolitalny Warszawy – studia miast średniej wielkości*, 128 s., 26 ryc., 13 tab., 26 fot.
257. Taylor Z., Ciechański A., 2017, *Deregulacja i przekształcenia przedsiębiorstw transportu lądowego w Polsce na tle polityki spójności UE*, 270 s., 42 ryc., 34 tab.
258. Rosik P., Pomianowski W., Goliszek S., Stępnia M., Kowalczyk K., Guzik R., Koło A., Komornicki T., 2017, *Multimodalna dostępność transportem publicznym gmin w Polsce (MULTIMODACC)*, 303 s., 166 ryc., 41 tab.
259. Matuszkiewicz J.M., Solon J., Kowalska A., Wolski J., Affek A., Degórski M., Grabińska B., Kozłowska A., Plit J., Pawlicki R.W., *Historyczne zmiany pokrywy leśnej na pograniczu mazursko-kurpiowskim w aspekcie rozwoju zrównoważonego krajobrazu*, 402 s. + 1 wklejka, 182 ryc., 63 tab.
260. Śleszyński P., Bański J., Degórski M., Komornicki T., *Delimitacja Obszarów Strategicznej Interwencji państwa: obszarów wzrostu i obszarów problemowych*, 2017.
261. Stępnia M., Wiśniewski R., Goliszek S., Marcińczak S., *Dostępność przestrzenna do usług publicznych w Polsce*, 2017.
262. Degórski B., *Urbanizacja przestrzenna terenów wiejskich na obszarze metropolitalnym Warszawy. Kontekst ekologiczno-krajobrazowy*, 2017.

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO  
POLSKA AKADEMIA NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE NR 263

GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 263

THERMAL CONDITIONS IN POLAND AT THE TURN  
OF THE 20<sup>TH</sup> AND 21<sup>ST</sup> CENTURIES,  
AND THEIR IMPACT ON MORTALITY



INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO  
POLSKA AKADEMIA NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE NR 263

MAGDALENA KUCHCIK

WARUNKI TERMICZNE W POLSCE  
NA PRZEŁOMIE XX I XXI WIEKU  
I ICH WPŁYW NA UMIERALNOŚĆ



WARSZAWA 2017

<http://rcin.org.pl>

## KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: Grzegorz Węclawowicz  
CZŁONKOWIE: Jerzy Grzeszczak, Barbara Krawczyk,  
Jan Matuszkiewicz, Jerzy J. Parysek

## RADA REDAKCYJNA

Bolesław Domański, Adam Kotarba, Jan Łoboda,  
Andrzej Richling, Jan S. Kowalski, Andrzej Lisowski,  
Eamonn Judge, Lydia Coudroy

## Recenzja:

Krzysztof Błajejczyk, Teresa Kozłowska-Szczęśna, Joanna Wibig

## ADRES REDAKCJI PRAC GEOGRAFICZNYCH

IGiPZ PAN  
ul. Twarda 51/55, 00–818 Warszawa

Zgłoszenie pracy do druku jest jednoznaczne z wyrażeniem zgody  
na opublikowanie w wersji papierowej i elektronicznej

Opracowanie redakcyjne i techniczne: Ewa Jankowska

Zdjęcie na okładce: BI-FOTO Reporter Karol Kundzicz

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN  
im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa 2017

PL ISSN 0373–6547  
ISBN 978–83–61590–90–3

Łamanie wykonano w IGiPZ PAN,  
ul. Twarda 51/55, 00–818 Warszawa

Druk i oprawa:  
Drukarnia Advert,  
ul. Krakowska 21, 41-503 Chorzów

## SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie .....	9
1.1. Cel i zakres pracy .....	11
2. Materiały i metody badań .....	13
2.1. Dane meteorologiczne i epidemiologiczne .....	13
2.2. Metody analizy warunków termicznych .....	15
2.2.1. Definiowanie okresów gorących i zimnych .....	16
2.2.2. Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych .....	19
2.3. Statystyczne metody analizy trendów zmian warunków termicznych .....	21
2.4. Statystyczne metody oceny wpływu warunków termicznych na umieralność.....	24
3. Zmienność temperatury powietrza .....	29
3.1. Przyczyny zmian temperatury powietrza .....	29
3.2. Zmiany temperatury powietrza w Polsce .....	31
4. Oddziaływanie środowiska termicznego na człowieka w świetle literatury .....	37
4.1. Oddziaływanie środowiska gorącego .....	38
4.2. Oddziaływanie środowiska zimnego .....	39
4.3. Wpływ warunków termicznych na umieralność .....	41
5. Zmiany warunków termicznych w Polsce w latach 1975–2014 .....	55
5.1. Średnie oraz absolutne wartości wybranych charakterystyk termicznych ..55	
5.2. Temperatura powietrza w kolejnych latach .....	63
5.3. Liczba dni charakterystycznych pod względem termicznym w kolejnych latach .....	72
5.4. Okresy gorące .....	85
5.5. Okresy zimne .....	95
5.6. Obciążenie cieplne według UTCI .....	104
5.6.1. Średnia częstość kategorii obciążenia cieplnego .....	105
5.6.2. Średnia częstość kategorii obciążenia cieplnego w poszczególnych latach okresu 1975–2014 .....	107
5.6.3. Zmiany liczby dni ze skrajnym obciążeniem cieplnym .....	114
6. Wybrane charakterystyki demograficzne analizowanych miast .....	123
6.1. Ogólna charakterystyka ludnościowa Polski .....	123
6.2. Charakterystyka ludnościowa analizowanych miast .....	124
6.3. Ogólna charakterystyka umieralności w Polsce .....	126
6.4. Charakterystyka umieralności w analizowanych miastach .....	129
7. Umieralność w okresach gorących.....	143
7.1. Umieralność w pojedynczych okresach gorących .....	143
7.2. Lato 2010 roku w Warszawie .....	144
7.3. Umieralność w okresach gorących w poszczególnych miastach .....	147

7.3.1. Zgony według przyczyn w pełnym okresie od maja do sierpnia .....	147
7.3.2. Zgony według przyczyn w okresach wiosennych i letnich oraz poszczególnych dekadach .....	153
7.4. Analiza sumaryczna wpływu okresów gorących na zgony .....	178
8. Umieralność w okresach zimnych .....	183
8.1. Umieralność w okresach zimnych w poszczególnych miastach .....	183
8.2. Przykłady wpływu temperatury powietrza na zgony w wybranych zimach .....	213
8.3. Analiza sumaryczna wpływu okresów zimnych na zgony .....	215
9. Umieralność a temperatura powietrza .....	219
9.1. Maksymalna temperatura powietrza .....	219
9.2. Minimalna temperatura powietrza .....	224
10. Umieralność a warunki odczuwalne .....	227
10.1. Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych.....	227
10.2. Temperatura pozorna .....	232
11. Podsumowanie, dyskusja wyników i wnioski.....	239
Literatura .....	249
Thermal conditions in Poland at the turn of the 20 <sup>th</sup> and 21 <sup>st</sup> centuries, and their impact on mortality – Summary .....	271

*Tym, którzy wnieśli miłość, przyjaźń i sens w moje życie.*

<http://rcin.org.pl>



## 1. WPROWADZENIE

Zachodzące w ostatnich dziesięcioleciach zmiany klimatu są odczuwane przez każdego mieszkańca naszej planety, także w Polsce. Obserwowane zmiany dotyczą termiki pór roku, częstości ekstremalnych zjawisk pogodowych typowych dla klimatu Polski tj. susz czy powodzi. Prowadzą do częstego pojawiania się zjawisk atmosferycznych, które jeszcze 30 lat temu były rzadkością tj. fal upałów, trąb powietrznych, huraganowych wiatrów i cyklonów o intensywności znanej jeszcze niedawno tylko w niskich szerokościach geograficznych.

Środowisko atmosferyczne wpływa na człowieka we wszelkich możliwych aspektach: na jego stan zdrowia, przyrodę, która go otacza, na budynki – w jakich mieszka, na transport – którego używa, na pokarm – jaki spożywa, na rodzaj aktywności – jaką uprawia itd.

Niniejsza praca jest opracowaniem z zakresu bioklimatologii człowieka, dziedziny z pogranicza klimatologii, biologii i medycyny. Podstawą bioklimatologii jest założenie o wpływie środowiska atmosferycznego na organizm człowieka. O wpływie tym napisano w Polsce i na świecie wiele prac, przegląd jedynie części z nich zostanie przedstawiony w kolejnych rozdziałach. Warunki termiczne w ograniczony, ale widoczny, sposób kształtują umieralność i analiza ta jest głównym celem i przedmiotem tego opracowania. Szczególnie obciążająca pogoda zaostrza przebieg wielu chorób, ale także je wywołuje, przyspiesza często zgon osób chorych, ale także w skrajnych przypadkach prowadzi do zgonu osób zdrowych. Aby ocenić wpływ środowiska termicznego na umieralność w danym okresie, w pierwszej kolejności poznać należy cechy tego środowiska.

Charakterystyka warunków termicznych w różnych ujęciach, dla różnej długości okresów, w różnych miastach, regionach, a nawet całej Polsce była przedmiotem badań wielu polskich klimatologów, co zostanie przedstawione w rozdziale 3. Pomimo znajomości wyników tych badań, proste wykorzystanie ich w niniejszym opracowaniu nie było możliwe z racji innego okresu badawczego, ale także innego celu badawczego tej pracy.

Główne pytanie, jakie nurtowało autorkę brzmi: w jakim stopniu skrajne warunki termiczne, zmieniające się w ostatnich latach w Polsce wpływały na umieralność? Czy okresy gorące notowane w latach 80. i 90. XX wieku powodowały większy wzrost umieralności niż obecnie? Jak zmienia się częstość okresów szczególnie silnych mrozów i jak one wpływają na umieralność?

Czynnik klimatyczny jest jednym z wielu czynników ryzyka zgonu, wśród których najważniejsze to obciążenie genetyczne, szeroko pojęty styl życia (dieta, ruch, występowanie otyłości i wysokiego ciśnienia krwi, palenie tytoniu, spożywanie alkoholu), środowisko życia (warunki sanitarne, mieszkaniowe, jakość powietrza) oraz narażenie na ekstremalne warunki pogodowe (ERZ 2012). Jednak w sytuacji zaistnienia skrajnych warunków pogodowych to one stają się głównym czynnikiem ryzyka, prowadząc najczęściej pośrednio, a niekiedy bezpośrednio do zgonu.

Polskie opracowania z zakresu biometeorologii z wykorzystaniem statystyk medycznych ograniczały się zazwyczaj do krótkich okresów. Często był to jeden rok analizy umieralności, szpitalnych statystyk medycznych, ankiet medycznych czy danych o wypadkowości drogowej (przykłady opracowań: Wiecha 1952; Mączyński 1972a,b, 1973; Łazowski i in. 1979; Tyczka i in. 1988; Kuchcik 1998; Baranowska i in. 2000). Czasem analizowano kilka lat: 1955–61 – rytmy biologiczne w kontekście synoptycznej analizy pogody i wypadkowość drogowa w Poznaniu (Bogucki 1967a, b), 1965–67 – dolegliwości u chorych z nadciśnieniem w czasie uciążliwych dni lata w Warszawie (Baranowska i in. 1986), 1966–70 – wypadki przy pracy w zależności od sytuacji synoptycznej (Kozłowska-Szczęsna, Grzędziński 1990/91), 1970–74 – zgony w różnych sytuacjach synoptycznych w Aleksandrowie Kujawskim (Pasieczny i in. 1979), 1994–95 – meteoropatia, umieralność i zachorowalność w Warszawie pod wpływem warunków atmosferycznych (Baranowska, Cedzyńska-Ziemia 1997; Błażejczyk i in. 1998; Kuchcik 1999, 2000, 2001a,b, 2003), 1991–97 – ciśnienie tętnicze krwi pod wpływem warunków atmosferycznych (Skrobowski 1998), 1992–95 – częstość krwotoków podpajęczynówkowych (Podstawczyńska, Adamkiewicz 1998), 1999–2006 – zgony w 6 miastach w cieplej połowie roku (Rabczenko i in. 2009), 2008–2012 – interwencje pogotowia ratunkowego w Lublinie do przypadków hipotermii (Krzyżewska i in. 2017). Rzadziej analizowano okresy 10-letnie: 1960–69 – wpływ wysokiej temperatury powietrza i prężności pary wodnej na ciśnienie tętnicze krwi (Grzędziński i in. 1972), 1993–2002 – wpływ warunków atmosferycznych na umieralność w 17 miastach Polski (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004, Kuchcik 2006c; Kuchcik, Degórski 2009), 1991–2000 – wpływ temperatury odczuwalnej na dzienną liczbę zgonów w Krakowie (Błażejczyk, McGregor 2007), 2003–2012 – wpływ upałów na zgony w Lublinie (Krzyżewska i in. 2015).

Opracowanie to nie jest podręcznikiem z zakresu biometeorologii, z szerokim zakresem przedstawianej problematyki. Przykładami takich polskich opracowań są książki autorów S. Tyczki i I. Ponikowskiej (1983), R.J. Wojtusiaka (1986), T. Kozłowskiej-Szczęsnej i in. (1997, 2002, 2004), K. Błażejczyka (2004), K. Błażejczyka i A. Kunert (2011), K. Błażejczyka i in. (2015) oraz Cz. Koźmińskiego i B. Michalskiej (2011, 2013, Koźmiński i in. 2013, 2015). Obecne opracowanie, pomimo znacznej objętości jest szeroką monografią jednego z tematów z zakresu biometeorologii – wpływu temperatury powietrza na umieralność człowieka. Dodatkowo obejmuje dokładną ocenę zmieniających się warunków termicznych analizowanych także z punktu widzenia człowieka.

W kontekście przytoczonych przykładów zazwyczaj krótkich okresów badań zależności umieralności od czynników pogodowych, biometeorologiczna analiza najdłuższej dostępnej serii codziennych danych o zgonach Polaków, od 1975 r. do 2014 r., wydaje się być dużą wartością dodaną nie tylko w bioklimatologii polskiej, ale także europejskiej. Okres 40-letni, 1975–2014, jest jednym z najdłuższych codziennych ciągów danych o zgonach analizowanych na świecie w kontekście ich zależności od środowiska termicznego, co zostanie także przedstawione we wnikliwym przeglądzie literatury.

Praca ma charakter analityczny, ale taki styl wymuszony został dobową rozdzielczością danych i założeniem, że analiza ma być dokładna, a opis dotyczyć każdego z miast. Uśrednianie i generalizowanie tak wartościowych danych spowodowałoby utratę wielu treści i upodobniło tę pracę do innych monografii, opartych na danych w rozdzielczości rocznej.



Znajdują się tu jednak oczywiście obliczenia uogólniające, (rozdz. 7.4 i 8.3) oraz wykresy regresji, mające charakter syntetyzujący (rozdz. 9 i 10).

### 1.1. CEL I ZAKRES PRACY

Przeprowadzone badanie zmienności warunków termicznych w latach 1975–2014 dotyczy 12 miast (Białegostoku, Gdańska, Katowic, Krakowa, Lublina, Łodzi, Olsztyna, Poznania, Szczecina, Torunia, Warszawy i Wrocławia) i szerokiego spektrum charakterystyk termicznych. Okres 1975–2014 został podyktowany dostępnością danych o codziennych liczbach zgonów w Polsce. Lata 1975–2014 to okres dużej zmienności temperatury powietrza. Zawiera w sobie najcieplejszą, ostatnią dekadę, czy intensywną falę upałów z 1994 r., ale też bardzo mroźne zimy z połowy lat 80. XX wieku. Opracowanie obejmuje ponadto serię codziennych danych o zgonach Polaków z 40 lat z dwuletnią przerwą w latach 1997–1998, kiedy to po zmianie klasyfikacji chorób lekarze nie notowali przyczyn zgonów). Dane o umieralności z podziałem na płeć, wiek i rozpoznanie pochodzą z mniejszej liczby miast niż dane meteorologiczne, z 8 miast: Białegostoku, Gdańska, Krakowa, Lublina, Łodzi, Poznania, Warszawy i Wrocławia.

Celem opracowania było sprawdzenie następujących hipotez badawczych:

1. zachodzące zmiany klimatu wpłynęły na częstość i intensywność okresów szczególnie gorących i mroźnych oraz innych charakterystyk termicznych w latach 1975–2014 – ta teza jest dość oczywista, ale bez niej kolejne hipotezy nie mają racji bytu;
2. ekstremalne warunki termiczne prowadzą do wzrostu umieralności, powodując bezpośrednio lub pośrednio zgon (przez zaostrzenie stanu chorobowego), który następuje najczęściej z niewielkim opóźnieniem w stosunku do bodźca;
3. w okresie 40 lat nastąpiła adaptacja populacji do cieplejszych warunków termicznych oraz, przede wszystkim, poszerzyła się znajomość zachowań mających na celu uniknięcie negatywnych skutków upałów. W efekcie tego wraz ze wzrostem częstości skrajnych warunków termicznych w XXI wieku występuje złagodzenie wzrostu umieralności w porównaniu do lat 80. i 90. XX wieku;
4. definiowanie okresów gorących poprzez ciąg bardzo ciepłych nocy, w czasie których organizm nie ma warunków do odpoczynku od stresu ciepła może być bardziej adekwatne w badaniach umieralności niż definiowanie okresów gorących wartością temperatury maksymalnej powietrza;
5. definiowanie okresów gorących i zimnych z wykorzystaniem wartości centyli temperatury powietrza obliczanych dla kolejnych dekad analizowanego okresu, a nie absolutnych, z góry wyznaczonych progów może być także bardziej adekwatne w badaniach umieralności.

W celu sprawdzenia powyższych hipotez:

- określono zmiany temperatury powietrza, dni charakterystycznych termicznie i obciążeń cieplnych (według UTCI) jakie nastąpiły w latach 1975–2014;
- określono trendy tych zmian i ich istotność statystyczną;
- określono zmienność występowania oraz intensywność okresów gorących i zimnych (w tym fal upałów i fal zimna) zdefiniowanych na 5 różnych sposobów w latach 1975–2014;

- sprawdzono, która z 5 różnych definicji okresów gorących i zimnych wydaje się najbardziej przydatna w badaniach ich wpływu na umieralność;
- obliczono ryzyko względne zgonu w czasie trwania okresów gorących i zimnych do 7 dni po ich zakończeniu (z podziałem na płeć, wiek, przyczyny zgonu w 8 wybranych miastach);
- porównano ryzyko względne zgonu w czasie okresów gorących i zimnych w kolejnych dekadach 40-lecia uwzględniając częstość okresów termicznie skrajnych;
- obliczono ryzyko względne zgonu w zależności od wartości temperatury powietrza oraz dwóch wskaźników biometeorologicznych: temperatury pozornej oraz uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych i określono progi ich wartości, przy których dochodzi do wzrostu ryzyka względnego zgonu.

Jako że spróbowano ocenić 5 różnych definicji okresów gorących i zimnych, celowo nadano im taką ogólną nazwę. Wśród nich znalazły się także fale upałów, okresy upalne czy fale mrozów. W przeglądzie literatury najczęściej używano sformułowań fale upałów i fale zimna – powszechnie stosowanych w analizach zagranicznych.

Najważniejszą zaletą opracowania, jak wydaje się autorce, jest pierwsza w Polsce analiza najdłuższej dostępnej serii dobowych danych o zgonach w kontekście dokładnie opisanych warunków termicznych.

## 2. MATERIAŁY I METODY BADAŃ

### 2.1. DANE METEOROLOGICZNE I EPIDEMIOLOGICZNE

Podstawą opracowania zmian temperatury powietrza w Polsce na przełomie XX i XXI wieku były codzienne dane dotyczące warunków pogodowych na 12 stacjach meteorologicznych, położonych w obrębie lub w pobliżu dużych miast Polski. Stacje te reprezentowały różne regiony bioklimatyczne i geograficznie obejmowały większość obszaru kraju: Białystok, Gdańsk, Katowice, Kraków, Lublin, Łódź, Olsztyn, Poznań, Szczecin, Toruń, Warszawa, Wrocław. Dane zbierane są na stacjach synoptycznych, położonych na obrzeżach miast, często w pobliżu lotnisk. We wszystkich miastach, z wyjątkiem Gdańska położenie stacji się nie zmieniło, w Gdańsku zaś w latach 1975–2014 trzykrotnie zmieniano lokalizację stacji meteorologicznej (ryc. 1; tab. 1).



Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych analizowanych w opracowaniu oraz granice regionów bioklimatycznych: I – Nadmorski, II – Pojezierny, III – Północno-wschodni, IV – Centralny, V – Południowo-wschodni, VI – Świętokrzysko-kołałopolski, VII – Sudecki, VIII – Karpacki

Fig. 1. The distribution of the analysed meteorological stations and the borders of bioclimatic regions: I – Coastal, II – Lakeland, III – North-East, IV – Central, V – South-East, VI – Upland, VII – Sudetic, VIII – Carpathian

Źródło / Source: K. Błażejczyk 2004, s. 192. Autor mapy / map' author: P. Milewski

Dane pochodzą z lat 1975–2014, zatem obejmują pełne 40-lecie. Początek tego okresu jest zdeterminowany dostępnością informacji o dobowych sumach zgonów, koniec zaś – czasem opracowania. Podobnie wybór największych miast w Polsce był związany z dostateczną liczbą zgonów wśród mieszkańców tych miast, wymaganą w obliczeniach statystycznych. Brak danych meteorologicznych z centrów miast nie stanowi problemu, gdyż celem pracy nie jest analiza wpływu klimatu miasta na zgony mieszkańców danego miasta, ale analiza wpływu warunków termicznych w skali regionalnej na umieralność, zaś stacje synoptyczne reprezentują warunki klimatyczne w regionie.

Tabela 1. Stacje meteorologiczne wykorzystane w opracowaniu i ich położenie

Stacja	Współrzędne geograficzne	Wysokość n.p.m.	Region bioklimatyczny
Białystok	53°06'N, 23°10'E	148 m	Północno-wschodni
Gdańsk	54°23'N, 18°28'E	138 m	Nadmorski
Rębiechowo (1975–31.07.1982)			
Świbno (1.08.1982–1986, 2013–2014)	54°20'N, 18°56'E	9 m	
Port Północny (1987–2012)	54°24'N, 18°42'E	2 m	
Katowice–Pyrzowice	50°14'N, 19°02'E	284 m	Centralny
Kraków–Balice	50°05'N, 19°48'E	237 m	Świętokrzysko-małopolski
Lublin–Radawiec	51°13'N, 22°24'E	238 m	Południowo-wschodni
Łódź	51°44'N, 19°24'E	187 m	Centralny
Olsztyn–Dajtki	53°46'N, 20°25'E	133 m	Pojezierny
Poznań–Ławica	52°25'N, 16°50'E	86 m	Centralny
Szczecin–Goleniów	53°35'N, 14°54'E	38 m	Pojezierny
Toruń	53°02'N, 18°35'E	69 m	Centralny
Warszawa–Okęcie	52°10'N, 20°58'E	106 m	Centralny
Wrocław–Strachowice	51°06'N, 16°53'E	120 m	Centralny

Dane meteorologiczne obejmowały codzienne wartości dobowe (średnia dobową temperaturę powietrza, temperaturę maksymalną i minimalną oraz wysokość opadu atmosferycznego i występowanie mgły) oraz dane terminowe z godz. 12 UTC elementów meteorologicznych (temperatura powietrza, wilgotność względna, prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, zachmurzenie). Elementy meteorologiczne z godz. 12 UTC posłużyły do obliczenia Uniwersalnego Wskaźnika Obciążenia Ciepłych (*Universal Thermal Climate Index* – UTCI) (patrz rozdz. 2.2.1), na podstawie którego określono rodzaj stresu cieplnego, na jaki narażony jest człowiek oraz Temperatury Pozornej (*Apparent Temperature* – AT), która wykorzystana została w jednej z definicji okresu gorącego.

Dane o zgonach pochodziły z 8 miast: Białegostoku, Gdańska, Krakowa, Lublina, Łodzi, Poznania, Warszawy i Wrocławia z okresu 1975–2014, z przerwą w latach 1997–1998 spowodowaną strajkiem lekarzy niewypisujących przyczyn zgonów. Dane te zbierane są przez Główny Urząd Statystyczny we współpracy z Ministerstwem Zdrowia oraz Narodowym Instytutem Zdrowia Publicznego – Państwowym Zakładem Higieny. Baza danych została udostępniona do analizy przez tę ostatnią jednostkę badawczą. Dane odnoszą się do miejsca zgonu osoby. Nie jest wiadome, w jakim procencie dochodzi do zgonu poza gminą,

powiatem czy województwem, w którym człowiek mieszka, ale można przyjąć, że w niewielkim, gdyż do zdecydowanej większości zgonów dochodzi albo w najbliższym, odpowiednim szpitalu, albo w domu lub jego pobliżu, czyli w warunkach klimatu, do jakiego organizm jest zaadaptowany. Jednakże w analizie istotne są warunki termiczne w miejscu, gdzie następuje zgon.

Informacje o umieralności obejmowały dobowe liczby zgonów z ogółu przyczyn, zgony z powodu chorób układu krążenia, w skład których wchodzi jednostki chorobowe o symbolach 390–459 wg Międzynarodowej Klasyfikacji Chorób, Urazów i Przyczyn zgonów ICD-9 (1983) lub I00–I99 wg Międzynarodowej Statystycznej Klasyfikacji Chorób i Problemów Zdrowotnych ICD-10 (2012) oraz zgony z powodu chorób układu oddechowego, których symbole to odpowiednio 460–519 wg ICD-9 i J00–J99 wg ICD-10. Dobowe liczby zgonów podzielone były ze względu na płeć (kobiety, mężczyźni) oraz wiek (do ukończenia 64 r.ż. oraz 65 lat i więcej). Wybór do analizy zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia i układu oddechowego był oczywisty, a wymuszała go wiedza na temat oddziaływania środowiska termicznego na organizm człowieka. Ponadto większość projektów naukowych i prac w literaturze światowej dotyczących oddziaływania środowiska termicznego na zgony uwzględniała właśnie te rodzaje przyczyn (m.in. Kalkstein, Greene 1997; Donaldson i in. 1998b; Aylin i in. 2001; Huynen i in. 2001; Kuchcik 2001a,b; Hajat i in. 2002; Keatinge 2002; Kozłowska-Szczęśna i in. 2004; Michelozzi i in. 2007; Rabczenko i in. 2009; Isaksen i in. 2016; Ho i in. 2017; Royé 2017).

## 2.2. METODY ANALIZY WARUNKÓW TERMICZNYCH

Podstawowymi klimatologicznymi charakterystykami temperatury powietrza są średnia miesięczna i roczna temperatura powietrza, które zostały obliczone w poszczególnych latach okresu 1975–2014 oraz w całym 40-leciu. Przeanalizowano także liczbę tzw. dni i nocy charakterystycznych pod względem termicznym, czyli dni z temperaturą powietrza powyżej lub poniżej założonego progu (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002; Niedźwiedź 2003; Kossowska-Cezak 2014) (tab. 2).

Tabela 2. Rodzaje dni i nocy charakterystycznych pod względem termicznym

Opis pełny	Opis skrócony
Dzień z temperaturą maksymalną $> 25^{\circ}\text{C}$	dzień gorący
Dzień z temperaturą maksymalną $> 30^{\circ}\text{C}$	dzień upalny
Dzień z temperaturą maksymalną $< 0^{\circ}\text{C}$	dzień z mrozem
Dzień z temperaturą minimalną $\leq -10^{\circ}\text{C}$	dzień umiarkowanie mroźny
Dzień z temperaturą maksymalną $\leq -10^{\circ}\text{C}$	dzień bardzo mroźny
Dzień z temperaturą maksymalną $> 0^{\circ}\text{C}$ i temperaturą minimalną $< 0^{\circ}\text{C}$	dzień przymrozkowy
Noc z temperaturą minimalną $> 18^{\circ}\text{C}$	noc bardzo ciepła
Noc z temperaturą minimalną $> 20^{\circ}\text{C}$	noc gorąca (tropikalna)

Źródło / Source: Niedźwiedź (red.) 2003; Kuchcik i in. 2013; Kossowska-Cezak 2014

O ile wartość progowa wyznaczająca dany dzień charakterystyczny pod względem termicznym jest zazwyczaj taka sama w definicjach proponowanych przez różnych klimatologów, o tyle różnice wynikają z domykania (Kaczorowska

1986; Kozłowska-Szczęсна i in. 2004) lub niedomykania (Niedźwiedź 2003; Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011; Wibig 2012; Kossowska-Cezak 2014) przedziałów wyznaczających dni upalne, gorące i mroźne. Różnice te są jednak niewielkie, zazwyczaj jest to kilka dni na dekadę.

W ocenie bodźcowości warunków termicznych Polski na przełomie XX i XXI wieku wykorzystano dobową amplitudę temperatury powietrza, czyli różnicę między temperaturą najwyższą a najniższą w ciągu doby ( $dt=t_{\max}-t_{\min}$ ). Obrazuje ona dobowe kontrasty termiczne wpływające na układ termoregulacyjny oraz samopoczucie człowieka w terenie otwartym. W ocenie intensywności bodźców działających na człowieka przyjęto wartości progowe zaproponowane przez E.M. Bajbakovą i innych (1963):

dt (°C)	Bodźce termiczne
<4,0	obojętne
4,0–7,9	słabo odczuwalne
8,0–11,9	silnie odczuwalne
≥12	ostre

Ponadto określono częstość międzydobowych zmian średniej temperatury powietrza większych od 6°C ( $\Delta t > 6^\circ\text{C}$ ). Tak duże zmiany średniej temperatury powietrza z dnia na dzień przyjęto określać jako ostre, działające rozdrażniająco na człowieka (Bajbakova i in. 1963).

Analiza dni i nocy charakterystycznych pod względem termicznym objęła częstość miesięczną i roczną w kolejnych latach badanego okresu 1975–2014 oraz średnią z całego 40-lecia. Wyniki przedstawiono na wykresach. Ponadto zbadano trendy ich zmian, a metody tej analizy opisano w rozdziale 2.3.

### 2.2.1. DEFINIOWANIE OKRESÓW GORĄCYCH I ZIMNYCH

Okresy gorące i zimne są różnie definiowane na świecie, w zależności od położenia analizowanych miast, czy dostępności danych, co dokładnie opisane zostało m.in. przez P.J. Robinsona (2001), M. Kuchcik (2006a), czy A. Krzyżewską (2014).

Zdefiniowanie fali upałów tylko jako kilka kolejnych dni upalnych powoduje, że wszelkie okresy gorące, pojawiające się wiosną, w których temperatura nie przekracza progu 30°C, a które jako pierwsze w roku po okresie chłodu stają się też bardzo obciążające dla wielu ludzi, nie zostają ujęte w analizie. Dodatkowo wskutek dużego zróżnicowania warunków klimatycznych w Polsce przyjęcie progu 30°C sprawiłoby, że w wielu miejscach tak zdefiniowanych fal by nie notowano, a przecież tam także istnieją warunki, które mieszkańcy zaadaptowani do nieco niższej temperatury powietrza odczuwają jako upały.

Jednym z celów tego opracowania jest sprawdzenie użyteczności różnych sposobów określania okresów gorących i zimnych do analiz umiERALNOŚCI w czasie znaczących zmian warunków termicznych, jakie notowane są w ostatnich dekadach. Okresy gorące określono na szereg sposobów: z wykorzystaniem stałych progów temperatury powietrza; z użyciem 95 i 99 centyla maksymalnej temperatury powietrza obliczanego zarówno z całego 40-lecia, jak i w poszczególnych dekadach; oraz na podstawie temperatury pozornej, która wykorzystywana była w poprzednich pracach autorki (Kozłowska-Szczęсна

i in. 2004; Kuchcik 2006 a,b; Kuchcik, Degórski 2009). Następnie z tej grupy wybrano 5 definicji.

Przedstawione dokładnie w opracowaniu okresy gorące opisane są następującymi definicjami (czasami w nawiasach podano nazwę-hasło danej definicji):

I –  $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$  – okres przynajmniej 3 dni upalnych, z temperaturą maksymalną większą od  $30^{\circ}\text{C}$  (fala upałów);

II – okres przynajmniej 3-dniowy ze średnią  $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ , podczas którego dni upalne stanowią przynajmniej połowę, a ciąg dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) między upalnymi nie przekracza 3 dni (okres upalny) (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011);

III –  $t_{\max} \geq 99$  centyla – okres przynajmniej 3 kolejnych dni z temperaturą maksymalną większą lub równą od wartości 99 centyla liczonego dla wszystkich dni roku w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);

IV – przynajmniej 6-dniowy (5-dniowy w przypadku fali upałów występującej w maju lub w czerwcu) okres z temperaturą pozorną (AT) z godz. 12 UTC powyżej 95 centyla (wartość, której nie przekracza 95% wyników), rozpoczynający się wzrostem temperatury o minimum  $2^{\circ}\text{C}$  w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach jednodniowych wartość AT nie może być niższa od 90 centyla (liczonego jako jedna wartość z całego 40-lecia 1975–2014) (fala ciepła) (Kuchcik 2006a; Michelozzi i in. 2004);

V –  $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$  – okres przynajmniej 3 nocy bardzo ciepłych, z temperaturą minimalną wyższą od  $18^{\circ}\text{C}$ .

Obliczono ich liczbę, daty wystąpienia, długość trwania oraz intensywność wyznaczoną średnią maksymalną temperaturą powietrza w danym okresie gorącym.

Temperatura pozorna (*Apparent Temperature* – AT), wykorzystana w IV definicji, to wskaźnik biometeorologiczny, opracowany przez R.G. Steadmana (1984) na podstawie obszernych studiów nad wymianą ciepła między ciałem człowieka a środowiskiem. Wskaźnik ten jest kombinacją kilku elementów meteorologicznych i bywa stosowany do oceny odczuć cieplnych człowieka ubranego, przebywającego zarówno w pomieszczeniach zamkniętych, jak i w warunkach naturalnych (w słońcu i w cieniu), wytwarzającego ciepło metaboliczne w ilości  $178 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (np. w czasie spaceru z prędkością  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ).  $AT > 54^{\circ}\text{C}$  stanowi kryterium parności. Wtedy, gdy człowiek porusza się w terenie otwartym, temperaturę pozorną można wyznaczyć z następującego wzoru (Kalkstein, Valimont 1986):

$$AT = 4,5 + 1,02 \cdot t - v_{10} + 2,8 \cdot e - 5,8 \cdot (K_{dir}/K_{glob}) + 0,0054 \cdot K_{glob} \quad [1]$$

Dla człowieka przebywającego w cieniu wzór ten ma następującą postać:

$$AT = -2,7 + 1,04 \cdot t - 0,65 \cdot v_{10} + 2,0 \cdot e \quad [2]$$

gdzie:  $t$  – temperatura powietrza ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $v_{10}$  – prędkość wiatru na wysokości 10 m nad powierzchnią gruntu ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),  $e$  – ciśnienie pary wodnej (hPa),  $K_{dir}$  – bezpośrednie promieniowanie słoneczne na powierzchnię poziomą ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ),  $K_{glob}$  – całkowite promieniowanie słoneczne na powierzchnię poziomą ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ).



W wyniku studiów nad zastosowaniem temperatury pozornej do badań skrajnych warunków biotermicznych, w tym przede wszystkim fal upałów, wzór R.G Steadmana został uproszczony, a jako zmienne meteorologiczne istotne z punktu widzenia odczucia upału przyjęto temperaturę powietrza ( $t$ ) i temperaturę punktu rosy ( $t_d$ ) (Kalkstein, Valimont 1986):

$$AT = -2,653 + 0,994 \cdot t + 0,0153 \cdot t_d \quad [3]$$

W tak uproszczonej wersji wzór ten rozpropagowany został w badaniach wpływu środowiska termicznego na zachorowalność i umieralność przez L.S. Kalksteina w latach 80 i 90. XX wieku (Kalkstein, Valimont 1986; Kalkstein, Davis 1989; Kalkstein 1991; Sheridan i in. 2009). Początkowo wykorzystany był w licznych badaniach wpływu fal upałów na człowieka, w systemach ostrzegania przed falami upałów (Kalkstein i in. 1996; Smoyer-Tomic, Rainham 2001; Ebi i in. 2004; Michelozzi i in. 2004; Zanobetti, Schwartz 2008; Hajat i in. 2010; Hartz i in. 2013; Pascal i in. 2013), ale także w badaniach oddziaływania zimna na ludzi (Analitis i in. 2008).

W następnych dekadach temperatura pozorna wykorzystywana była w opracowaniach wpływu środowiska termicznego na umieralność (Curriero i in. 2002; O'Neill i in. 2003; Zanobetti, Schwartz 2008; Almeida i in. 2010; Yu i in. 2010; Rocklöv i in. 2011) czy zachorowalność (Ye i in. 2012; Åström i in. 2015). Była też podstawą projektów mających na celu ocenę wpływu środowiska termicznego na zdrowie, tj. PHEWE (Baccini i in. 2008; Michelozzi i in. 2007) czy ekonomię i gospodarkę, tj. PESETA II (Paci 2014).

Okresy zimne zdefiniowano z wykorzystaniem wartości  $-10^{\circ}\text{C}$  minimalnej oraz maksymalnej temperatury powietrza, wartości 1 centyla minimalnej i maksymalnej temperatury powietrza, ale także zastosowano definicję, która zawierała w sobie zarówno temperaturę minimalną, jak i średnią dobową, opartą o wartości centyli (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004).

Przedstawione w pracy okresy zimne są opisane następującymi definicjami (czasami w nawiasach podano nazwę-hasło danej definicji):

A –  $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$  – okres przynajmniej 3 kolejnych dni bardzo mroźnych, z temperaturą maksymalną mniejszą lub równą  $-10^{\circ}\text{C}$  (fala mrozów);

B –  $t_{\max} \leq 1$  centyla – okres przynajmniej 3 kolejnych dni z temperaturą maksymalną mniejszą lub równą od wartości 1 centyla liczonego dla wszystkich dni roku w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);

C –  $t_{\min} \leq 1$  centyla – okres przynajmniej 3 kolejnych dni z temperaturą minimalną mniejszą lub równą od wartości 1 centyla liczonego dla wszystkich dni roku w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);

D –  $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$  – okres przynajmniej 6 dni umiarkowanie mroźnych, z temperaturą minimalną mniejszą lub równą  $-10^{\circ}\text{C}$  (fala zimna);

E –  $t_{\min}$  i  $t_{\text{sr}}$  – co najmniej 6-dniowy okres z minimalną ( $t_{\min}$ ) oraz średnią dobową temperaturą powietrza ( $t_{\text{sr}}$ ) poniżej 5 centyla wszystkich wartości z danego okresu rozpoczynający się spadkiem temperatury minimalnej o przynajmniej  $2^{\circ}\text{C}$  w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach jednodniowych wartość  $t_{\min}$  i  $t_{\text{sr}}$  nie przekracza wartości 10 centyla (fala chłodu).



### 2.2.2. UNIWERSALNY WSKAŹNIK OBCIĄŻEŃ CIEPLNYCH

Ostatnią z wykorzystywanych charakterystyk środowiska termicznego wybranych miast polskich w latach 1975–2014 w kontekście umieralności był uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych UTCI (*Universal Thermal Climate Index*). Wskaźnik UTCI opiera się na analizie bilansu cieplnego człowieka, dokonywanej przy zastosowaniu wielowęzłowego modelu wymiany ciepła Fiali (Błażejczyk i in. 2010; Bröde i in. 2012; Fiala i in. 2012; Psikuta i in. 2012). Model Fiali składa się z dwóch podsystemów regulacji wymiany ciepła: pasywnego i aktywnego i rozpatruje przepływy ciepła w obrębie 19 różnych części ciała, a każda z tych części jest dodatkowo podzielona na 5 warstw i 2 lub 3 segmenty. Każda z tych części ciała, warstwa i segment są reprezentowane przez jeden węzeł. Łącznie algorytmy opisują przepływy ciepła pomiędzy ponad trzystoma węzłami. Model uwzględnia aktywne, fizjologiczne procesy termoregulacji zmieniające wielkość strumieni ciepła, takie jak: wydzielanie potu, produkcja ciepła w wyniku tzw. termogenezy drżeniowej, zmiany w tempie skórnego przepływu krwi. W modelu uwzględnia się dane meteorologiczne (temperatura powietrza, ciśnienie pary wodnej, prędkość wiatru, tzw. średnia temperatura promieniowania) i informacje fizjologiczne (metaboliczna produkcja ciepła, albedo powierzchni ciała i odzieży, czy izolacyjność termiczna i ewaporacyjna odzieży). Podstawowym zadaniem wymiany ciepła jest utrzymanie temperatury wewnętrznej człowieka na stałym poziomie, wynoszącym około 37°C, niezależnie od warunków zewnętrznych i samej aktywności fizycznej człowieka (Błażejczyk, Kunert 2011; Błażejczyk i in. 2014).

Wskaźnik UTCI jest definiowany jako ekwiwalentna temperatura powietrza, przy której w warunkach referencyjnych podstawowe parametry fizjologiczne organizmu przyjmują takie same wartości, jak w warunkach rzeczywistych. Zakłada się zatem, że wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem zależy tylko od temperatury powietrza, przy stałym poziomie pozostałych parametrów meteorologicznych. Jako warunki referencyjne, dla których metodą kolejnych przybliżeń znajduje się taką temperaturę powietrza, przy której parametry fizjologiczne uzyskują takie same wartości jak w warunkach rzeczywistych przyjęto: brak promieniowania słonecznego i cieplnego; prędkość wiatru na wysokości 10 m nad gruntem równą  $0,5 \text{ ms}^{-1}$  ( $0,3 \text{ ms}^{-1}$  na wysokości torsu człowieka, za którą przyjęto 1,2 m); względną prędkość ruchu powietrza związaną z poruszaniem się równą  $1,1 \text{ ms}^{-1}$ ; ciśnienie pary wodnej odpowiadające 50% wilgotności względnej (przy temperaturze poniżej 29°C) i równe 20 hPa przy temperaturze powyżej 29°C; metaboliczną produkcję ciepła (M) równą  $135 \text{ Wm}^{-2}$  (co odpowiada marszowi z prędkością  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ); izolacyjność termiczną odzieży (Icl) proporcjonalną do rzeczywistych warunków termicznych (Havenith i in. 2012). Wartości wskaźnika UTCI są miarą obciążeń cieplnych organizmu powodowanych przez warunki atmosferyczne panujące w jego otoczeniu (tab. 3).

Skala obciążeń cieplnych jest bardzo szeroka, gdyż założeniem przy tworzeniu wskaźnika była jego adekwatność do wszystkich stref klimatycznych, pór roku i skal przestrzennych (Jendritzky i in. 2001; Błażejczyk i in. 2014a, b).

Obliczenia wskaźnika UTCI wykonano za pomocą programu BioKlima 2.6, autorstwa K. Błażejczyka i M. Błażejczyka, który jest dostępny na stronie [www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm](http://www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm).

Tabela 3. Skala oceny obciążeń cieplnych organizmu według wskaźnika UTCI

UTCI (°C)	Obciążenie cieplne	Skrót	Sposób przeciwdziałania
> 46	nieznośny stres ciepła	Nc	niezbędne okresowe schładzanie organizmu, konieczne uzupełnianie płynów > 0,5 l·h <sup>-1</sup> ; ależy unikać dużego wysiłku fizycznego
38,1 do 46,0	bardzo silny stres ciepła	Bc	konieczne okresowe korzystanie z pomieszczeń klimatyzowanych lub miejsc zacienionych, niezbędne uzupełnianie płynów > 0,5 l·h <sup>-1</sup> ; należy ograniczyć wysiłek fizyczny
32,1 do 38,0	silny stres ciepła	Sc	niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l·h <sup>-1</sup> , pożądane korzystanie z miejsc zacienionych i okresowe zmniejszanie wysiłku fizycznego
26,1 do 32,0	umiarkowany stres ciepła	Uc	niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l·h <sup>-1</sup>
9,1 do 26,0	brak obciążeń cieplnych*	K	fizjologiczne procesy termoregulacji są wystarczające do zachowania komfortu cieplnego
0,1 do 9,0	łagodny stres zimna	Łz	pożądane używanie rękawiczek i nakrycia głowy
-13,0 do 0,0	umiarkowany stres zimna	Uz	należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem
-27,0 do -13,1	silny stres zimna	Sz	należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Pożądane zwiększenie termoizolacyjności odzieży
-40,0 do -27,1	bardzo silny stres zimna	Bz	należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem; niezbędne zwiększenie termoizolacyjności odzieży i ograniczenie czasu przebywania w terenie otwartym
< -40,0	nieznośny stres zimna	Nz	czas przebywania ograniczyć do niezbędnego minimum; niezbędne zwiększenie termoizolacyjności i wiatrochronności odzieży

\* UTCI z przedziału 18,1–26,0°C, odpowiada definicji „strefy komfortu cieplnego”, czyli „zakresowi temperatury otoczenia, w której człowiek ubrany w odpowiednią odzież nie odczuwa wpływu środowiska termicznego przez nieskończenie długi czas” (IUPS 2003).

Źródło / Source: Błażejczyk, Kunert 2011

### 2.3. STATYSTYCZNE METODY ANALIZY TRENDÓW ZMIAN WARUNKÓW TERMICZNYCH

Na zmienność temperatury powietrza składają się zmiany sezonowe, ale też zmiany cykliczne (opisane krótko w rozdz. 3.1), zależne głównie od aktywności słonecznej oraz notowane od początku lat 60. XX wieku wyraźne ocieplenie klimatu (Boryczka i in. 1999b; Lorenc 2000; Kossowska-Cezak 2003, 2014; IPCC 2007, 2013, 2014). Jest ono spowodowane przede wszystkim emisją gazów cieplarnianych, co wywołuje kolejne procesy i sprzężenia zwrotne w przyrodzie, które dodatkowo przyspieszają zachodzące zmiany.

Zatem wieloletnie dane temperatury powietrza cechują się tzw. sezonowością złożoną, wynikającą zarówno ze zmian pór roku, jak i zmian aktywności Słońca, ale także z aktywności człowieka. O ile sezonowość związana z porami roku jest oczywista, a jej okres jest powtarzalny, o tyle zmiany okresowe wynikające z pozostałych czynników cechują się różną długością.

Większość standardowych metod, stosowanych w analizie i prognozowaniu szeregów czasowych, opracowano z myślą o prostych wzorcach zmian sezonowych. Metody te są zwykle skuteczne w przypadku sezonowości o małym okresie, takim jak  $s=12$  dla danych miesięcznych, lub  $s=4$  dla szeregów kwartalnych. Ponadto, standardowe metody nie uwzględniają poprawnie takich specyficznych właściwości danych, jak występowanie sezonowości o nakładających się okresach.

Analiza statystyczna zmienności temperatury powietrza czy liczby dni charakterystycznych nie była głównym celem i przedmiotem opracowania, dlatego też spróbowano zastosować w niej metody nowe, wykorzystywane w tego typu badaniach od niedawna lub typowe dla analiz epidemiologicznych.

W analizie średniej miesięcznej temperatury powietrza z okresu 40 lat ważna była identyfikacja składowych związanych z poszczególnymi rodzajami sezonowości (sezonowej, rocznej) oraz, a nawet przede wszystkim, identyfikacja pozostałych charakterystycznych własności danych (np. obecność trendów długoterminowych) (Gasparrini i in. 2012; QUANTUP 2014; Zagdański, Suchwałko 2015). Dlatego do badania szeregów średnich miesięcznych wartości temperatury minimalnej, maksymalnej i średniej wartości (480 wartości dla każdej z charakterystyk temperatury powietrza) wykorzystano metodę dekompozycji szeregów czasowych TBATS. Jest to zaawansowana metoda dekompozycji, czyli wyodrębniania poszczególnych składowych danego szeregu czasowego oraz ich prognozowania, opracowana dla szeregów o złożonej (wielookresowej) sezonowości. Metoda ta składa się z wielu poziomów: początkowo transformacja Boxa-Coxa wygładza szereg czasowy, odtwarza zmienność danych, następnie metoda uwzględnia zmienne sezonowe i składową trendu oraz uwzględnia potencjalną autokorelację reszt z modelu poprzez zastosowanie składnika losowego  $d_t$ , nazwanego procesem autoregresyjnym. Zakłada się w nim, że na daną wartość błędu wpływają poprzednie wartości błędów oraz poprzednie odchylenia. Uwzględnienie procesu autoregresji jest typowe w analizie szeregów czasowych, np. czegoś jest dużo, ponieważ krok wcześniej było dużo.

W modelu założono dwie składowe sezonowe: miesięczną i roczną przedstawiane funkcjami trygonometrycznymi (De Livera i in. 2011; Rabczenko i in. 2017).

Transformacja Boxa-Coxa szeregu czasowego  $x_t$  ma postać:

$$y = \begin{cases} \frac{x_t^w - 1}{w}, w \neq 0 \\ \ln(x_t), w = 0 \end{cases} \quad [4]$$

gdzie:  $y_t$  – szereg czasowy po transformacji;  $x_t$  – oryginalny szereg czasowy;  $w$  – współczynnik dobierany metodą największej wiarygodności

Model TBATS użyty w pracy ma postać:

$$y_t = l_{t-1} + s_t^{(1)} + s_t^{(2)} + d_t \quad [5]$$

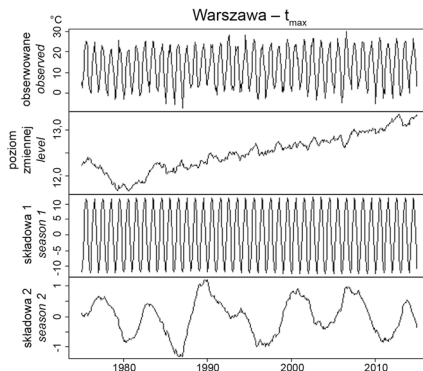
gdzie:  $l_t$  – reprezentuje składową związaną z trendem;  $s_t^{(1)}, s_t^{(2)}$  – składowe sezonowe reprezentowane w oparciu o szeregi Fouriera (roczna, miesięczna);  $d_t$  – proces autoregresyjny w postaci (składnik losowy):

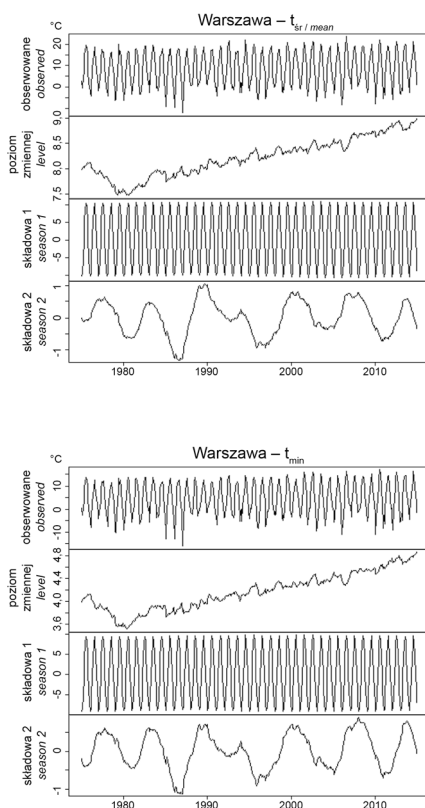
$$d_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i d_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad [6]$$

gdzie:  $\varphi_i, \theta_i$  – parametry modelu, estymowane z danych;  $\varepsilon_t$  – biały szum ze średnią 0 i stałą wariancją.

Po zadaniu modelowi wartości początkowych parametrów, kolejne się estymują, po czym model przelicza ponownie wszystkie dane wyjściowe od początku według reguł, które wyznaczył. Obliczenia TBATS przeprowadzono przy użyciu programu R 3.3.1, wykorzystując pakiet „Forecast” (Hyndman, Khandakar 2008).

Przykładowe wykresy obrazujące analizę temperatury powietrza z wykorzystaniem analizy dekompozycji szeregów czasowych przedstawiono poniżej (ryc. 2), zaś dokładna analiza statystyczna zmienności temperatury średniej, minimalnej i maksymalnej po wyeliminowaniu sezonowości rocznej i wieloletniej przedstawiona jest w rozdz. 5.2.





Ryc. 2. Średnia miesięczna temperatura powietrza, średnia maksymalna i minimalna – wartości obserwowane, składowe sezonowe oraz poziom zmiennej (trend) w Warszawie w latach 1975–2014

Fig. 2. Monthly mean air temperatures, mean maximum and minimum – observed, seasonal 1 and 2 and level (trend) in Warsaw over the years 1975–2014

Średnia miesięczna temperatura powietrza, minimalna i maksymalna z 480 miesięcy (40 lat x 12 miesięcy) została rozłożona na 2 składowe okresowe: roczną i o dłuższym okresie 7–11 letnim wynikającym głównie ze zmian aktywności Słońca, co zostało opisane w rozdz. 3.1, oraz na trend długookresowy, nazwany inaczej poziomem zmiennej.

W dalszej kolejności wyodrębnione metodą TBATS poziomy zmiennej (wartości temperatury średniej, minimalnej i maksymalnej po odjęciu od nich cyklu rocznego i wieloletniego) poddane zostały ocenie statystycznej. Okazało się, że można było wyznaczyć w nich jeden punkt zmiany, gdyż na początku badanego okresu temperatura powietrza malała, a dopiero po pewnym czasie zaczynała rosnąć. Dlatego też istotne było znalezienie odpowiedzi na pytanie o ile malała/rosła w danej jednostce czasu i czy ów spadek/wzrost był statystycznie istotny.

Do analizy istotności statystycznej zmian średniej miesięcznej wartości temperatury powietrza, ale także zmian liczby dni charakterystycznych pod względem termicznym, zastosowano tzw. metodę regresji segmentowej, dokładnie metodę typu hockey-stick. Polega ona na modelowaniu zależności krzywoliniowej przy pomocy dwóch funkcji liniowych – dla wartości temperatury czy liczby dni charakterystycznych w roku przed i po roku, w którym trend zmienia kierunek z malejącej na rosnącą. Równanie modelu jest następujące:

$$Y_t = B_0 + B_1 \cdot r + B_2 \cdot (r - RZ)^+ \quad [7]$$

gdzie:  $Y_t$  – liczba dni charakterystycznych w roku;  $RZ$  – rok zmiany;  $r$  – rok obserwacji,  $B_i$  – współczynnik regresji dla czynnika wprowadzonego do równania w sposób parametryczny; + – „część dodatnia” równania:

$$(r - RZ)^+ = \begin{cases} 0 & \text{dla } r \leq RZ \\ r - RZ & \text{dla } r > RZ \end{cases} \quad [8]$$

Następnie oceniona została istotność każdego współczynnika nachylenia. Wyniki przedstawiono w formie tabeli oraz wykresów (rozdz. 5.2). W tabelach zawarte są wartości nachyleń oraz oznaczenie istotności danego współczynnika. Na wykresach zaś przedstawiona jest średnia roczna liczba dni charakterystycznych oraz trendy zmian. Jako, że w analizie wartości temperatury powietrza metodą TBATS określony został jeden punkt zmiany, także w analizie zmian średniej rocznej liczby dni charakterystycznych metodą kija hokejowego (hockey-stick) założono jeden punkt zmiany trendu. Dla niektórych miast nie dało się znaleźć punktu zmiany, wtedy do danych dopasowana została linia prosta.

W metodzie kija hokejowego zdecydowano się na założenie 1 punktu zmiany trendu, pomimo świadomości groźby naddopasowania linii trendu do danych czy zbyt dużej „wagi” pojedynczych, skrajnych wartości. Jednak ta część analizy statystycznej nie była głównym przedmiotem pracy, spróbowano więc pewnej metody, która może być dyskusyjna.

## 2.4. STATYSTYCZNE METODY OCENY WPŁYWU WARUNKÓW TERMICZNYCH NA UMIERALNOŚĆ

Analizę umieralności w zależności od warunków atmosferycznych prowadzono przy użyciu uogólnionych modeli addytywnych GAM (Hastie, Tibshirani 1990; Wood 2006). Pozwalają one na regresyjną analizę zależności krzywoliniowych bez mocnych założeń o ich kształcie (inaczej niż w klasycznej analizie regresji). Umożliwiają również modelowanie zmiennych o rozkładzie Poissona (takich jak dzienna liczba zgonów).

W każdym z miast objętych badaniem i dla każdej z rozważanych przyczyn zgonów zbudowany został model opisujący związek warunków meteorologicznych z dobową liczbą zgonów, uwzględniający dodatkowo ich długookresowy trend, zmienność sezonową, rok badania, dzień tygodnia oraz średnią dobową temperaturę powietrza (Curriero i in. 2002; Pattenden i in. 2003; Kozłowska-Szczęśna i in. 2004; Hajat i in. 2006; Rabczenko i in. 2009; Isaksen i in. 2016; Royé 2017).

Czynniki o charakterze ciągłym modelowano przy pomocy splajnów, czyli funkcji sklepanych lub giętych. Splajnem stopnia nazywamy funkcję, która w każdym przedziale określoności jest wielomianem stopnia co najwyżej  $s$  oraz ta funkcja i jej pochodne stopnia  $1, \dots, s-1$  są ciągłe. Ogólnie model ten ma postać:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \sum_{i=1}^p s(X_i) + \sum_{i=p+1}^k \beta_i X_i \quad [9]$$

gdzie:  $Y$  – dzienna liczba zgonów z powodu rozważanej przyczyny w badanej podpopulacji;  $X_i$  –  $i$ -ty czynnik w modelu;  $s(\cdot)$  – czynnik, którego wpływ na umieralność modelowany jest za pomocą splajnu;  $\beta_i$  – współczynnik przy czynniku, którego wpływ na umieralność modelowany jest funkcją liniową;  $k$  – ogólna liczba czynników uwzględnianych w modelu;  $p$  – liczba modelowanych parametrów.

W pierwszym kroku dobierano liczbę węzłów dla splajnów mających na celu opisanie zmienności długo i średniookresowej. Na tym etapie posługiwano się funkcją autokorelacji błędu losowego. Przyjęto zasadę, że najlepsza liczba węzłów to ta, dla której suma autokorelacji cząstkowych jest najmniejsza (a zatem dla tej konkretnej ich liczby zmienność sezonowa jest najlepiej opisana). Liczba węzłów dla pozostałych zmiennych ciągłych uwzględnianych w modelu dobierana była automatycznie przy użyciu funkcji cross-walidacji. Metoda cross-walidacji polega na sekwencyjnym testowaniu i poprawianiu modelu, który zbudowany jest na pewnym podzbiórze danych. Testowanie odbywa się w oparciu o dane wyłączone z analizy. Na podstawie tak zbudowanego modelu wyznaczono zależności pomiędzy temperaturą powietrza czy wartością wskaźnika biometeorologicznego a umieralnością.

Szczegółowy model zależności umieralności dobowej od temperatury powietrza i wartości wskaźnika biometeorologicznego jest następujący (oznaczenia jak wyżej):

$$\ln(\text{dzienna liczba zgonów}) \sim s(\text{trend}) + \text{rok} + \text{dzień}_{\text{tyg}} + s(t_{\text{sr}}) \quad [10]$$

zaś model do analizy wpływu okresów gorących i zimnych na zgony przyjmuje formę (oznaczenia jak wyżej):

$$\ln(\text{dzienna liczba zgonów}) \sim s(\text{trend}) + \text{rok} + \text{dzień}_{\text{tyg}} + s(t_{\text{sr}}) + \text{okres} \quad [11]$$

Z powodu sezonowej zmienności dobowej liczby zgonów, wpływ okresów gorących na umieralność badano w okresie od maja do sierpnia, zaś okresów zimnych – od listopada do lutego włącznie.

Początkowo obliczono, tylko dla okresów gorących, wzrost/spadek umieralności jedynie w czasie trwania danego okresu gorącego, np. jeśli w Warszawie fala upałów trwała od 6 do 9 sierpnia 2013 r. to badana była umieralność w czasie tych 4 dni. W efekcie takich obliczeń jedynie w 0–17% fal upałów lub okresów gorących notowano istotny statystycznie wzrost umieralności ogółem. Wiadomym jest jednak, że w przypadku pogodowego czynnika ryzyka opisanego wysoką temperaturą powietrza zgon rzadko następuje od razu w dniu wystąpienia czynnika, a oddziaływanie wysokiej temperatury powietrza kumuluje się i potęguje wraz z przedłużaniem się okresu gorącego, co opisano w rozdz. 4. Wyniki powyższej próby zostały krótko przedstawione w rozdz. 7.1.



W drugim podejściu, w analizie wpływu zarówno okresów szczególnie gorących, jak i mroźnych na umieralność uwzględniono możliwe rozłożenie efektu w czasie – założono, że efekt ten może przedłużać się do 7 dni po wystąpieniu niekorzystnych warunków. W tym celu zastosowano metodę *distributed lag model* (Normand 1999; Tong i in. 2014). Polega ona na uwzględnieniu w modelu określonej liczby efektów opóźnionych danego zjawiska przy jednoczesnym nałożeniu na związek pewnych więzów. W tym przypadku założono, że zmiana siły efektu opisana może być wielomianem trzeciego stopnia. Jest to wielomian najniższego stopnia, pozwalający na modelowanie zależności, w której początkowo jest wzrost, potem spadek, a następnie efekt ulega wygaszeniu (Schwartz 2000). Wyniki przedstawiono w postaci tabel z sumarycznym (z dni 0–7) efektem rozpatrywanego okresu gorącego i zimnego na umieralność oraz w postaci wykresów obrazujących zmianę w czasie siły efektu niekorzystnych warunków meteorologicznych.

Podstawową miarą narażenia człowieka na obciążający czynnik stosowaną w badaniach epidemiologicznych jest ryzyko względne (*relative risk*, RR). Miara ta obrazuje, w jaki sposób zmienia się ryzyko zgonu w momencie zmiany narażenia populacji na badany czynnik. Dla okresów gorących i zimnych będzie to ryzyko związane z ich wystąpieniem, dla zmiennej o charakterze ciągłym, takich jak temperatura powietrza czy wartość wskaźnika UCI, będzie to ryzyko związane ze wzrostem (spadkiem) temperatury o określoną wartość.

Wartość RR oblicza się według wzoru:

$$RR=e^{\beta} \quad [12]$$

gdzie:  $\beta$  jest współczynnikiem dla analizowanego czynnika w równania modelu [9].

Wartość ryzyka względnego interpretuje się w następujący sposób:

- RR bliskie wartości 1 – zmiany poziomu umieralności nie są związane z analizowanym czynnikiem;
- RR powyżej 1 – wzrost poziomu umieralności jest związany z wystąpieniem analizowanego czynnika;
- RR poniżej 1 – spadek poziomu umieralności jest związany z wystąpieniem analizowanego czynnika;

Ocena istotności statystycznej wykonana została na podstawie 95% przedziału ufności. Jeżeli przedział ten nie zawierał wartości 1 (tzn. oba jego końce są powyżej lub poniżej 1), to czynnik, z którym powiązane ryzyko badano, uważano za statystycznie istotny (zmianie poziomu czynnika ryzyka towarzyszy statystycznie istotna zmiana poziomu umieralności).

W opisie, dla ułatwienia odbioru licznych wyników ryzyko względne prezentowano jako procentową zmianę dziennej umieralności według wzoru:

$$\%zmiany = (RR-1) \cdot 100\% \quad [13]$$

Powyższe obliczenia wykonano przy użyciu pakietu statystycznego R 3.1.2 (R Core Team 2014).

W związku z tym, że każde z wytypowanych miast, nawet w przypadku położenia w tym samym regionie bioklimatycznym, cechuje się odmiennością



klimatyczną, we wszystkich tabelach i na rycinach przyjęto konwencję kolejności alfabetycznej, którą zastosowano też w większości opisów wyników.

Na podstawie wartości ryzyka względnego dla tego samego rozpoznania z miast objętych analizą obliczono jego uogólnioną wartość. W obliczeniach tych posłużono się metodami meta-analazy, która stanowi ilościową syntezę wyników badań.

Wartość uogólnionego efektu obliczono według wzoru:

$$\beta = \frac{\sum_i w_i \beta_i}{\sum_i w_i} \quad [14]$$

gdzie:  $\beta_i$  – współczynnik z równania regresji obliczony dla miasta;  $w_i$  – odwrotność wariancji współczynnika  $\beta$ .

Uogólniony współczynnik jest więc średnią ważoną współczynników z każdego miasta, przy czym waga jest tym większa, im większa jest precyzja oszacowania.



### 3. ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY POWIETRZA

Interdyscyplinarny charakter tego opracowania powoduje, że poniższy przegląd piśmiennictwa jest wielowątkowy i ma różny stopień szczegółowości. Najogólniej przedstawiono kwestię zmian temperatury powietrza i ich przyczyn, zakładając, że istnieje wiele prac klimatologicznych, które obszernie opisują warunki termiczne w Polsce i ich zmiany. Ta część przeglądu literatury poświęcona jest jedynie Polsce i obejmuje głównie prace polskie. W dalszej kolejności, w rozdziale 4, wnikliwie przedstawiono oddziaływanie środowiska termicznego na człowieka, zaś międzynarodowy przegląd literatury zakończono dokładnym opisem badań nad wpływem środowiska termicznego, w tym szczególnie warunków skrajnych, na umieralność.

#### 3.1. PRZYCZYNY ZMIAN TEMPERATURY POWIETRZA

Na zmiany temperatury powietrza w danym miejscu w perspektywie kilkudziesięciu lat wpływają czynniki naturalne: cyrkulacja atmosferyczna i oceaniczna, cykliczne zmiany natężenia promieniowania słonecznego (średnio około 11-letnie), nakładające się na powolne zmiany parametrów orbity Ziemi, zmiany składu chemicznego atmosfery (gazy cieplarniane, erupcje wulkanów), który determinuje dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi oraz czynniki antropogeniczne, a wśród nich przede wszystkim emisja gazów cieplarnianych, wycinka lasów w skali globalnej, czy osuszanie obszarów podmokłych. Różny okres tych zjawisk powoduje w efekcie naturalne wahania klimatu, czy zjawiska ekstremalne.

Aktywność słoneczną mierzy się zarówno liczbą plam na Słońcu, jak i zawartością izotopu  $^{10}\text{Be}$  w łańdolodach Grenlandii i Antarktydy, czy ilością izotopu węgla  $^{14}\text{C}$  w przyrostach drzew (realclimate.org). Badacze paleoklimatu pokazują, że zmiany aktywności Słońca dobrze korespondują ze zmianami temperatury na Ziemi. Zarówno „średniowieczne ocieplenie klimatu” w IX–XIII wieku, jak i „mała epoka lodowcowa” w XVI–XVIII wieku, w tym szczególnie okres „minimum Maundera” z lat 1675–1715 oraz wyjątkowo upalne lata lub chłodne zimy w XX wieku są skorelowane z aktywnością Słońca (Boryczka i in. 1998, 1999a, b; Spanghel i in. 2011). Podobnie lata 2013–2015, które były okresem najwyższej aktywności magnetycznej Słońca w ramach 24-tego cyklu aktywności, zbiegły się z wyjątkowo upalnymi latami 2014 i 2015 (Rudawy 2014).

Cykl plam słonecznych znajduje odzwierciedlenie w około 11letnich cyklach zmian temperatury powietrza, ale skomplikowany zespół procesów fizycznych prowadzących do cyklicznego wzmacniania i zmian pól magnetycznych na Słońcu przyczynia się prawdopodobnie do wielu innych wyznaczonych okresowości temperatury powietrza (Rudawy 2014). Dowodzą tego przebiegi średnich konsekwentnych 11-letnich wartości temperatury powietrza w 10 miejscowościach europejskich (uśrednionych obszarowo) i liczb Wolfa w latach 1840–2000. Cechują się one zbliżonymi ekstremami lokalnymi oraz

podobną do siebie okresowością. W Warszawie dominuje około 8-letni cykl zmian temperatury powietrza (8,3 roku w styczniu, 7,9 w lipcu), w Krakowie i Wrocławiu zimą jest to także 8,3 roku, latem zaś odpowiednio 7,0 i 6,4 lat (Boryczka, Stopa-Boryczka 2007).

Analiza średniej obszarowej temperatury powietrza w 7 regionach geograficznych w latach 1951–2010 także wykazuje około 8-letnie cykle, wyraźnie cieplejsze po 1988 r. i podobne do siebie we wszystkich regionach, co świadczy o wielkoskalowym charakterze czynników powodujących obserwowane zmiany (Wójcik, Miętus 2014).

Zmiany temperatury nie byłyby tak znaczące, gdyby nie dodatnie sprzężenia zwrotne, wzmacniające wpływ Słońca, takie jak:

- zmiany koncentracji w atmosferze gazów cieplarnianych – głównie dwutlenku węgla i metanu, przede wszystkim z oceanów, ale też z rozpuszczającej się wiecznej zmarzliny oraz w wyniku działalności człowieka: rozwoju rolnictwa, przemysłu, ciepłownictwa, wycinki lasów w skali globu itp.
- zmiana rozmiaru lodowców i lądolodów – wzrost temperatury prowadzi do ich topnienia, a tym samym do redukcji powierzchni o wysokim stopniu odbijania promieniowania słonecznego, w konsekwencji do wzrostu pochłanianej przez Ziemię energii (National Snow and Ice Data Center; Brown 2000);
- zmiany koncentracji pary wodnej w atmosferze - w wyższej temperaturze znajduje się w atmosferze większa ilość pary wodnej, która jako gaz cieplarniany powoduje dalszy wzrost temperatury, i w konsekwencji dalszy wzrost parowania wody (IPCC 2014).

Jednak od początku 40-tych, a w szczególności od końca lat 50. XX wieku wzrostu temperatury nie można było już wyjaśnić czynnikami naturalnymi tj. cyklami Milankovica, wzrostem aktywności Słońca czy spadkiem aktywności wulkanicznej. Począwszy od tego czasu główne naturalne determinanty klimatu Ziemi straciły na znaczeniu, a klimat zaczęły kształtować również inne czynniki, w szczególności wyższa koncentracja gazów cieplarnianych w atmosferze. Tylko modele uwzględniające wszystkie czynniki kształtujące temperaturę atmosfery ziemskiej pozwalają obecnie na prawidłowe odtworzenie warunków termicznych (IPCC 2014; [www.globalchange.gov](http://www.globalchange.gov)).

Według Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu (IPCC 2007, 2013, 2014) wśród czynników powodujących obecne ocieplenie klimatu największym wymuszeniem radiacyjnym cechuje się emisja CO<sub>2</sub> i metanu, a w dalszej kolejności halowęglowodorów. Najważniejszą przyczyną tego stanu rzeczy jest nagły wzrost ludności Ziemi i wyniszczająca Ziemię gospodarka człowieka. W 1800 r. ludność Ziemi liczyła 978 mln, w 1960 r. – 3 mld, zaś w 2015 r. – 7,3 mld osób. Tak duża liczba ludzi sama z siebie także emituje ciepło, konsumuje tlen i wydziela olbrzymie ilości dwutlenku węgla w wydychanym powietrzu.

Wszystkie te czynniki powodują, że średnia globalna temperatura powierzchni Ziemi wzrosła w okresie 1906–2005 o 0,74°C. Trend liniowy ocieplenia w ostatnich 50 latach wyniósł 0,13°C na dekadę i był prawie dwukrotnie większy niż za ostatnie 100 lat (0,07°C/10 lat) (IPCC 2007). W 2 połowie XX w. średnia temperatura na półkuli północnej była najwyższa w okresie ostatnich

500 lat (*Pre-Historical Temperature Record* 2010). Obserwacje satelitarne prowadzone od 1978 r. dowodzą, że średni roczny obszar lodu arktycznego zmniejsza się w tempie 2,7% na dekadę, zaś latem spadek ten sięga 7,4% na dekadę (Brown 2000; NSIDC 2012).

Zmianie uległa częstość i intensywność niektórych zjawisk pogodowych. Od lat 90. XX wieku liczba powodzi będących hydrologicznym skutkiem opadów atmosferycznych w Europie wzrosła czterokrotnie, liczba ekstremalnych zdarzeń pogodowych wzrosła ośmiokrotnie, podczas gdy liczba zdarzeń geologicznych wykazuje stały trend (EMDAT – Emergency Events Database). Liczba susz utrzymuje się na podobnym poziomie, jednak rośnie ich długość i intensywność (Spinoni i in. 2015). Zmniejszyła się częstość dni chłodnych i mroźnych (choć nie bardzo mroźnych), wzrosła częstość burz, nawałnic, dni gorących oraz fal upałów (Wibig i in. 2006a,b, 2009a,b; Kossowska-Cezak, Twardosz 2012, 2015, 2017).

### 3.2. ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE

W Polsce temperaturą powietrza, tendencją jej zmian, analizą dni charakterystycznych termicznie, opisem skrajnych warunków termicznych zajmowali się prawie wszyscy klimatolodzy polscy i to od czasu powstania tej nauki w Polsce. Szczególnie dużo prac z tego zakresu powstało pod koniec lat 90. XX wieku, kiedy to ocieplenie klimatu zaczęło skutkować wyjątkowo gorącymi latami, coraz bardziej uciążliwymi dla ludzi.

W starych kronikach znajdują się najczęściej opisy okresów szczególnie mroźnych. Dowiadujemy się, że zimą 1076/1077: *nastąpiła bardzo ciężka zima, do tego stopnia, że w [...] Germanii – Łaba, Wisła i Dunaj taki lód skuł, że [...] zdumieni mieszkańcy, jak po trwałym lądzie, po nich przechodzić mogli* lub zima 1322/1323 kiedy: *było bowiem między Danią, Słowiańskim krajem i Jutlandią zamrożone całe Morze Bałtyckie, tak że rozbójnicy, przychodząc ze słowiańskiego kraju, splądrowali niektóre okolice Dani, a pośrodku morza na lodzie były założone gospody dla przejezdnych*. Morze Bałtyckie zamroziło także zimą 1399, 1423 czy 1431 roku. Z tego okresu pochodzą również opisy szczególnie łagodnych zim, np. z 1412 roku, kiedy to: *zima była nadzwyczaj ciepła, bez żadnego przymrozku i szronu [...]* (Rojecki 1965). Jan Długosz w „Dziejach” tak opisywał rok 1440: *Była w tym roku w Polsce i krajach pogranicznych zima ciężka i sroga, która wiele drzew różnego rodzaju wymroziła i spowodowała wielki pomorek na bydło. [...] Od św. Marcina (11 XI) bowiem śniegi ogromne trwały przez całą zimę i wiosnę, przy tęgich mrozach aż do św. Jerzego (23 IV) i dopiero około tegoż dnia razem z lodami tajać poczęły, tak, iż do tej pory i ziemia była ściśnięta i po rzekach przechodzić można było*. Ostre były także następne zimy w 1441 i 1442 roku (Polackówna 1925). Opisy nadzwyczajnych zjawisk hydrologicznych, ale także meteorologicznych (silne opady i wiatry, długie okresy bez opadów, surowe zimy) które zdarzyły się między 940 a 1600 r., pochodzące z różnych źródeł historycznych zebrane zostały przez R. Girgusia i W. Strupczewskiego (1965). Z tego opracowania dowiadujemy się o najmroźniejszej zimie w 1322/1323 r. lub wielkiej suszy w 1473 r. Z okresu instrumentalnych pomiarów temperatury powietrza pochodzi opis wyjątkowo mroźnej pogody zimą 1928/29, kiedy to stopniowo na terenie całej ówczesnej Polski temperatura

powietrza spadała, od poniżej  $-20^{\circ}\text{C}$  w grudniu, poprzez  $-30^{\circ}\text{C}$  w styczniu aż do poniżej  $-40^{\circ}\text{C}$  w lutym 1929 r. *Najbardziej mroźnymi były dni: od dnia 6-go do dnia 12-go, w zwłaszcza dzień 10-ty miesiąca. Temperatury najniższe w dniu tym w niektórych miejscowościach spadły poniżej  $-40^{\circ}\text{C}$  (Olkusz  $-40,4^{\circ}\text{C}$ , Żywiec  $-40,6^{\circ}\text{C}$ ). [...] Na znacznym obszarze kraju temperatury średnie dzienne spadły poniżej  $-25^{\circ}\text{C}$  (Gumiński 1931).* Temperatura powietrza zanotowana tamtej zimy w Żywcu jest drugą najniższą wartością w historii obserwacji instrumentalnych w Polsce, zaś absolutne minimum temperatury powietrza wynoszące  $-41,0^{\circ}\text{C}$  wystąpiło 11 stycznia 1940 r. w Siedlcach (Kuziemska 1983; Lorenc 2005).

Większość prac dotyczących charakterystyki termicznej chłodnej pory roku opisuje ją najczęściej poprzez charakterystykę średnich lub absolutnych wartości temperatury minimalnej powietrza lub średniej dobowej z różnych okresów (Kozłowska-Szczęśna 1958, 1993; Lorenc 2000). W. Milata (1955) opisywał warunki termiczne w Krakowie w okresie 1864–1949 wskazując na ich zmiany w poszczególnych latach i dziesięcioleciach, ale pierwsze kompletne opisy okresów chłodu czy liczby dni mroźnych w Krakowie pochodzą z zapisów Marcina Biema za lata 1502–1540 (Limanówka 2001). W. Okołowicz i I. Pełko (1968) przedstawili przestrzenny rozkład różnych charakterystyk temperatury minimalnej w Polsce w okresie 1951–1960. Podobne rozkłady, obejmujące wiele stacji meteorologicznych, coraz dłuższe okresy i trendy zmian znajdziemy w licznych pracach, a zazwyczaj obejmują one także temperaturę maksymalną powietrza. J. Wibig i B. Głowicki (2002) na podstawie analizy danych z 9 stacji położonych w różnych regionach geograficznych Polski za lata 1951–1998 wykazali, że trend wzrostowy średniej minimalnej temperatury powietrza był wyraźniejszy niż średniej maksymalnej i wahał się od  $0,14^{\circ}\text{C}/10$  lat w Zakopanem po  $0,31^{\circ}\text{C}/10$  lat w Kaliszu. Podobnie Z. Bielec-Bąkowska wraz z K. Piotrowicz (2013) dokonały analizy warunków termicznych, w tym dni szczególnie mroźnych i gorących na 22 stacjach meteorologicznych w latach 1951–2006. Podobnie B. Michalska (2011) analizując średnie miesięczne wartości temperatury powietrza z 34 stacji w Polsce z lat 1951–2005 dowodziła istotnego ich wzrostu po 1987 r., szczególnie w miesiącach: lutym, marcu i maju. M. Kejna ze współautorami (2009) za lata 1951–2005, na bazie danych z reanalizy określili rozkład przestrzenny wartości temperatury powietrza, częstość dni charakterystycznych oraz ich przebieg w całym okresie w wybranych gridach.

Osobną grupę stanowią opracowania częstości i prawdopodobieństwa występowania w Polsce i wybranych jej regionach dni charakterystycznych: dni z mrozem, z  $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ , w okresie 1881–1930 (Milata 1953) czy 1951–1980 (Limanówka i in. 1993) lub z silnym mrozem definiowanych jako np. dni z  $t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$  czy dni z  $t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$  (Michna 1974, Limanówka 1999). W świetle zwiększonego zainteresowania zjawiskami ekstremalnymi warunkami pogodowymi analizie poddawane są także dni bardzo mroźne z  $t_{\max} < -10^{\circ}\text{C}$  i  $t_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$  (Kossowska-Cezak 2014), czy tzw. zimne lub bardzo zimne noce (odpowiednio z  $t_{\min} \leq -15^{\circ}\text{C}$  i  $t_{\min} \leq -20^{\circ}\text{C}$ ) (Wibig i in. 2006a), ale także dni ekstremalnie mroźne z  $t_{\min} < -30^{\circ}\text{C}$  w latach 1951–2005 (Cebulak, Limanówka 2007) czy 1951–2006 we wspomnianej już wcześniej pracy (Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013). W opracowaniach przytaczane są także absolutne minima temperatury powietrza notowane na stacjach, np.  $-36,9^{\circ}\text{C}$  w Jeleniej Górze

w dniu 10 lutego 1956 r.,  $-32,0^{\circ}\text{C}$  we Wrocławiu 11 lutego 1965 r., czy  $-30,7^{\circ}\text{C}$  w Warszawie 8 stycznia 1987 r. (Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013).

Historyczne wzmianki o okresach pogody szczególnie gorącej w Polsce są rzadsze niż pogody szczególnie mroźnej, ale znaleźć można je już pracy Gabryela Rzączyńskiego z 1721 r., który przytacza opisy kronikarzy i historyków dotyczące m.in. upalnych lat 1310 r., 1473 r. czy 1706 r. i ich skutków w postaci wyschniętych rzek, wypalonych zbóż i wymierania bydła (za Merecki 1914). W późniejszych latach W. Chełchowski (1963, 1967) opisywał pojedyncze przypadki gorących nocy w Polsce, przedstawiając także rozkład temperatury w Polsce podczas takich nocy. Bardzo ciekawe jest zestawienie częstości nocy z  $t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$  w 3 punktach Warszawy w latach 1932–1966 (z przerwami), z którego wynika, że np. w latach 1951 i 1959 wystąpiły aż po 3 takie noce na stacji Warszawa-Bielany po 1 nocy na stacji Warszawa-Observatorium, zaś na Okęciu takich nocy nie odnotowano. Ta prosta charakterystyka wskazuje na zjawisko miejskiej wyspy ciepła w Warszawie już we wczesnych latach po II wojnie światowej.

W ostatnich latach, w Polsce, coraz więcej analiz i opisów dotyczy gorących i upalnych dni, ich częstości, czy długości okresów upalnych. Część z nich znajduje się w tych samych opracowaniach, w których opisane są warunki mroźne (Cebulak, Limanówka 2007; Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013; Kossowska-Cezak 2003, 2014; Kossowska-Cezak, Wawer 2014; Kaszewski, Bilik 2015).

W niektórych pracach dni charakterystyczne określane są nie za pomocą przyjętej wartości temperatury powietrza, ale na podstawie wartości 10 centyla temperatury minimalnej i 90 centyla temperatury maksymalnej (Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013; Szczepanek 2014), lub 95 i 99 centyla temperatury maksymalnej (Wibig 2012; Tomczyk 2017).

Jako, że niniejsze opracowanie warunków termicznych i ich wpływu na umieralność dotyczy lat 1975–2014, szczególne zainteresowanie autorki budzą prace dotyczące zmian temperatury powietrza obejmujące przełom wieków XX i XXI. Takie analizy zostały wykonane m.in. dla Warszawy, Krakowa, Lublina, Łodzi, Wrocławia, czy Pobrzeża Słowińskiego, a w przypadku skrajnych warunków termicznych – także w wielu innych miastach, ale też dla regionów geograficznych, czy obszaru całej Polski.

W Warszawie w latach 1780–2003 średnia roczna temperatura powietrza wzrosła o ok.  $1,3^{\circ}\text{C}$  i rosła w tempie  $0,55^{\circ}\text{C}$  na 100 lat. Do 1890 r. średnia roczna temperatura powietrza malała, a dopiero po tym czasie rozpoczęła wzrost. Silniejszy wzrost cechował średnią temperaturę stycznia, słabszy – lipca (Lorenc 2000). W przypadku serii doprowadzonej do 2012 roku, trend temperatury uzyskał wartość  $0,7^{\circ}\text{C}/100$  lat i wzrósł o  $0,12^{\circ}\text{C}$  w okresie 2000–2012 (KLIMADA). Inna analiza warunków termicznych w Warszawie, obejmująca 60-lecie 1951–2010 i zmiany termicznych dni charakterystycznych wskazywała na spadek liczby dni przymrozkowych, dni mroźnych ( $-10,0^{\circ}\text{C} \leq t_{\max} < 0,0^{\circ}\text{C}$ ) i bardzo mroźnych ( $-20,0^{\circ}\text{C} \leq t_{\max} < -10,0^{\circ}\text{C}$ ) razem o 3,6 dnia na 10 lat. Po 1990 roku notuje się także wyraźny wzrost częstości dni upalnych i bardzo ciepłych nocy: liczba dni gorących i upalnych wzrastała o 2,2 dnia na 10 lat, a nocy ciepłych i bardzo ciepłych o 2,4 dnia na 10 lat (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011; Twardosz, Kossowska-Cezak 2013; Kossowska-Cezak 2014).



Analiza dni termicznie charakterystycznych w Krakowie w latach 1901–2010 wykazywała w chłodnej połowie roku wysoce istotne statystyczne zmniejszenie liczby dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ) o 9 dni na 100 lat oraz spadek dni z bardzo dużymi zmianami średniej dobowej temperatury powietrza ( $\Delta t_{\text{sr}} > 6^{\circ}\text{C}$ ) o 4,9 dni na 100 lat. W cieplej połowie roku zaś wrastała liczba dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) o 9,7 na 100 lat i nocy gorących ( $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ), zwłaszcza w ostatnich latach (Piotrowicz 2007a, b; Matuszko, Piotrowicz 2012).

Analiza średniej temperatury powietrza w Lublinie wykazała, że w latach 1981–2010 była ona wyższa o  $0,8^{\circ}\text{C}$  w porównaniu z okresem 1951–1980. Największy wzrost temperatury wystąpił w styczniu, lutym i marcu odpowiednio:  $1,6^{\circ}\text{C}$ ,  $1,5^{\circ}\text{C}$  i  $1,5^{\circ}\text{C}$  (Kaszewski, Bilik 2015). W Łodzi w okresie 1904–2006 średnia roczna temperatura powietrza wahała się od  $5,5^{\circ}\text{C}$  w 1940 do  $9,6^{\circ}\text{C}$  1989 i 2000 roku (Podstawczyńska 2010).

W strefie polskiego wybrzeża w latach 1986–2007 w półroczu ciepłym spośród dni gorących i upalnych, tylko dni gorące wykazywały statystycznie istotny trend wzrostowy o 3–5 dni/10 lat. Z kolei analiza wartości temperatury minimalnej powietrza z lat 1956–2005 wykazała począwszy od 1988 r. jej bardzo wyraźny wzrost, zwłaszcza zimą i wczesną wiosną, a od 1997 r. także latem. Jesienią z kolei zaznaczyła się tendencja malejąca temperatury minimalnej (Kozłmiński, Michalska 2008, 2011). Autorzy także zauważają, że mimo postępującego wzrostu temperatury minimalnej należy spodziewać się także występowania w niektórych latach wartości anomalnie i ekstremalnie niskich.

Analiza temperatury średniej oraz częstości warunków skrajnych termicznie na 22 stacjach w latach 1951–2006, czyli obejmujących przełom wieków, wykazała synchroniczny przebieg zmian do zmian warunków termicznych w Europie Środkowej. Największy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza, i to zarówno w przypadku wartości średnich, jak i maksymalnych czy minimalnych, zaznaczył się w środkowej i zachodniej części kraju i wynosił  $1,0$ – $2,0^{\circ}\text{C}/56$  lat. Największy przyrost temperatury cechował wiosnę  $2,0$ – $2,5^{\circ}\text{C}/56$  lat, najmniejszy – jesień, kiedy tendencje zmian w wielu przypadkach nie przekraczały  $0,5^{\circ}\text{C}/56$  lat. W tym samym czasie notowano spadek liczby dni z temperaturą minimalną  $\leq 10$  centyla, na 14 stacjach był on istotny statystycznie i wyniósł od 12,8 dnia w Poznaniu do 2,8 dnia na Helu. Liczba dni z temperaturą maksymalną wyższą od wartości 90 centyla wykazywała tendencję rosnącą na wszystkich analizowanych stacjach, a na 12 z nich była istotna statystycznie i wynosiła od 11,7 w Zakopanem do 23,2 w Słubicach (Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013).

W tych samych latach, 1951–2005, inny zespół badaczy z Krakowa, ocenił m.in. częstość dni z ekstremalnymi wartościami temperatury powietrza, z  $t_{\max} > 30$  i  $35^{\circ}\text{C}$  i  $t_{\min} < -30^{\circ}\text{C}$  i badał ich związek z cyrkulacją atmosfery NAO. Istotną negatywną korelację odnotowano w przypadku dni z silnym mrozem, zaś jej brak w przypadku dni upalnych (Cebulak, Limanówka 2007).

Średnia obszarowa temperatura powietrza w latach 1951–2010, obliczona na podstawie 45 stacji synoptycznych położonych w 7 regionach geograficznych obrazowała wzrost średniej rocznej temperatury powietrza nieznacznie powyżej  $0,2^{\circ}\text{C}/10$  lat. Wiosną było to  $0,36^{\circ}\text{C}/10$  lat. Spośród miesięcy największy przyrost cechował luty –  $0,5^{\circ}\text{C}/10$  lat. W ostatnich latach badanego okresu zimą zaznaczyło się wyhamowanie lub nawet odwrócenie kierunku zmian temperatury. Wyraźne było przestrzenne zróżnicowanie notowanego



ocieplenia, które postępowało najszybciej w północnej części kraju (pobrzeża, pojezierza) i w Karpatach, a najwolniej na wyżynach i w Sudetach (Wójcik, Miętus 2014).

Trend średniej obszarowej temperatury powietrza dla całej Polski obliczony w nieco krótszym okresie (1973–2014) wyniósł także  $0,015^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ , jednak w lecie sięgnął  $0,043^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ , zaś zimą był ujemny, ale statystycznie nieistotny. Najsilniejszym trendem wzrostowym cechowała się średnia maksymalna temperatura latem –  $0,069^{\circ}\text{C}/\text{rok}$  oraz liczba dni gorących (Błażejczyk i in. 2015).

Bardzo gorące lata 1992 i 1994 w Polsce rozpoczęły zainteresowanie zjawiskiem fal upałów, które nasiliło się po słynnej fali upałów z 2003 r., która zebrała wielkie śmiertelne żniwo w Europie Zachodniej. Pierwsze opracowanie fal upałów w Warszawie w latach 1994–1995, a potem w 16 największych polskich miastach w okresie 1993–2002 i analizę ich wpływu na umieralność wykonała M. Kuchcik (2000, 2003, 2006a,b,c), także w ramach projektu NCN (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). Fal upałów wydzielonych na podstawie definicji z wykorzystaniem temperatury pozornej było w analizowanych miastach od 4 w Gdańsku do 10 w Szczecinie, a ich długość sięgała 21 dni w Gdańsku. Nieco więcej było fal upałów określonych jako 3 kolejne dni upalne (od 6 na wschodzie kraju po 11 w Warszawie), ale były one krótsze (maksymalnie 16 dni w Rzeszowie i Wrocławiu), zaś w Gdańsku ich nie odnotowano. Analiza fal upałów wyznaczonych tą samą metodą, na podstawie 95 i 90 centyla temperatury pozornej w kolejnym dziesięcioleciu 2002–2012 wykazała podobne wyniki: najmniej fal upałów wystąpiło w rejonach bioklimatycznych pojeziernym i świętokrzysko-małopolskim, ale najbardziej intensywne były w regionach południowo-wschodnim i świętokrzysko-małopolskim (Korzeniecki 2015).

Kolejne opracowanie fal upałów i zimna różnej długości w 19 miastach reprezentujących różne regiony bioklimatyczne dotyczyło okresu 1991–2000 w kontekście potencjału leczniczego Polski (Kuchcik i in. 2013). Najwięcej 3-dniowych fal upałów notowano w Polsce południowej (Kraków, Rzeszów, Katowice) i centralnej (Warszawa, Łódź), ale już 5-dniowych i dłuższych fal było najwięcej w Łodzi i Katowicach.

Analizę częstości i trendów ciągów dni gorących, upalnych oraz bardzo ciepłych nocy w latach 1951–2006 w 7 miastach w Polsce wykonała J. Wibig ze współautorami (2009a), zaś samodzielnie opracowała częstość i trendy (rosnące od kwietnia do sierpnia, malejące we wrześniu) okresów gorących wydzielonych na podstawie wartości 95 i 99 centyla temperatury maksymalnej (Wibig 2012). Odnotowano zwiększoną liczbę fal upałów w środkowej Polsce, w Łodzi i Kaliszu. Na Helu charakterystyczna była duża częstość bardzo ciepłych nocy i ich ciągów. Wzrost liczby dni gorących w tak długim okresie sięgał 2,1/10 lat w Poznaniu, zaś liczby dni upalnych 1,3 dnia/10 lat. Na Helu, w Kaliszu i Łodzi istotnie rosła liczba bardzo ciepłych nocy do 1 dnia/10 lat w Kaliszu (Wibig i in. 2009a).

Liczbę fal upałów i mrozów na 34 stacjach meteorologicznych w Polsce w latach 2000–2010 przedstawili A. Krzyżewska i S. Wereski (2011). Najwięcej przynajmniej 3-dniowych ciągów dni upalnych zanotowano w Opolu (15), Rzeszowie (14) i Tarnowie (13), ale także w Warszawie (13). Długie fale upałów, 11-dniowe wystąpiły w tym czasie na zachodzie Polski, w województwie lubuskim i dolnośląskim, a najdłuższa 13-dniowa w Opolu. Restrykcyjne

zdefiniowanie fali mrozów jako przynajmniej 3 kolejne dni bardzo mroźne spowodowało, że wydzielono ich niewiele. W regionie bioklimatycznym nadmorskim nie wystąpiły, niewiele ich było w części zachodnie regionu centralnego, najwięcej (4) na wschodzie kraju. Dokładną analizą fal upałów w Polsce południowo-wschodniej w latach 1981–2010 oraz w Lublinie w latach 1951–2010 zajęła się A. Krzyżewska (2015). Najwyższą temperaturę maksymalną powietrza odnotowano w 3-dniowej fali upałów z lipca 1963 r. (średnio 34,2°C), najdłuższa była 10-dniowa fala z przełomu lipca i sierpnia 1994 r., zaś najwyższą temperaturę minimalną odnotowano w fali upałów z lipca 2010 r. (średnio 21,2°C w ciągu 4 dni).

#### 4. ODDZIAŁYWANIE ŚRODOWISKA TERMICZNEGO NA CZŁOWIEKA W ŚWIETLE LITERATURY

Wśród elementów klimatu największy wpływ na organizm człowieka wywiera środowisko termiczne, na które składa się promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza oraz prędkość wiatru, a wymiana ciepła między organizmem a otoczeniem jest najważniejszym procesem fizjologicznym, od którego zależy prawidłowe funkcjonowanie organizmu.

Do utrzymania prawidłowej czynności organizmu niezbędna jest homeostaza, czyli stałość środowiska wewnętrznego organizmu, pomimo działania wielu czynników zewnętrznych i wewnętrznych ją zakłócających. Szacuje się, że organizm człowieka posiada około tysiąca systemów kontroli i regulacji fizjologicznych, a jego życie zależy od ich sprawności. Mechanizmy regulujące funkcje organizmu są ze sobą sprzężone, a w szczególności ośrodkowy układ nerwowy, układ wewnątrzwydzielniczy, układ odpornościowy i krwionośny. Celem regulacji jest przede wszystkim zachowanie objętości krwi, ruchu krwi, stałej temperatury ciała, normowanie wzrostu komórki itp. (Tromp 1963, 1980; Ziółko 2006; Arbuthnott i in. 2016).

Jednym z czynników decydujących o utrzymaniu homeostazy jest temperatura wewnętrzna organizmu – ściśle związana z ciepłem wytworzonym podczas zachodzących w komórkach reakcji metabolicznych i ciepłem oddawanym do otoczenia. Mechanizm regulujący temperaturę organizmu zwany jest termoregulacją. Utrzymanie temperatury wewnętrznej na stałym poziomie, około 37°C z dobowymi i sezonowymi wahaniami w zakresie  $\pm 2^\circ\text{C}$ , mimo znacznie większych wahań temperatury otoczenia, określono terminem homeotermia. Umożliwia ona prawidłowe funkcjonowanie tkanek i narządów mimo ciągłego narażania organizmu na działanie zmiennej temperatury otoczenia i różnej produkcji ciepła wewnętrznego, nawet w przypadkach niewielkich zaburzeń termoregulacji (Kozłowski 1986; McMichael, Kovats 2000; Jankowski 2002).

Istnieją dwa sposoby termoregulacji: termoregulacja fizjologiczna i związana z odpowiednim zachowaniem się człowieka zwana behawioralną. Działanie układu termoregulacyjnego polega na wywołaniu odruchowych reakcji organizmu na zimno i ciepło poprzez kontrolę natężenia przemian chemicznych na poziomie komórki, czyli produkcję ciepła wewnątrz organizmu, kontrolę stopnia termoizolacji skóry oraz ilości wydzielanego potu. Jeśli mechanizmy termoregulacji fizjologicznej nie wystarczają, wówczas pojawia się termoregulacja behawioralna, która polega na odpowiednim doborze stroju, ogrzewaniu czy ochładzaniu pomieszczeń oraz na unikaniu ekspozycji na szczególnie uciążliwe warunki termiczne (Rewerski i in. 1972; Błażejczyk 1993; Jankowski 2002; Koppe i in. 2004).

Gdy oba rodzaje termoregulacji są niewystarczające, a ilość wytwarzanego przez organizm ciepła jest większa niż jego utrata do otoczenia, temperatura wewnętrzna organizmu wzrasta, co nazywamy hipertermią (temperatura wewnętrzna  $>40,5\text{--}41^\circ\text{C}$ ). Z kolei gdy ilość ciepła rozpraszanego

przez organizm do otoczenia przewyższa ilość ciepła wytwarzanego, temperatura wewnętrzna organizmu obniża się, a stan taki nazywamy hipotermią (temperatura wewnętrzna  $<35^{\circ}\text{C}$ ) (Guyton, Hall 2006; Chesire 2016).

#### 4.1. ODDZIAŁYWANIE ŚRODOWISKA GORĄCEGO

Środowisko gorące w istotny sposób obciąża pracę układu krążenia. W celu ochrony organizmu przed przegrzaniem następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych, które prowadzi do wzrostu skórno-przepływu krwi, podwyższenia temperatury skóry, co w efekcie wzmaga aktywność gruczołów potowych. Wzrost prędkości krążenia krwi pociąga za sobą wzrost tętna, spadek ciśnienia tętniczego, wzrost objętości krwi. Następstwem tego może być znaczne osłabienie organizmu, bóle i zawroty głowy, mdłości, gorączka, zaburzenia świadomości, utrata przytomności, a w końcu zgon. Upały trwające kilka dni prowadzą do zmniejszenia ilości hemoglobiny, która przenosi tlen, wzrasta więc częstość oddechów, co prowadzi do hiperwentylacji płuc, zjawisko groźnego dla cierpiących na choroby układu oddechowego (Klonowicz, Kozłowski 1970; Grączewski 1972; Jankowiak 1976; Tromp 1980; Kenney 1998; Noe i in. 2012).

Wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem następuje poprzez: promieniowanie długofalowe, konwekcję (unoszenie), przewodzenie (w niewielkim stopniu) i parowanie wody. Główną drogą utraty ciepła z organizmu jest promieniowanie długofalowe, którego wielkość zależy od różnicy temperatury ciała i powietrza. Utrata ciepła przez przewodzenie i unoszenie jest możliwa, gdy temperatura otoczenia (powietrza, ale też np. wody) jest niższa niż temperatura skóry. Przed nadmierną kumulacją ciepła organizm broni się poprzez wydzielanie potu i wody (dyfuzja) z organizmu. Ilość ciepła, jaką organizm może stracić w procesie parowania potu i wody z powierzchni skóry zależy ściśle od prężności pary wodnej zawartej w atmosferze (stan nasycenia powietrza parą wodną uniemożliwia wydalanie ciepła tą drogą) oraz prędkości ruchu powietrza, czynnika przyspieszającego parowanie. Wskutek parowania z powierzchni skóry dochodzi do obniżenia jej temperatury, wzrostu różnicy temperatury między wnętrzem organizmu a skórą, czyli stymulacji dalszego przepływu ciepła z głębi ku zewnętrznym częściom ciała. Na odparowanie 1 grama wody z powierzchni skóry zużywane jest około  $0,386 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  ciepła (Clark, Edholm 1985). Maksymalne wydzielanie potu u osoby zaaklimatyzowanej wynosi około 1–2 l/godz., ale w okresie aklimatyzacji do szczególnie gorących warunków pocenie może wynosić nawet 4 l/godz. Dobowa maksymalna ilość potu może wynosić 8–10 l. Pocenie tylko wówczas powoduje utratę ciepła, gdy następuje parowanie wody z powierzchni skóry (Alber-Wallerström, Holmér 1985; Kozłowski 1986; Krawczyk 1993, 2003; Kenney 1998; Kenney, Munce 2003; Błażejczyk, Szyguła 2004; Chesire 2016).

Niestety wysokiej temperaturze powietrza często towarzyszy wzrost ciśnienia pary wodnej, który wywołuje uczucie parności i utrudnia parowanie potu. Takie warunki u osób z chorobami układu krążenia prowadzą do podwyższenia ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi (Biernacki i in. 1966; Grzędziński i in. 1969; Chesire 2016). Duży dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego także powoduje wzrost ciśnienia krwi (Kilbourne i in. 1982; Błażejczyk 1998; Skrobowski 1998).

Praca układu termoregulacyjnego w zdrowym organizmie zasadniczo przebiega podobnie, aczkolwiek oczywiste są różnice między ludźmi o różnej rasie, płci, wadze, wytrenowaniu itd. Osoby wysportowane zaczynają się pocić przy niższej temperaturze. Dodatkowo mężczyźni znacznie efektywniej oddają ciepła do otoczenia w procesie pocenia się – pocą się mocniej i przy niższej temperaturze. Gruczoły potowe kobiet uaktywniają się przy wyższej niż u mężczyzn temperaturze skóry, co może prowadzić do większej podatności kobiet na przegrzewanie się w warunkach silnego stresu ciepła (Ichinose-Kuwahara i in. 2010; Chesire 2016). Najmniej potu wydzielają kobiety nieuprawiające sportów, zwłaszcza w czasie menstruacji, gdy temperatura ich ciała jest podwyższona oraz kobiety w starszym wieku. Pewne badania wskazują na wpływ menopauzy na upośledzenie procesów termoregulacyjnych u kobiet (Hajat i in. 2007; Rey i in. 2009). Większa wrażliwość na skrajne ciepło osób starszych wynika ze zmniejszenia wydolności gruczołów potowych, mniejszego przepływu skórnej krwi, czy gorszej redystrybucji krwi w organizmie, ale też z przewlekłych chorób oraz, w dużej mierze, z braku aktywności fizycznej (Kenney, Munce 2003).

#### 4.2. ODDZIAŁYWANIE ŚRODOWISKA ZIMNEGO

W środowisku zimnym pierwszą reakcją układu termoregulacyjnego jest zmniejszenie przekroju skórnych naczyń krwionośnych, co powoduje zmniejszenie przepływu krwi w tkance podskórnej, spadek temperatury skóry, więc także różnicy temperatury pomiędzy człowiekiem a chłodnym otoczeniem, a tym samym zmniejsza straty ciepła. Wraz ze spadkiem temperatury otoczenia dochodzi do zmian w białkach surowicy krwi, co w efekcie prowadzi do spadku odporności na zakażenia, np. wirusem grypy (LeBlanc 1987; Pozos, Danzl 2002). W sytuacji kiedy powyższy mechanizm okaże się niewystarczający zostają uruchomione mechanizmy powodujące zwiększenie wytwarzania ciepła określane jako termogeneza: drżeniowa i bezdrżeniowa. Pierwsza prowadzi do drżenia mięśni szkieletowych całego ciała, a organizm wytwarza 4–5 razy więcej ciepła niż normalnie, jest zatem dosyć efektywna pod warunkiem, że niekorzystny bodziec jest krótkotrwały. Termogeneza drżeniowa wymaga niestety zwiększenia dopływu krwi do mięśni szkieletowych, zwiększając w ten sposób utratę ciepła z wnętrza organizmu. Termogeneza bezdrżeniowa polega na pobudzeniu metabolizmu komórkowego do większej o 10–15% produkcji ciepła (Kaciuba-Uscilko, Greenleaf 1989; Jankowski 2002; Guyton, Hall 2006).

W ochronie przed wpływem zimna ważne są także świadome reakcje ludzi: wzmożona ruchliwość, kulenie się, zmniejszające proporcję powierzchni do masy ciała, zwiększenie izolacyjności odzieży. Gdy jednak ustrój człowieka traci więcej ciepła niż jest w stanie wyprodukować dochodzi do uszkodzenia tkanek, sztywności mięśni, zmniejszenia objętości oddechowej, niewydolności serca, zamroczenia, migotania komór serca, w końcu śmierci (Grączewski 1972; Jankowiak 1976; Kozłowski 1986; Jankowski 2002; Pozos, Danzl 2002).

Ogólnie w okresie zimowym wzrasta ciśnienie tętnicze krwi, łamliwość naczyń włosowatych, lepkość krwi, a więc prawdopodobieństwo zakrzepów i zawałów (Wójtowicz, Dzierżyński 1962; Leszczyński 1970, 1973). Negatywne oddziaływanie wiatru na organizm polega na wysuszeniu błon śluzowych,

utrudnianiu oddychania, zwiększeniu wymiany ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem, szybkim ochładzaniu organizmu i związanych z nim częstszych przeziębieni (LeBlanc i in. 1976).

Wskutek reakcji termoreceptorów skórnych na zimno dochodzi w organizmie do wielu zmian hematologicznych, które mogą stać się przyczyną miażdżycy naczyń krwionośnych i prowadzić do arytmii serca, niewydolności krążenia i zawałów. Najbardziej niebezpieczne dla organizmu są jednak duże, nagłe spadki temperatury powietrza, które powodują zwiększenie lepkości krwi i skłonności do tworzenia skrzepów, i mogą stać się przyczyną nagłych zgonów, zwłaszcza wśród osób starszych, z chorobami tętnic czy z chorobą niedokrwinną serca. Samo oddychanie zimnym powietrzem okazuje się być dużo mniej szkodliwe, chociaż wszelkie infekcje górnych dróg oddechowych mogą także zwiększać ryzyko powstawania skrzepów (Vuori 1987; Donaldson, Keatinge 1997; Jankowski 2002; Keatinge 2002).

Niedożywienie, alkohol, wysiłek fizyczny, zwłaszcza nadmierny i przedłużony zwiększają wrażliwość organizmu na wychłodzenie. Wytwarzania ciepła przez organizm wymaga organicznych związków chemicznych, dlatego osoby wyniszczone są szczególnie podatne na śmierć z wychłodzenia. Powszechnie uważa się, że alkohol, rozszerzając naczynia krwionośne w skórze zwiększa w nich przepływ krwi i sprzyja utracie ciepła do otoczenia (Jankowski 2002). Jednak coraz więcej doniesień wskazuje na inny, silniejszy mechanizm oddziaływania alkoholu – hipoglikemia wzbudzona po spożyciu alkoholu osłabia termogenezę drżeniową, a tym samym prowadzi do spadku temperatury wewnętrznej organizmu w większym stopniu niż rozszerzenie naczyń krwionośnych (Freund i in. 1994). Inne badania wskazują bardziej upośledzenie centralnego układu nerwowego i jego wpływ na nierealne odczucie ciepła (Yoda i in. 2008). Uspakajające i nasenne działanie alkoholu na ośrodkowy układ nerwowy powoduje senność oraz obniżenie samokontroli, co jest dodatkowym czynnikiem sprzyjającym śmiertelnemu wychłodzeniu (Jankowski 2002).

Naturalne mechanizmy obronne w warunkach zimna wśród osób starszych są także słabsze w porównaniu z osobami młodymi – osłabiona jest redukcja przekroju peryferyjnych naczyń krwionośnych, zmniejszona zarówno mięśniowa, jak i metaboliczna produkcja ciepła, ale też upośledzone mechanizmy termoregulacji (Wagner i in. 1974; Kenney, Munce 2003). Różnica w reakcji organizmu na zimno jest także widoczna między kobietami i mężczyznami. Badania wykazały, że organizm kobiety w warunkach zimna dłużej zachowuje wysoką temperaturę wewnętrzną ciała niż organizm mężczyzny oraz, że zdolność do wolniejszego wychładzania z wiekiem u kobiet praktycznie nie maleje. Związane jest to w dużej mierze z większym udziałem tkanki tłuszczowej u kobiet oraz z mniejszą powierzchnią ciała, na której dochodzi do wymiany ciepła z otoczeniem (LeBlanc i in. 1978; Wagner, Horvath 1985; Young i in. 1996; Kenney, Munce 2003).

Niedokrwienie pewnej okolicy ciała (np. nóg) może spowodować odruchowy skurcz naczyń krwionośnych w innej części ciała i jego niedokrwienie (np. w tchawicy). Kolejnym następstwem tego chwilowego spadku odporności organizmu może być uaktywnienie się bytujących w nim bakterii, co z kolei może prowadzić do zaostrzenia wielu stanów chorobowych, a nawet w konsekwencji prowadzić do zgonu (Łobożewicz 1985).



### 4.3. WPŁYW WARUNKÓW TERMICZNYCH NA UMIERALNOŚĆ

Badania dotyczące związku zachorowalności i umieralności z warunkami pogodowymi prowadzone są zarówno przez lekarzy i epidemiologów, jak i klimatologów. Statystyki zachorowalności są znacznie trudniej dostępne i rzadziej prowadzone niż wymagane przez prawo statystyki umieralności. Dlatego to właśnie te ostatnie, także jako w pewien sposób definitywne, którym łatwo przypisać datę zgonu są najczęściej brane pod uwagę w badaniach wpływu pogody na człowieka. W większości typowych prac epidemiologicznych analizowane są szeregi czasowe, w których umieralność jest przedstawiona szczegółowo, z podziałem na przyczynę zgonu, wiek, płeć, sytuację socjalną i rasę, zaś pogoda i klimat sporządzone są jedynie do pojedynczych elementów meteorologicznych, zazwyczaj temperatury powietrza, która ma bezdyskusyjnie największy wśród elementów meteorologicznych wpływ na organizm (Kunst i in. 1993; Sartor i in. 1995; Chestnut i in. 1998; Eng, Mercer 2000; Åström i in. 2013; Davis i in. 2016 i wiele innych). Znacznie, rzadziej uwzględnia się inne elementy meteorologiczne (Saez i in. 1995; Gemmell i in. 2000; Keatinge, Donaldson 2001; Braga i in. 2002; Diaz i in. 2002; Hajat i in. 2002; Pattenden i in. 2003; Saha i in. 2013).

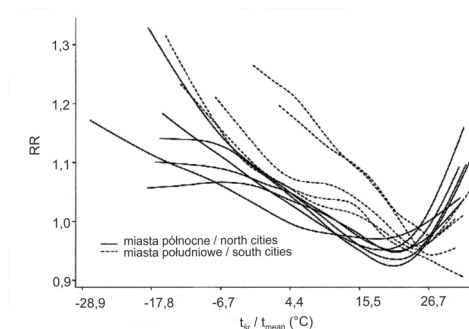
W pracach klimatologów prowadzonych we współpracy z epidemiologami lub statystykami medycznymi wykorzystywane są, oprócz temperatury powietrza, wskaźniki biometeorologiczne (Kunst i in. 1993; Kuchcik, Błażejczyk 2001; Laschewski, Jendritzky 2002; Davis i in. 2003; O'Neill i in. 2003; Błażejczyk, McGregor 2007; Zanobetti, Schwartz 2008; Idzikowska 2011; Błażejczyk i in. 2012; Isaksen i in. 2016), rodzaje mas powietrza (Kalkstein 1991; McGregor 1999; McGregor i in. 1999; Kyselý, Huth 2004; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004), w tym wyznaczone metodą Przestrzennej Klasyfikacji Synoptycznej (*Spatial Synoptic Classification – SSC*) (Kalkstein i in. 1996a; Smoyer-Tomic, Rainham 2001; Kalkstein 2004; Sheridan i in. 2009; Hajat i in. 2010; Green i in. 2016). Znacznie rzadziej wykorzystuje się typy cyrkulacji atmosferycznej (Kveton 1991; Żarnowiecki 1998; Kassomenos i in. 2001; McGregor 2001). Nieliczna grupa prac dotyczy także wpływu aktywności słonecznej na człowieka, w tym przede wszystkim wpływu rozbłysków słonecznych i burz geomagnetycznych na umieralność (Bogucki, Kielczewski 1968; Streštitk, Sitar 1996; Villorresi i in. 1998; Gordon, Berk 2003).

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu warunków termicznych na umieralność w Polsce, dlatego też w analizie uwzględniona jest temperatura powietrza oraz wskaźniki biometeorologiczne oparte na bilansie cieplnym człowieka, uwzględniające różne elementy meteorologiczne. W związku z tym także przegląd piśmiennictwa dotyczy szczególnie wpływu środowiska termicznego na umieralność.

Negatywne oddziaływanie na człowieka wykazują przede wszystkim skrajne warunki termiczne, pojawiające się rzadko, do których organizm nie jest zaadaptowany, np. bardzo wysoka lub bardzo niska temperatura powietrza utrzymująca się przez dłuższy czas, czyli fale upałów i zimna. Poświęcone jest im wiele prac i projektów, a ich przegląd znajduje się w podrozdziale 4.3.1.

W Polsce badania wpływu warunków pogodowych na umieralność podejmowano już w XIX w., wskazując na pewne optimum termiczne (w Krakowie był to wtedy stan „ciepłoty” 12–14°C), powyżej lub poniżej którego umieralność rosła (Majer 1845).

W klimacie szerokości umiarkowanych za sprzyjający organizmowi człowieka przyjęto początkowo szeroki zakres dni z temperaturą minimalną powyżej  $-10^{\circ}\text{C}$  i temperaturą maksymalną poniżej  $25$  (Bull, Morton 1978). E. Rogot i S. Padgett w 1976 r. zasugerowali uniwersalny w szerokościach umiarkowanych przedział średniej dobowej temperatury powietrza od  $15,6^{\circ}\text{C}$  do  $26,6^{\circ}\text{C}$ , w którym układ sercowo-naczyniowy pracuje najlepiej (za Auliciems, Skinner 1989). Liczne studia wykazały, że wartość temperatury powietrza, przy której notowana jest najniższa umieralność jest inna nie tylko w różnych strefach klimatycznych, ale też w różnych regionach czy w poszczególnych miejscowościach. Zależność między temperaturą powietrza a umieralnością przybiera graficzną postać szerokiej litery U (Londyn, Madryt, Rzym, Sydney, Warszawa), ale często też pochylonej litery J, z łagodnie pochyloną, długą częścią w warunkach niskiej temperatury powietrza i stromą, aczkolwiek znacznie krótszą częścią w warunkach wysokiej temperatury powietrza (Nowy Jork, Pekin, Seul, Tokio) (ryc. 3, 4). W krajach wysoko rozwiniętych o chłodnym klimacie (Kanada, Szwecja) wzrost umieralności w warunkach ujemnej temperatury powietrza jest niewielki, a umieralność rośnie wyraźniej tylko przy wysokiej temperaturze powietrza. Ogólnie wzrost umieralności towarzyszący wysokiej temperaturze powietrza jest szybszy i bardziej stromy niż w niskiej temperaturze, jednak średnia liczba dni po „chłodnej stronie” jest znacznie większa niż liczba dni gorących, co w efekcie daje w roku więcej zgonów związanych ze stresem zimna niż ze stresem gorąca (Curriero i in. 2002; Kuchcik 2003; Kozłowska-Szczęśna i in. 2004; Błażejczyk, McGregor 2007; Baccini i in. 2008; Anderson, Bell 2011; Kuchcik, Degórski 2009; Gasparrini i in. 2015b).



Ryc. 3. Ryzyko względne zgonu (RR) w zależności od średniej dobowej temperatury powietrza ( $t_{\text{sr}}$ ) w 11 miastach Stanów Zjednoczonych w latach 1973–1994

Fig. 3. Relative risk of death (RR) and mean daily air temperature ( $t_{\text{mean}}$ ) in 11 US cities, 1973–1994

Źródło / Source: Curriero i in. 2002

Różny kształt krzywych zależności umieralności od warunków termicznych w różnych miastach świadczy o adaptacji do klimatu miejsca zamieszkania. Adaptacja jest najwyraźniejsza gdy porównuje się umieralność zależną od temperatury powietrza w różnych strefach klimatycznych, ale jest też widoczna w badaniach uwzględniających wiele miast w jednym kraju. Dlatego też w nowszych badaniach wpływu fal upałów i zimna na zgony częściej wykorzystuje się definicje oparte na centylach wartości temperatury powietrza niż



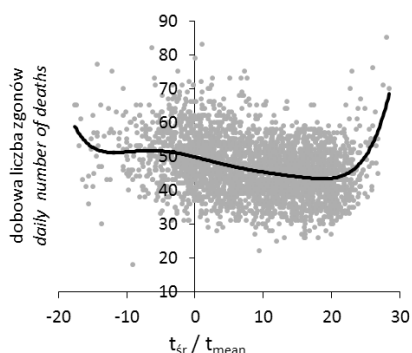
na założonych a priori progach (Schifano i in. 2012; Saha i in. 2014; Bobb i in. 2014; Gasparrini i in. 2015b; Nordio i in. 2015; Zhang i in. 2016).

Fakt adaptacji organizmu do warunków zamieszkania i reagowania na opresyjne warunki termiczne przy różnych ich wartościach znajduje potwierdzenie także w różnym przedziale optimum termicznego. Optimum termiczne, wyznaczone na podstawie średniej temperatury powietrza odpowiadającej najniższej umieralności wynosi w Holandii 16,5°C (Kunst i in. 1993), w Polsce w zależności od miejsca 16,5–20°C (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik 2006b), we Francji w zależności od miasta 14,8–23,6°C (Laaidi i in. 2006), w Czechach 20°C (Kyselý, Huth 2004), w Rzymie 23,5°C (Michelozzi i in. 2000), średnio w Europie 18°C (Eurowinter Group 1997).

Potwierdzeniem powyższych wniosków są wyniki projektu PHEWE (*Assessment and Prevention of Acute Health Effects of Weather Conditions in Europe*), w którym badano umieralność wśród osób powyżej 75 r.ż. w 15 miastach w Europie w latach 1990–2000. Określono względny przyrost liczby zgonów, jaki następuje przy wzroście temperatury pozornej (AT, uwzględnionej też w niniejszym opracowaniu) o 1°C powyżej poziomu granicznego. W aglomeracjach położonych w środkowej i północnej Europie wzrost umieralności powyżej 23,3°C temperatury pozornej (22,5–24,0°C) wyniósł 1,8%, a w obszarze śródziemnomorskim wzrost umieralności powyżej 29,4°C (25,7–32,4°C) wyniósł 3,1% (Baccini i in. 2008). W miastach położonych w warunkach zbliżonych do polskich, progi maksymalnej temperatury pozornej, powyżej których notowano istotny wzrost ryzyka względnego zgonów wynosiły: w Budapeszcie 22,8°C, w Pradze 22,0°C i w Sztokholmie 21,7°C, a wzrost umieralności na każdy 1°C AT powyżej progu wyniósł odpowiednio: 1,7%, 1,9% i 1,2% (Michelozzi i in. 2007; Baccini i in. 2008; Menne, Matthies 2009).

Jednakże o ile możliwe jest określenie progów temperatury określających stres gorąca, powyżej których umieralność zawsze wzrasta (Katsouyanni i in. 1993; Sartor i in. 1995), o tyle trudno jest wyznaczyć podobne progowe wartości dla niskiej temperatury powietrza, gdyż badania potwierdzają raczej liniowy wzrost liczby zgonów wraz z obniżaniem się temperatury powietrza, a jeśli niezupełnie liniowy to znacznie łagodniejszy niż w przypadku umieralności przy wysokiej temperaturze powietrza (Łaschewski, Jendritzky 2002; Gasparrini 2015b; Rabczenko i in. 2015). Oszacowano, że średnio w Europie na każdy 1°C poniżej 18°C umieralność wzrasta o około 1–1,5%, przy czym w Europie północnej wynosi 0,3% (Finlandia), a w południowej 2,2% (Grecja) (Eurowinter Group 1997). Badania, porównujące umieralność w Londynie i Sofii wskazują na wzrost liczby zgonów o 1,9% na każdy stopień powyżej 95 centyla średniej dwudniowej temperatury powietrza w Londynie i o 3,5% w Sofii (Pattenden i in. 2003).

W Polsce przedział temperatury powietrza, w którym notowana jest najmniejsza liczba zgonów zmienia się w zależności od warunków klimatycznych danego miejsca. W cechującym się ostrym klimatem Białymstoku, gdzie średnia roczna temperatura powietrza z lat 1993–2002 wynosiła 7,4°C, najniższą umieralność obserwowano przy średniej dobowej temperaturze powietrza 16,5–17,5°C oraz przy temperaturze maksymalnej powietrza 21,5–22,5°C. W Warszawie, położonej w centralnej Polsce, gdzie średnia temperatura powietrza z wielolecia wynosi 8,4°C przedziały te to odpowiednio: 19–20°C i 23–24°C (tab. 4; ryc. 4).



Ryc. 4. Dobowa liczba zgonów ogółem a średnia dobowa temperatura powietrza ( $t_{sr}$ ), w Warszawie w latach 1993–1996 i 1999–2002

Fig. 4. Daily number of all deaths and mean daily air temperature ( $t_{mean}$ ) in Warsaw, 1993–1996 and 1999–2002

Źródło / Source: Kuchcik, Degórski (2009)

W Polsce przedział średniej dobowej temperatury, poniżej i powyżej którego obserwuje się wzrost liczby zgonów waha się pomiędzy 16,5°C a 20°C.

Tabela 4. Przedział średniej dobowej ( $t_{sr}$ ) oraz maksymalnej temperatury powietrza ( $t_{max}$ ) odpowiadający najniższej liczbie zgonów ogółem w wybranych miastach polskich. Lata 1993–1996 oraz 1999–2002

Miasto	$t_{sr}$ [°C]	$t_{max}$ [°C]
Białystok	16,5–17,5	21,5–22,5
Gdańsk	17,5–19,5	-
Kraków	17,5–18,5	22,5–24,5
Lublin	16,5–17,5	21,5–22,5
Poznań	17,5–18,5	23,0–24,0
Warszawa	19,0–20,0	23,0–24,0
Wrocław	18,0–19,0	23,0–24,0

dane wcześniej niepublikowane

Analiza zgonów z powodu chorób układu krążenia w 6 największych miastach Polski w powiązaniu z temperaturą maksymalną powietrza w latach 1999–2006 wykazała jedynie dodatnią zależność w grupie osób powyżej 70 r.ż.. Wraz ze wzrostem temperatury maksymalnej o 1°C ryzyko zgonu wzrastało od 0,9% do 1,5% (Rabczenko i in. 2009).

W kolejnych badaniach polskich dotyczących Polski do oceny warunków termicznych wykorzystano wskaźniki biometeorologiczne, które w sposób kompleksowy opisują środowisko termiczne: temperaturę efektywną (TE), która łączy w sobie temperaturę, wilgotność powietrza i prędkość wiatru oraz stres termofizjologiczny (PhS), oparty na bilansie cieplnym człowieka (Błażejczyk 2004; Kozłowska-Szczęśna i in. 2004). W większości miast widoczny był większy wzrost umieralności w skrajnie gorących typach odczucia termicznego niż w skrajnie zimnych. W dniach z odczuciem termicznym „bardzo gorąco” oraz

„skrajnie gorąco”, w każdym mieście obserwowano wzrost liczby zgonów (często istotny statystycznie) sięgający 18% w Warszawie, 26% w Krakowie i aż 31% w Poznaniu. Na terenach o ostrzejszym klimacie, leżących na wschodzie kraju, istotny statystycznie wzrost liczby zgonów ogółem notowano w dniach bardzo mroźnych: o 10% w Białymstoku i 11% w Lublinie (tab. 5).

Tabela 5. Zmiana ryzyka względnego zgonów ogółem wśród osób powyżej 65 r.ż. w skrajnych typach odczucia według temperatury efektywnej (TE) i stresu termofizjologicznego (PhS) w wybranych miastach polskich. Lata 1993–1996 i 1999–2002

	Odczucie termiczne wg TE			Stres termiczny wg PhS		
	BG	G	BZ	ExG	G	Z
Białystok	+10	+7	+10	+12	+4	+8
Gdańsk	+7	+3	0	+9	-7	+4
Kraków	+10	-3	+7	+26	+9	+4
Lublin	+8	+5	+11	+12	+8	+8
Poznań	+27	+11	0	+31	+5	+4
Warszawa	+10	+2	+3	+18	+3	+2
Wrocław	+18	+3	-2	+20	+4	+3

BG – bardzo gorąco, G – gorąco, BZ – bardzo zimno, ExG – duże natężenie stresu gorąca, G – znaczne natężenie stresu gorąca, Z – znaczne natężenie stresu zimna.

Wartości **pogrubione** – istotne statycznie na poziomie 0,05.

Średnio w Polsce najwyższy wzrost ryzyka zgonu towarzyszył dużemu stresowi gorąca (wg PhS) i wynosił dla zgonów z ogółu przyczyn 23% w stosunku do warunków termoneutralnych i 24% dla zgonów z powodu chorób układu krążenia. Wzrost ryzyka zgonu (wg TE) w dniach z odczuciem termicznym „bardzo gorąco” wynosił odpowiednio 11% i 10%. Wzrost liczby zgonów w dniach ze znacznym stresem zimna wyniósł około 3,5%. W warunkach zbliżonych do termoneutralnych (ciepło, chłodno) liczba zgonów była podobna do notowanej w warunkach komfortu termicznego (Kozłowska-Szczęśna i in. 2004).

Analiza tych samych danych w odniesieniu do wskaźnika UTCI wykazała w Warszawie 17%-owy wzrost ryzyka zgonu z ogółu przyczyn (w stosunku do sytuacji termicznie neutralnej) zarówno w sytuacji silnego stresu ciepła, jak i zimna, blisko 32% wzrost ryzyka w warunkach bardzo silnego stresu zimna i aż 54% wzrost przy bardzo silnym stresie ciepła (Błażejczyk i in. 2015).

#### UMIERALNOŚĆ W WYBRANYCH OKRESACH GORĄCYCH I ZIMNYCH

Negatywne oddziaływanie na człowieka skrajnych warunków termicznych nabiera znaczenia w świetle notowanego w ostatnich dziesięcioleciach wyraźnego ocieplenia klimatu. Najczęściej opisywanym skutkiem zmian klimatu jest wzrost częstotliwości i natężenia ekstremalnych zjawisk pogodowych, w szczególności cyklonów tropikalnych, huraganów i tornad, ale także długich okresów szczególnie wysokiej lub niskiej temperatury powietrza, nazywanych zazwyczaj w literaturze falami upałów i zimna, niezależnie od metody ich wydzielenia.

W opisach konkretnych przypadków fal upałów i zimna i ich wpływu na zdrowie ludzi nie ma potrzeby definiowania tych okresów, opisuje się jedynie czas, kiedy temperatura powietrza była szczególnie wysoka lub niska, podaje

się jej rekordowe wartości i negatywny efekt w postaci liczby zgonów lub zachorowań. W większości prac z zakresu bioklimatologii okres gorący czy mroźny wyznacza się a posteriori, na konkretnym opisywanym przypadku. Jednak przy próbie szerszych badań bioklimatologicznych, epidemiologicznych czy porównawczych, konieczna staje się definicja a priori, wydzielająca te okresy z roku. Czymś innym jest oficjalna meteorologiczna czy biometeorologiczna definicja okresu gorącego i zimnego, zakładająca kilkudniowe utrzymywanie się danych warunków, a czymś innym wartość temperatury powietrza, przy której ogłasza się alarmy ostrzegawcze przed pogodą upalną lub mroźną w niektórych krajach, gdyż taka pogoda może trwać tylko 1 dzień (Koppe i in. 2004; McGregor i in. 2015).

Zatem fale upałów, mimo że występują prawie na całym świecie nie doczekały się spójnej, powszechnej definicji i są różnie określane w różnych krajach (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). W *Słowniku Meteorologicznym* znajdujemy następującą definicję fali upałów: *kilkudniowy lub kilkutygodniowy okres, przedzielony okresami chłodniejszymi, w którym temperatura maksymalna powietrza przekracza 30°C* (Niedźwiedz, red. 2003). Światowa Organizacja Meteorologiczna definiuje fale upałów jako przynajmniej 5 dni ze średnią  $t_{\max}$  przewyższającą o min. 5°C średnią  $t_{\max}$  dla tego okresu z lat 1961–1990.

Poniżej zestawiono przykłady definiowania okresów gorących i zimnych, oparte na:

- z góry założonych progach temperatury powietrza,
- wartościach centyli temperatury powietrza, czyli zależnych w większym stopniu od klimatu danego miejsca,
- wartościach wskaźników biometeorologicznych (tab. 6).

Celowo pominięto synoptyczne metody określania okresów gorących, wykorzystywane poza Polską w systemach ostrzegania przed falami upałów, których nie uwzględniano w niniejszej pracy, a które dokładnie omówione zostały w wielu innych opracowaniach (Kalkstein, Corrigan 1986; Kalkstein 1991; Kalkstein i in. 1996a; Sheridan 2002, Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik 2006a; Vaneckova i in. 2008; Hajat i in. 2010).

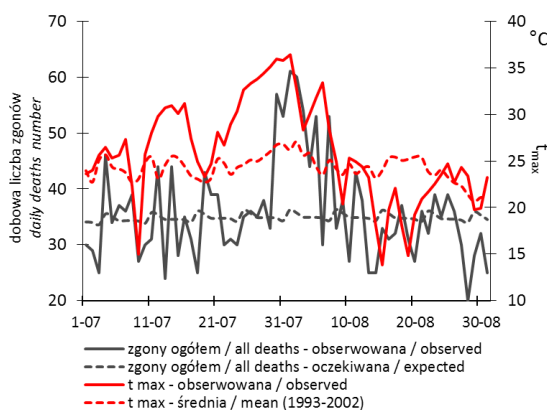
Tabela 6. Przykłady różnego definiowania fal upałów i zimna

Kraj	Kryterium termiczne	Źródło
FALE UPAŁÓW – temperatura powietrza		
Polska	$t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ – kilka kolejnych dni	Niedźwiedz red. 2003
Czechy	$t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ – 3 dni	Kyselý 2004
Niemcy	$t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ – 3 dni	DWD, Niemiecka Służba Pogody
Holandia, Belgia, Luksemburg	co najmniej 5 dni z $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ , w tym co najmniej 3 dni $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$	Huynen i in. 2001
Wielka Brytania	3°C ponad średnią z danego okresu – 5 kolejnych dni	www.metoffice.gov.uk
Estonia	co najmniej 5 dni ze średnią $t_{\max} \geq 5^{\circ}\text{C}$ od oczekiwanej dla danego okresu średniej $t_{\max}$ z 1961–1990	Keevallik, Vint 2015

USA	co najmniej 3 dni z $t_{\max} \geq 30,6^{\circ}\text{C}$ ( $90^{\circ}\text{F}$ )	1900 r. Amerykańskie Towarzystwo Meteorologiczne
USA (Chicago)	co najmniej 3 dni z $t_{\min} > 24^{\circ}\text{C}$ i $t_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$	Changnon i in. 1997
Grecja	co najmniej 3 dni z $t_{\max} > 38^{\circ}\text{C}$	Koppe i in. 2004
OKRESY GORĄCE – wskaźniki biometeorologiczne		
Polska	co najmniej 6 dni z $AT > 95$ centyla, rozpoczynający się wzrostem $\geq 2^{\circ}\text{C}$ w stosunku do dnia poprzedniego. W przerwach 1-dniowych $AT > 90$ centyla	Kuchcik 2006a
Włochy	co najmniej 6 dni z $AT > 90$ centyla rocznego rozpoczynający się wzrostem $\geq 2^{\circ}\text{C}$ w stosunku do dnia poprzedniego	Michelozzi i in. 2004
USA	w zależności od miejsca, co najmniej 2 dni Heat Index $_{\min} > 26,7^{\circ}\text{C}$ i Heat Index $_{\max} > 40,6^{\circ}\text{C}$	Robinson 2001
Kanada (Toronto)	co najmniej 3 dni z $t_{\max} > 32^{\circ}\text{C}$	Meteorologiczna Służba Kanady, Smoyer 1998
FALE ZIMNA – temperatura powietrza		
Polska	co najmniej 6 dni z $t_{\min}$ i $t_{\text{sr}} < 5$ centyla rozpoczynający się spadkiem $t_{\min} \geq 2^{\circ}\text{C}$ w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach 1-dniowych wartość $t_{\min}$ i $t_{\text{sr}} < 10$ centyla (fale chłodu)	Kuchcik 2006a
Holandia	co najmniej 9 dni z $t_{\min} < -5^{\circ}\text{C}$ , z czego 6 dni z $t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$	Huynen i in. 2001
Estonia	co najmniej 3 dni z $t_{\min} < -30^{\circ}\text{C}$	Keevallik, Vint 2015

Pierwsze opisane w literaturze fale upałów i towarzyszący im wzrost umieralności miały miejsce w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. W Saint Louis w 1936 r. większość zgonów w czasie fali upałów dotyczyła osób w wieku 40–80 lat, zaś w 1966 r. – grupy wiekowej 60–90 lat, z czego 74% tej populacji stanowiły osoby żyjące samotnie. W Nowym Jorku w 1948 r. w ciągu 7 dni pod koniec sierpnia, kiedy temperatura maksymalna osiągnęła  $38,3^{\circ}\text{C}$ , zanotowano ponad 100% wzrostu umieralności w stosunku do oczekiwanej (Ellis, Nelson 1978).

Warunki termiczne stanowią silny bodziec zazwyczaj w grupie osób starszych, powyżej 65 r.ż., w tym szczególnie powyżej 75 r.ż. (Ellis, Nelson 1978; Hsia, Lu 1988; Mannino, Washburn 1989; Rabczenko i in. 2009). W ostatnich latach wraz z wydłużaniem trwania życia w coraz większej liczbie prac bierze się pod uwagę wyższy próg wieku i wskazuje, że najbardziej wrażliwe na skrajne warunki termiczne są osoby powyżej 85 r.ż. (D'Ippoliti i in. 2010; Isaksen i in. 2016; Qiu i in. 2016). Czynnikiem zwiększającym ryzyko śmierci z powodu narażenia na falę upałów są oprócz wieku m.in.: przewlekłe choroby układu krążenia, naczyń mózgowych, układu oddechowego, cukrzyca, otyłość, choroby psychiczne (Curriero i in. 2002; Argaud i in. 2007; Sugg i in. 2016).



Ryc. 5. Dobowa liczba zgonów z ogółu przyczyn oraz temperatura maksymalna powietrza ( $t_{\max}$ ) w Warszawie od 1 lipca do 31 sierpnia 1994 r. (fale upałów: 10–17.07 i 23.07–7.08)

Fig. 5. Daily deaths number and maximum air temperature ( $t_{\max}$ ) in Warsaw from 1 of July to 31 of August 1994 (heat waves: 10–17.07 and 23.07–7.08)

Źródło / Source: Kuchcik 2006b

Począwszy od lat 1980. fale upałów zaczęły być coraz częściej notowane w Europie i stały się przedmiotem licznych opracowań (Robinson 2001). Latem 1994 roku silne upały dotknęły Europę Środkową i kraje Beneluksu. W Warszawie w dniach 25 lipca–7 sierpnia, w czasie 14-dniowej fali upałów, najwyższa temperatura maksymalna wyniosła 36,4°C. Liczba zgonów z ogółu przyczyn pośród osób powyżej 65 r.ż. wzrosła w Warszawie o 33% a z powodu chorób układu krążenia o 37% (ryc. 5). We Wrocławiu wzrost umieralności wyniósł odpowiednio: 43% i 62%, w Poznaniu 49% i 42%, w Szczecinie 23% i 38%. W tym okresie zanotowano najwyższe w roku dobowe liczby zgonów, pomimo że średnio w Polsce lipiec i sierpień są miesiącami o najmniejszej umieralności (Kozłowska-Szczęśna i in. 2004; Kuchcik 2001b). W tej samej fali upałów w Czechach wzrost umieralności ogólnej wyniósł 10,3–12,3% (Kyselý 2004; Kyselý, Huth 2004). W Belgii w czasie ponad 40 dni zaklasyfikowanych do fali upałów lata 1994 roku wzrost umieralności ogólnej w stosunku do oczekiwanej wyniósł 9,4% w grupie osób w wieku do 64 lat oraz 13,2% wśród osób powyżej 65 r.ż. (Sartor i in. 1995). W Berlinie, w okresie 2 lipca–8 sierpnia 1994 roku temperatura sięgnęła 38,2°C, a umieralność w całym okresie była wyższa o 41% w stosunku do oczekiwanej, zaś 2 sierpnia, w najgorętszym dniu – sięgnęła 151% wartości oczekiwanej (Gabriel, Endlicher 2011).

W 1995 roku silna fala upałów dotknęła z kolei Wyspy Brytyjskie oraz Amerykę Północną. W Anglii i Walii zanotowano najwyższą w historii pomiarów instrumentalnych temperaturę powietrza: 35,2°C. W ciągu 5 dni średni wzrost umieralności wyniósł w Londynie 23%, a zaznaczył się najwyraźniej w grupie osób powyżej 85 r.ż., szczególnie wśród samotnie mieszkających kobiet (trzykrotnie więcej zgonów kobiet niż mężczyzn). Główną przyczynę zgonów stanowiły problemy naczyniowo-mózgowe (39%) (Rooney i in. 1998). W fali upałów z lipca 1995 r. w Chicago zanotowano 11% wzrost przyjęć do szpitala, w tym: 23% osób z chorobami układu krążenia, 30% z cukrzycą, 52%



z chorobami nerek, 20% z zaburzeniami układu nerwowego. Jednak wśród przyczyn 700 zgonów dominowało odwodnienie, wyczerpanie oraz udar cieplny (Semenza i in. 1996).

Lato 2003 r. przyniosło rekordowo wysoką temperaturę powietrza w zachodniej i południowej Europie. We Francji było to najgorętsze lato od 1947 r., z temperaturą maksymalną powyżej 40°C. Tylko w sierpniu, miesiącu wakacyjnych podróży Francuzów, już w połowie miesiąca notowano od 3 do 5 tysięcy zgonów osób starszych, pozostawionych bez opieki w domach. W sumie we Francji wskutek tej fali upałów zmarło wg szacunków ponad 15 tysięcy osób (Kosatsky 2005; Filleu i in. 2006). W pierwszych opracowaniach twierdzono, że we Włoszech, pomimo równie wysokiej temperatury powietrza liczba ofiar wyniosła niewiele ponad 1 tysiąc, z czego 57% stanowiły osoby powyżej 84 r.ż., w tym 72% to kobiety (Michelozzi i in. 2004). W kolejnych źródłach liczba dodatkowych zgonów wskutek upału we Włoszech szacowana była jednak na blisko 10 tys. (Robine i in. 2008). Różnica w liczbie ofiar wynikała ze znacznie silniejszych więzi rodzinnych i wzorców kulturowych, w rezultacie czego we Włoszech osoby starsze nie pozostają bez opieki. Ostatnie dane i analizy dowodziły, że łączna liczba ofiar fali upałów z sierpnia 2003 r. sięgnęła nawet 45 000 (Garssen i in. 2005; Diaz i in. 2005; Grize i in. 2005; Robine i in. 2007, 2008). Szczęśliwie, kolejne badania wykazały, że wprowadzenie systemu ostrzegawczego przed falami upałów we Włoszech zmniejszyło ryzyko względne zgonu wśród osób powyżej 65 r.ż., w zależności od miasta o 13,3–36,7% (Schifano i in. 2012).

W projekcie EuroHEAT (*Improving public health responses to extreme weather/heat-waves*), który był kontynuacją opisanego już projektu PHEWE, a dotyczył mniejszej liczby miast (9), ale w okresie wydłużonym do 2004 r. (obejmującym tragiczną w skutkach falę upałów z 2003 r.) określono poziom wzrostu umieralności wskutek fal upałów na 21,8% w krajach regionu Morza Śródziemnego i na 12,4% w krajach Europy Środkowej. Ryzyko względne zgonu rosło wraz z wiekiem osób i było najwyższe wśród kobiet, zwłaszcza w grupie 75–84 lat (Menne, Matthies 2009; D'Ippoliti 2010).

Spektakularne fale upałów, które analizowano w powiązaniu z umieralnością wystąpiły także w: 1987 r. w Atenach (Matzarakis, Mayer 1991), w latach 1980 i 1995 w St. Louis (Smoyer 1998), a w 1999 r. w Toronto (Pengelly i in. 2007) i Chicago (Naughton i in. 2002). W 2010 r. fala upałów w Rosji utrzymywała się przez 44 dni, spowodowała ogromne pożary, a tym samym bardzo wysokie stężenie pyłów w powietrzu i blisko 11 000 dodatkowych zgonów, głównie wśród osób powyżej 65 r.ż. (Shaposhnikov i in. 2014).

Po tym czasie coraz większa powszechność tego zjawiska spowodowała, że zaczęły powstawać prace analizujące nie pojedyncze fale upałów, ale wielolecia, w których wystąpiło ich więcej. Początkowo najwięcej analiz tego typu dotyczyło Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej, gdzie opisano pierwsze fale upałów, następnie Europy, a w ostatnich latach coraz częściej krajów Azji Wschodniej: Chin (Lim i in. 2013; Wang i in. 2015), Korei Południowej (Greene i in. 2016; Lee i in. 2016; Ree i in. 2016) czy Japonii (Lim i in. 2016).

Analiza wpływu fal upałów na zgony z powodu choroby niedokrwiennej serca w Niemczech w latach 2001–2010 wykazała wzrost umieralności kobiet o 18,7%, mężczyzn zaś o 11,4% oraz, silniejszą zależność od upałów zgonów

z powodu choroby niedokrwiennej serca (+18,4%) niż zawału serca (+12,2%) (Zacharias i in. 2014). W Polsce w falach upałów pojawiających się od końca maja do końca lipca (w latach 1993-2002) umieralność wzrastała średnio od 15% do 22%. Fale upałów notowane pod koniec lata, kiedy już organizm jest zaadaptowany do wysokiej temperatury powietrza zazwyczaj nie powodują wzrostu umieralności (Kozłowska-Szczęśna i in. 2004).

Jednym z lepszych przykładów kompleksowych badań jest analiza ryzyka zgonów w czasie fal upałów w 43 miastach w USA w okresie 1987–2005. Za fale upałów przyjęto minimum 2-dniowy okres z temperaturą powietrza powyżej 95 centyla dla danego miasta z okresu od 1 maja do 30 września. Badania wykazały 3,7% wzrostu umieralności w dniach z falami upałów, 5% wzrostu ryzyka zgonu w czasie pierwszej fali upałów w danym roku i 2,6% w czasie ostatniej (Anderson, Bell 2011). Inne badania amerykańskie, obejmujące lata 1975–2004 i 29 miast wskazują na istotny spadek umieralności związanej z narażeniem na gorące środowisko termiczne od połowy lat 1990., pomimo wzrostu częstości dni upalnych. Autorzy wiążą wynik z powszechnością stosowania urządzeń klimatyzacyjnych – udział domów bez klimatyzacji zmalał w USA z 47% w 1978 r. do 15% w 2005 r. (Sheridan i in. 2009). Analiza umieralności w zależności od temperatury powietrza w USA w latach 1962–2006 w 211 miastach wykazała blisko 10-krotny spadek ryzyka zgonu w falach upałów w latach 2000–2006 w stosunku do lat 1962–1966 (Nordio i in. 2015).

W badaniu umieralności w falach upałów w środkowej Hiszpanii analizowane lata 1975–2008 podzielono na okresy 11–12 letnie. Największy wzrost umieralności zanotowano w latach 1986–1996, pomimo, że w późniejszych latach temperatura powietrza rosła i można byłoby oczekiwać innego wyniku. Spadek umieralności związanej z wysoką temperaturą powietrza autorzy tłumaczą zmianą zachowań ludzi, wzrostem poziomu opieki medycznej oraz ogólnie trendem spadkowym zgonów na choroby układu krążenia (Miron i in. 2015).

Ciekawym przykładem przekrojowych badań jest analiza wpływu fal upałów na umieralność obejmująca łącznie 272 miasta w Australii, USA, Kanadzie, Japonii, Korei Południowej, Hiszpanii i Wielkiej Brytanii w latach 1985–2012. Wykazała ona prawdopodobieństwo adaptacji do fal upałów – ryzyko względne zgonu z ich powodu było wyższe w 1993 r. w porównaniu do 2006 r. (Gasparrini i in. 2015a).

W czasie fal upałów notowanych przed latami 90. XX wieku wzrastała umieralność na choroby układu krążenia, w tym szczególnie sercowo-naczyniowego, na choroby układu oddechowego oraz spowodowana osłabieniem systemu odpornościowego lub wypadkami, a objawy kojarzone bezpośrednio z upałem, tj. udary i wyczerpanie stanowiły niewielki procent przyczyn zgonów w tym okresie (Ellis i in. 1980; Larsen 1990). W fali upałów w 1994 roku, a szczególnie w 2003 roku, oprócz przyczyn przytoczonych powyżej notowano istotnie więcej zgonów z przyczyn ściśle powiązanych z gorącym środowiskiem termicznym tj. udary, hypertermia czy odwodnienie. Zauważono także zwiększoną częstość zgonów z powodu chorób układu nerwowego, nowotworów, chorób psychicznych, wewnątrzwydzielniczych czy zakaźnych (Michelozzi i in. 2004; Fouillet i in. 2006; Rey i in. 2007; Isaksen i in. 2016).



Wszystkie badania, w których uwzględniano sytuację społeczną i rodzinną zmarłych w trakcie fal upałów wykazują, że zwiększone ryzyko zgonu dotyczy osób żyjących samotnie, bezdomnych, uzależnionych od alkoholu, osób nie opuszczających miejsca zamieszkania (potrojenie ryzyka zgonu), chorych psychicznie, osób czarnoskórych, starszych, osób z niskim wykształceniem i o niskim dochodzie, czyli ogólnie osób często społecznie wykluczonych (Rango 1984; Gornick i in. 1996; Semenza i in. 1996; Kaiser i in. 2001; Basu, Samet 2002; Naughton i in. 2002).

Wzrost umieralności w czasie upałów widoczny jest prawie natychmiast, występuje zazwyczaj już w dzień po wzroście temperatury powietrza i utrzymuje się do 3–7 dni po ustaniu okresu gorącego, po czym następuje spadek liczby zgonów. Liczba zgonów z powodu zawału serca, udaru czy zapalenia płuc wykazuje wysoce istotny wzrost, gdy wysoka temperatura powietrza utrzymuje się powyżej 3 tygodni (Bull, Morton 1978; Xiao i in. 2015). Dlatego też w badaniach wpływu środowiska termicznego na zgony uwzględnia się zazwyczaj 3–7 dniowe wydłużenie oddziaływania bardzo wysokiej temperatury powietrza na człowieka (Zanobetti, Schwartz 2008; Rocklöv i in. 2011; Rabczenko i in. 2015; Zeng i in. 2016). Fala upałów w dużej mierze jedynie przyspiesza zgon osób chorych, które i tak zmarłyby w krótkim okresie niezależnie od warunków pogodowych, a zjawisko to określa się mianem „efektu żniw” (*harvesting effect*). Ostateczna liczba zgonów w wyniku danej fali upałów w dłuższym okresie jest więc niższa od tej, jaką obliczonoby tuż po ustąpieniu fali upałów (Kunst i in. 1993; Rooney i in. 1998; Braga i in. 2002; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kyselý 2004; Baccini i in. 2008).

Osobną grupą prac dotyczącą wpływu fal upałów na umieralność są te poświęcone systemom ostrzegania przed falami upałów w USA (Kalkstein i in. 1996b), Kanadzie (Smoyer-Tomic, Rainham 2001), Francji (Pascal i in. 2013) czy we Włoszech (Michelozzi i in. 2004), w których przyjęto definicje fal upałów oparte na wartości temperatury pozornej (AT), czy wskaźników Heat Index lub Humidex.

Do zgonów związanych ze stresem gorąca należy zaliczyć także wypadki drogowe, których liczba rośnie wraz z wydłużaniem czasu reakcji prostej, który z kolei rośnie w miarę wzrostu temperatury powietrza (Baranowska i in. 2000; Wojtach 2003; Isaksen i in. 2016) oraz utopienia, których częstość wzrasta podczas upałów, kiedy ludzie szukają ochłody w niestrzeżonych zbiornikach wodnych. Jednakże zgony z przyczyn zewnętrznych nie są przedmiotem tej pracy, dlatego nie będą dokładnie przedstawiane.

Opisów wpływu konkretnych fal zimna na umieralność jest znacznie mniej niż opisów fal upałów. Powodem tego jest brak spektakularnego negatywnego oddziaływania skrajnego zimna, który jednak choć niewielki trwa znacznie dłużej niż w przypadku skrajnego gorąca (Laschewski, Jendritzky 2002). Ponadto fale zimna w klimacie umiarkowanym prowadzą do wzrostu liczby zgonów z większym opóźnieniem niż fale upałów (Frost, Auliciems 1993; Kalkstein 1998; Diaz i in. 2005). O ile w warunkach gorących największą liczbę zgonów notuje się od 2 do 6 dnia od bodźca, a potem umieralność maleje, o tyle w przypadku zgonów związanych z mroźnym środowiskiem termicznym wzrost ich liczby rejestruje się już 2 dni po nagłym spadku temperatury powietrza, ale maksimum z opóźnieniem sięgającym 10–13 dni, a nawet przedłużającym się do miesiąca (Donaldson, Keatinge 1997; Keatinge

2002; Laschewski, Jendritzky 2002; Xiao 2015). Dlatego tak istotna staje się metodyka opracowania. Analizy nieuwzględniające opóźnienia reakcji w stosunku do bodźca pokazują głównie silny wzrost umieralności wskutek stresu gorąca i niewielki skutek stresu zimna. Badania biorące pod uwagę opóźnienie w czasie lub uśredniające wyniki z np. 2 tygodni – wykazują głównie silny wzrost umieralności w warunkach stresu zimna (Revich, Shaposhnikov 2008; Nordio i in. 2015).

Większość prac analizujących zależność zgonów od niskiej temperatury powietrza dotyczy raczej analizy umieralności w czasie zim, czy okresów chłodnych. W chłodnej porze roku liczba zgonów jest średnio o 5–30% (w czasie srogich zim – nawet o 70%) wyższa niż w cieplej (Wilmshurt 1994; Healy 2003). Na wzrost ten nie składają się ani epidemie grypy, których wpływ szacowany jest średnio jedynie na około 2,5% (Donaldson, Keatinge 2002), ani zgony z powodu hipotermii, których w krajach rozwiniętych notuje się niewiele, ale podobnie jak w całym roku: choroby układu krążenia, w tym szczególnie niedokrwienne choroby serca i choroby naczyń mózgowych, które łącznie odpowiadają za około 50% zgonów związanych z niską temperaturą powietrza (Eurowinter 1997).

O ile prac dotyczących wpływu fal upałów na zgony powstawało i powstaje najwięcej w USA, o tyle wpływem fal chłodu na umieralność zajmują się głównie naukowcy europejscy. W Holandii w latach 1979–1997 analiza umieralności w okresach chłodu zdefiniowanych jako minimum 9 dni z temperaturą minimalną poniżej  $-5^{\circ}\text{C}$ , wśród których przynajmniej 6 dni cechowało się temperaturą  $-10^{\circ}\text{C}$  lub niższą wykazała wzrost o 12,8% w stosunku do cieplejszych dni zimowych (Huynen i in. 2001). W Szwecji w czasie fal zimna wzrastała umieralność głównie wśród mężczyzn i osób powyżej 65 r.ż., zwłaszcza po przebytym zawale serca (Rocklöv i in. 2014). Analiza tygodniowych sum zgonów w Londynie w XX wieku (po dwa przekroje czasowe w I i II połowie wieku) wykazała, że na początku XX wieku udział zgonów w warunkach zimna wynosił 12,5% i zmalał do 5,4% w latach 1986–1996, zaś występujących przy wysokiej temperaturze powietrza z 0,4% w latach 1900–1910 spadł do -0,9% (co oznaczałoby pozytywne oddziaływanie upałów na organizm), co daje błędny obraz i potwierdza wcześniejsze badania, że analiza wpływu gorąca na zgony, korzystająca z zagregowanych danych (w tym przypadku sum tygodniowych) jest nieprawidłowa. Z powyższych badań zasadne jest przytoczenie wyników dotyczących wpływu warunków zimna na umieralność, ponieważ w ich przypadku zaznaczył się wyraźny spadek umieralności na każdy  $1^{\circ}\text{C}$  średniej tygodniowej temperatury powietrza poniżej  $15^{\circ}\text{C}$  w XX wieku: o 2,5% w latach 1900–1910, 2,3% w okresie 1927–1937, 1,6% w latach 1954–1964 oraz 1,2% w okresie 1986–1996. Postępująca redukcja liczby zgonów w warunkach chłodu wynika głównie z wielkich zmian w jakości i dostępności opieki zdrowotnej, podwyższenia standardu życia oraz powszechności wiedzy na temat unikania niebezpiecznych dla życia warunków (Carson i in. 2006).

Badania ryzyka zgonów w warunkach niskiej i wysokiej temperatury powietrza w 384 miastach w Australii, Brazylii, Chinach, Japonii, Kanadzie, Korei Południowej, Hiszpanii, Szwecji, Tajlandii, Tajwanie, USA, Wielkiej Brytanii i we Włoszech, w latach 1985–2012 wykazały, że średnio w tych różnych typach klimatu udział zgonów związanych ze stresem zimna wynosił 7,3% (od 2,6% w Tajlandii do 10,4% w Chinach), zaś ze stresem gorąca

zaledwie 0,4% (od 0,2% w Szwecji do 1,6% we Włoszech) (Gasparri i in. 2015b). Jednakże w tych badaniach uwzględniano aż 21-dniowe opóźnienie, takie samo dla zimna, jak i ciepła, i to było prawdopodobnie przyczyną tak niskich wartości ryzyka zgonu w warunkach stresu gorąca.

Wyniki wspomnianego już projektu PHEWE analizującego umieralność w zależności od warunków termicznych w 15 miastach Europy w latach 1990–2000, a dotyczące chłodnego półrocza, wykazują wzrost umieralności na każdy 1°C poniżej wartości mediany minimalnej temperatury pozorowanej: o 1,3% zgonów ogółem, 1,7% z powodu chorób układu krążenia i 3,3% z powodu chorób układu oddechowego. Negatywne oddziaływanie zimna było większe w miastach Europy Południowej, w warunkach cieplejszego klimatu, co wskazuje po raz kolejny na adaptację do klimatu i słabsze tolerowanie warunków odmiennych termicznie w stosunku do tych, w jakich się mieszka (Analitis i in. 2008). Ogólnie liczba zgonów wywołanych zimnem jest mniejsza w warunkach klimatu skrajnie chłodnego, a większa w regionach o łagodnym klimacie. Przyczyną tego stanu jest mała adaptacja do zimna, nieadekwatne do warunków zewnętrznych zachowanie ludzi żyjących w klimacie łagodnym, brak centralnego ogrzewania i słaba izolacja mieszkań, a w konsekwencji niska temperatura wewnątrz pomieszczeń (Healy 2003; Błażejczyk, McGregor 2007).

Kolejnym potwierdzeniem istoty adaptacji do klimatu jest przykład z 3 miast położonych w regionie klimatu podzwrotnikowego w Chinach, gdzie podczas niespotykanej w tamtym regionie fali chłodu w 2008 roku, ryzyko zgonu wśród osób zaadaptowanych do warunków ciepłych wzrosło o 60%, szczególnie wśród osób powyżej 85 r.ż. (Xie i in. 2013).

Z kolei w warunkach klimatu umiarkowanego chłodnego, kontynentalnego (Kanada, Rosja) w dniach z ujemną temperaturą powietrza notuje się początkowo spadek liczby zgonów, a następnie na każdy 1°C obniżającej się temperatury powietrza stały, niewielki wzrost umieralności o 1,15%. Tak nieznaczny wzrost tłumaczony jest nastawieniem procesów termoregulacyjnych na wytwarzanie ciepła oraz zachowaniem ludzi, którzy zakładają odzież o odpowiedniej izolacyjności albo pozostają w domach (Auliciems, Frost 1989; Donaldson i in. 1998a, b; Revich, Shaposhnikov 2008). Nie bez znaczenia jest zmniejszenie liczby drobnoustrojów chorobotwórczych w zimnym powietrzu. We wschodniej Syberii, w warunkach skrajnego zimna (gdy średnia dobową temperaturą powietrza spada do -48°C) umieralność ogólna nie wzrasta, notuje się jedynie niewielki wzrost umieralności na choroby układu oddechowego, zaś spadek zgonów spowodowanych wypadkami i urazami (Donaldson i in. 1998a).

Badania w Wielkiej Brytanii i USA prowadzone przez różne zespoły naukowców w latach 1970–1990 wykazały, że obok osób starszych i chorych, grupą szczególnie narażoną na śmierć w czasie fal zimna są osoby ubogie, w tym także o kolorze skóry innym niż biały. Ponadto osoby, których domy nie są wyposażone w centralne ogrzewanie, oraz przebywające w publicznych domach opieki (Rango 1984; Shah, Peacock 1999; Aylin i in. 2001). Dodatkowo analiza umieralności zimą w 14 krajach europejskich (bez Polski) w powiązaniu ze wskaźnikami ekonomicznymi (średni dochód krajowy na osobę, czy poziom wydatków na opiekę medyczną) jasno wskazuje na korelację wyższej umieralności z niższym poziomem rozwoju państwa (Clinch, Healy 2000; Healy 2003).

Badania prowadzone w krajach wysoko rozwiniętych, w regionach o dużych opadach śniegu i częstych burzach śnieżnych dowodzą, że do zgonów związanych pośrednio z niską temperaturą powietrza należy zaliczyć częste przypadki zgonów osób starszych spowodowane atakami serca wywołanymi wysiłkiem fizycznym przy odśnieżaniu posesji (Gorjanc i in. 1999; Mills i in. 2003).

## 5. ZMIANY WARUNKÓW TERMICZNYCH W POLSCE W LATACH 1975–2014

Analiza zmian temperatury powietrza w latach 1975–2014 objęła zarówno samą jej wartość w kolejnych latach (średnią, maksymalną, minimalną i wartości absolutne), jak i dni charakterystyczne. Opisano ich trendy i istotność statystyczną.

W dalszej części rozdziału dokonano opisu częstości i długości trwania okresów gorących i zimnych, a także częstości warunków obciążenia i odczucia ciepłego w analizowanych miastach.

### 5.1. ŚREDNIE ORAZ ABSOLUTNE WARTOŚCI WYBRANYCH CHARAKTERYSTYK TERMICZNYCH

Najwyższa średnia miesięczna temperatura powietrza, która w całej Polsce występuje w lipcu, wahała się od 17,7°C w Gdańsku i Olsztynie, przez 17,8°C w Białymstoku po 18,9°C w Warszawie. Najniższa średnia temperatura miesięczna, która niezmiennie cechuje styczeń wynosiła -3,3°C w Białymstoku, od -3,0 do -2,5°C na wschodzie kraju, przez od -2,0 do -0,9°C w Polsce centralnej do aż 0,1°C w Szczecinie, gdzie przez cały rok, w żadnym z miesięcy średnia nie była ujemna (tab. 7). Przyrosty temperatury z miesiąca na miesiąc były największe między majem i kwietniem, średnio w maju było o 5,4°C cieplej niż w kwietniu, a w Białymstoku wartość ta sięgała 6,1°C. Największe spadki dotyczyły listopada, który jest średnio o 5,1°C chłodniejszy w porównaniu z październikiem, a w Krakowie różnica ta sięga 5,4°C.

Zróżnicowanie średniej miesięcznej temperatury powietrza między analizowanymi miastami najmniejsze było latem i wynosiło 1,2–1,4°C, wiosną i jesienią 2–2,8°C, zimą zaś było największe i sięgało 3,4°C pomiędzy Białymstokiem i Szczecinem.

Dni gorące ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) w całej Polsce występowały od kwietnia do września, choć w Katowicach, Krakowie, Łodzi, Poznaniu i Wrocławiu sporadycznie notowano je także w październiku (3–14 razy w ciągu 40 lat). Średnio w roku ich liczba wahała się od 14 w Gdańsku, przez 30–33 na Warmii i wschodzie Polski, 40–42 w części centralnej po 46 dni we Wrocławiu (tab. 7).

W grupie dni gorących mieszczą się dni upalne ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ). W badanych latach 1975–2014 średnia częstość dni upalnych wynosiła od półtora dnia w roku w Gdańsku, przez 3–4 dni na wschodzie Polski po blisko 8 dni w roku w Poznaniu, Wrocławiu oraz Toruniu. Dni upalne notowano od maja do sierpnia, sporadycznie, nie we wszystkich miastach także we wrześniu lub kwietniu (tab. 7).

Tabela 7. Średnia miesięczna i roczna temperatura powietrza (°C) oraz liczba dni charakterystycznych pod względem termicznym (1975–2014)

Wskaźniki termiczne	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białystok													
Średnia temperatura powietrza	-3,3	-3,0	1,1	7,2	13,0	15,8	17,8	16,8	12,2	7,2	2,3	-1,8	7,1
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,5	3,6	6,6	11,2	9,2	1,4	.	.	.	32,6
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,1	0,4	1,9	1,2	.	.	.	.	3,6
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,1	0,6	0,4	.	.	.	.	1,1
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	15,1	13,0	3,9	0,1	.	.	.	.	.	0,2	4,3	12,2	48,6
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	8,1	7,4	2,9	.	.	.	.	.	.	0,1	1,2	5,1	24,6
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	1,9	0,9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,9	3,7
Gdańsk													
Średnia temperatura powietrza	-0,7	-0,5	2,5	6,5	11,7	15,1	17,7	17,6	13,8	9,1	4,3	0,8	8,2
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	1,6	2,5	4,5	4,7	0,7	.	.	.	14,1
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,3	0,8	0,5	0,0	.	.	.	1,6
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,2	3,4	3,2	0,1	.	.	.	6,8
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	10,2	8,7	2,8	.	.	.	.	.	.	.	1,3	6,2	29,1
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	4,3	3,4	0,8	.	.	.	.	.	.	.	0,1	2,1	10,6
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,6	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	0,9
Katowice													
Średnia temperatura powietrza	-1,6	-0,6	3,4	8,5	13,7	16,5	18,3	17,7	13,4	8,9	3,7	-0,4	8,5
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,6	4,0	8,1	13,2	12,0	2,4	0,2	.	.	40,5
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,1	0,9	2,6	1,8	.	.	.	.	5,5
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,0	0,4	1,0	0,7	.	.	.	.	2,1
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	11,6	7,9	2,1	.	.	.	.	.	.	0,1	2,5	8,7	32,9
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	5,7	4,1	1,0	.	.	.	.	.	.	0,0	0,4	4,0	15,1
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,6	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	1,0

Wskaźniki termiczne	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Kraków													
Średnia temperatura powietrza	-2,1	-1,1	3,1	8,5	13,8	16,7	18,5	17,9	13,5	8,7	3,3	-0,8	8,3
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,8	4,4	8,6	14,1	12,9	3,0	0,4	.	.	44,1
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,3	1,1	2,9	2,4	0,1	.	.	.	6,8
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,3	1,3	0,8	.	.	.	.	2,3
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	11,8	8,3	2,3	.	.	.	.	.	.	.	2,7	9,2	34,3
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	7,1	4,4	1,1	.	.	.	.	.	.	.	0,7	4,5	17,7
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,9	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	1,7
Lublin													
Średnia temperatura powietrza	-3,0	-2,4	1,9	7,9	13,3	16,1	18,0	17,4	12,9	7,9	2,7	-1,5	7,6
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,2	3,1	6,3	11,6	10,3	2,1	.	.	.	33,6
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,1	0,3	2,2	1,7	.	.	.	.	4,3
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,2	1,2	0,6	.	.	.	.	2,0
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	14,3	12,2	3,9	0,1	.	.	.	.	.	.	4,2	11,8	46,4
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	7,1	6,0	1,8	.	.	.	.	.	.	.	0,8	4,3	19,9
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	1,4	0,7	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	0,7	2,8
Łódź													
Średnia temperatura powietrza	-1,9	-1,1	2,8	8,3	13,7	16,4	18,4	17,9	13,3	8,5	3,4	-0,5	8,3
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,7	4,1	7,6	13,1	12,1	2,5	0,1	.	.	40,2
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,2	1,1	3,2	2,0	0,1	.	.	.	6,6
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,5	2,0	1,1	.	.	.	.	3,5
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	12,2	9,5	2,7	0,1	.	.	.	.	.	.	2,9	9,7	37,1
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	5,9	4,2	0,9	.	.	.	.	.	.	.	0,5	3,5	14,9
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	1,0	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	1,6

Wskaźniki termiczne	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Olsztyn													
Średnia temperatura powietrza	-2,5	-2,0	1,7	7,2	12,7	15,6	17,7	17,1	12,7	7,9	2,9	-1,0	7,5
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,5	3,7	5,8	10,0	8,7	1,3	.	.	.	29,9
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,2	0,5	2,0	1,3	0,0	.	.	.	4,0
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,1	0,2	1,4	0,7	0,0	0,1	.	.	2,5
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	13,5	11,4	3,3	0,1	.	.	.	.	.	0,1	3,6	10,7	42,5
L. dni z mrozem ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	6,6	5,4	2,3	.	.	.	.	.	.	.	0,5	3,7	18,5
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	1,4	0,5	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	0,6	2,5
Poznań													
Średnia temperatura powietrza	-0,9	-0,3	3,5	8,6	13,9	16,8	18,8	18,2	13,8	9,0	3,9	0,4	8,8
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,7	4,5	8,4	13,8	12,7	2,6	0,1	.	.	42,6
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,1	0,3	1,4	3,6	2,4	0,2	.	.	.	7,9
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,6	2,3	1,3	0,0	.	.	.	4,2
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	10,2	7,4	1,6	.	.	.	.	.	.	.	1,7	7,5	28,3
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	4,5	3,6	0,7	.	.	.	.	.	.	.	0,4	2,8	11,8
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,7	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	1,1
Szczecin													
Średnia temperatura powietrza	0,1	0,6	3,8	8,4	13,5	16,3	18,5	17,9	13,9	9,4	4,6	1,3	9,0
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,6	3,6	6,2	12,1	9,9	2,1	.	.	.	34,4
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,2	1,0	2,9	1,7	0,1	.	.	.	5,7
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,4	1,8	1,1	.	.	.	.	3,3
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	8,7	5,8	0,8	.	.	.	.	.	.	.	1,1	5,9	22,2
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	3,7	2,6	0,8	.	.	.	.	.	.	.	0,1	1,9	9,0
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	0,6



Wskaźniki termiczne	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Toruń													
Średnia temperatura powietrza	-1,6	-0,9	2,8	8,1	13,6	16,5	18,6	18,1	13,4	8,6	3,6	-0,1	8,4
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,9	5,1	8,3	13,6	12,7	2,5	.	.	.	43,0
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,1	0,4	1,3	3,7	2,1	0,1	.	.	.	7,7
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,5	1,9	1,3	0,1	.	.	.	3,9
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	11,2	8,2	1,9	.	.	.	.	.	.	.	2,0	8,3	31,6
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	5,6	4,6	1,7	.	.	.	.	.	.	.	0,4	3,3	15,5
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,9	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	1,5
Warszawa													
Średnia temperatura powietrza	-2,0	-1,4	2,7	8,4	14,0	16,9	18,9	18,1	13,4	8,4	3,3	-0,6	8,4
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,8	4,6	8,5	14,0	11,9	2,3	.	.	.	42,0
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,1	0,3	1,2	3,1	1,8	0,1	.	.	.	6,4
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,7	2,5	1,2	.	.	.	.	4,4
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	12,4	9,9	2,5	.	.	.	.	.	.	.	2,9	9,6	37,3
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	6,3	4,9	1,0	.	.	.	.	.	.	.	0,6	3,5	16,2
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	1,0	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,5	1,9
Wrocław													
Średnia temperatura powietrza	-0,6	0,1	4,0	8,8	13,9	16,9	18,8	18,2	14,0	9,3	4,2	0,6	9,0
L. dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,8	4,4	8,9	14,6	14,2	3,4	0,2	.	.	46,5
L. dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,1	1,4	3,5	2,7	0,2	.	.	.	7,8
L. nocy b. ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	.	0,4	1,0	0,8	.	.	.	.	2,2
L. dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ )	8,6	6,4	1,2	.	.	.	.	.	.	.	1,3	6,0	23,5
L. dni umiark. mroźnych ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	5,4	3,7	0,7	.	.	.	.	.	.	.	0,4	3,1	13,3
L. dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	0,6	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,9

Liczba bardzo ciepłych nocy ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) średnio w badanym okresie nie była wysoka, ale wynikało to z faktu, że w latach 70. XX wieku noce takie praktycznie nie występowały. Wahała się ona od 1 nocy w Białymstoku, przez 2–3 na północy, wschodzie i południu Polski, po 4 dni w Polsce centralnej. W całej Polsce ciepłe noce występowały od czerwca do sierpnia. Nocy tropikalnych ( $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ) było jeszcze mniej. W całym okresie 1975–2014 zanotowano 1 taką noc w Białymstoku, poniżej 10 nocy na południu i wschodzie kraju, 21–27 w centralnej Polsce po 42 w Gdańsku (tab. 7).

Dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ), kiedy to w ciągu całej doby temperatura powietrza jest ujemna występowały na większości obszaru Polski od listopada do marca. Jedynie w Białymstoku (6 dni w ciągu 40 lat), Olsztynie i Katowicach (po 2 dni) wystąpiły one w październiku. Dominowały w styczniu, kiedy notowano je nawet w połowie dni w miesiącu (Białystok), choć na większości obszaru Polski ich liczba wahała się wtedy od 10 do 12.

Dni umiarkowanie mroźne ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ) notowane były na terenie całej Polski od listopada do marca, jedynie w Białymstoku zanotowano w latach 1975–2014 dwa takie dni w październiku. Ich średnia roczna liczba wahała się od 9 w Szczecinie przez 15–18 w centralnej i południowej Polsce, po 20 w Lublinie i 25 w Białymstoku.

Według ostrzejszego kryterium termicznego wydzielane są dni bardzo mroźne ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ). Dni takich odnotowano od poniżej 1 w roku w Gdańsku, Szczecinie i Wrocławiu, przez 1–2 na większości obszaru kraju, po prawie 4 na północnym-wschodzie. We wszystkich analizowanych miastach występowały od grudnia do lutego, jedynie w Olsztynie do marca (tab. 7).

W latach 1975–2014 wśród 12 analizowanych miast najwyższą temperaturę odnotowano w Toruniu 27 lipca 1998 r. ( $37,9^{\circ}\text{C}$ ). W czasie upalnego lata 1994 roku rekordy temperatury zanotowano w Białymstoku ( $35,5^{\circ}\text{C}$ ), Łodzi ( $37,6^{\circ}\text{C}$ ) i Szczecinie ( $37,8^{\circ}\text{C}$ ). Najwyższe absolutne wartości temperatury powietrza na północy Polski odnotowano w dniu 10.08.1992 r., na południu kraju 8.08.2013 r. Najniższą temperaturę w 40-leciu wśród przyjętych do badań miast zaobserwowano w Białymstoku 30.01.1987 r., a wyniosła ona  $-35,4^{\circ}\text{C}$ . Ogólnie w 9 z analizowanych miast absolutne minima temperatury powietrza wystąpiły w styczniu 1987 r., w tym w 4 miastach – 8.01.1987 r. (tab. 8).

Inną charakterystyką temperatury powietrza, która wykorzystywana jest w bioklimatologii i może być stosowana jako prosta miara bodźcowości termicznej, jest przejście w ciągu dnia temperatury powietrza przez  $0^{\circ}\text{C}$ . Dni z dodatnią maksymalną temperaturą powietrza oraz ujemną temperaturą minimalną (nazywane dniami przymrozkowymi) występowały w całym roku oprócz okresu od czerwca do sierpnia. Najczęściej, bo podczas 77–78 dni w roku notowano je w Krakowie, Wrocławiu, ale także w Białymstoku najrzadziej – w Gdańsku. W takie dni zazwyczaj poranki są zimne, z przymrozkami lub temperaturą kilka stopni poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ . W ciągu dnia temperatura wzrasta wyraźnie i w słoneczne dni sięgać może nawet kilkunastu stopni Celsjusza. Dlatego też najczęstsze były w marcu (tab. 9).

Tabela 8. Najwyższe i najniższe wartości maksymalnej ( $t_{\max}$ ) i minimalnej ( $t_{\min}$ ) temperatury powietrza, zmian średniej temperatury powietrza w stosunku do dnia poprzedniego ( $\Delta t$ ) oraz dobowej amplitudy temperatury powietrza ( $dt$ ) wraz z datami ich wystąpienia

Miasto	$t_{\max}$ (°C)	$t_{\min}$ (°C)	$\Delta t$ (°C)		$dt$ (°C)
	Absolutne maksimum	Absolutne minimum	Największy spadek	Największy wzrost	Największa amplituda
Białystok data	35,5 31.07.1994	-35,4 30.01.1987	-13,2 29.01.1987	17,9 18.01.1976	23,9 20.06.2000
Gdańsk data	35,1 10.08.1992	-26,1 16.17.01.1985	-10,7 12.05.2012	12,9 5.01.1979	21,8 17.07.1976
Katowice data	37,2 8.08.2013	-27,4 8.01.1987	-16,4 22.01.2006	14,4 2.01.2003	23,2 19.03.1990
Kraków data	37,3 8.08.2013	-29,9 13.01.1987	-15,3 22.01.2006	13,9 9.01.1987	25,3 19.03.1990
Lublin data	35,3 29.08.1992	-33,7 8.01.1987	-18,5 7.01.1987	11,6 18.12.2001	24,8 7.01.1987
Łódź data	37,6 1.08.1994	-30,3 30.01.1987	-18,3 7.01.1987	12,9 13.12.1998	21,3 26.06.1994
Olsztyn data	36,2 10.08.1992	-30,2 8.01.1987	-17,1 7.01.1987	15,2 8.01.1976	25,1 27.05.2000
Poznań data	37,0 10.08.1992	-28,5 14.01.1987	-11,2 13.12.2001	12,3 13.12.1998	22,2 30.07.1992
Szczecin data	37,8 1.08.1994	-30,0 14.01.1987	-12,0 22.01.2006	13,6 13.12.1998	23,9 3.03.1986
Toruń data	37,9 27.07.1998	-32,0 23.01.2006	-17,8 7.01.1987	14,5 13.12.1998	25,0 4.04.2009
Warszawa data	37,0 8.08.2013	-30,7 8.01.1987	-18,1 7.01.1987	13,4 8.01.1976	21,7 19.03.1990
Wrocław data	37,4 1.08.1994	-30,0 8.01.1985	-16,9 30.12.1978	18,0 2.01.2003	24,1 4.07.1976

Kolejną charakterystyką bodźcowości termicznej jest dobowa amplituda temperatury powietrza ( $dt$ ), w tym zwłaszcza przewyższająca 12°C. W tym przypadku, podobnie jak przy dniach przymrozkowych, najczęściej dni silnie bodźcowych zanotowano na południu Polski. Na większości obszaru kraju liczba tego typu dni w roku wahała się od 70 do 90, jedynie nad morzem wynosiła niespełna 26 dni. Miesiącem o największej bodźcowości w kontekście amplitudy dobowej temperatury był maj, ale także okres od czerwca do sierpnia wyróżniał się pod tym względem. Zimą zmienność dobowa temperatury powietrza jest niewielka (tab. 9).

Najwyższe dobowe amplitudy temperatury powietrza wystąpiły w zależności od miasta od stycznia (Lublin) po lipiec (Gdańsk, Poznań, Wrocław). Największą amplitudę zanotowano w Krakowie (25,3°C), a drugą w kolejności w Toruniu (25,0°C) (tab. 8).

Tabela 9. Średnia liczba dni o dużej bodźcowości termicznej:  
przymrozkowych, z dobową amplitudą temperatury powietrza  $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$   
oraz z międzydobową zmianą średniej temperatury powietrza  $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$

Wskaźniki termiczne	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białystok													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	9,1	10,0	17,2	10,3	1,7	.	.	.	1,0	7,4	9,4	10,6	76,7
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	1,5	2,6	5,9	12,0	16,1	12,9	13,4	14,3	10,1	5,3	0,5	0,9	95,3
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,6	1,2	0,5	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	0,4	0,7	0,6	1,9	9,0
Gdańsk													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	8,8	9,8	11,3	4,8	0,5	0,1	.	.	0,1	1,7	5,8	10,0	52,9
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	0,5	0,6	1,5	3,7	4,9	3,8	2,9	3,8	2,8	1,1	0,0	0,2	25,7
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,1	0,6	0,3	0,4	0,7	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	4,8
Katowice													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	11,5	13,7	15,1	6,2	0,7	.	.	.	0,2	4,6	10,4	12,6	74,9
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	1,7	3,7	7,1	12,1	14,4	12,0	13,5	14,2	10,4	8,5	2,7	1,0	101,2
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	0,8	0,7	0,4	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,8	1,4	8,0
Kraków													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	12,5	13,9	15,7	5,5	0,6	.	.	.	0,1	4,9	11,1	13,8	77,9
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	2,2	4,1	7,4	11,9	14,1	11,2	13,3	13,9	10,8	9,4	3,5	1,6	103,3
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,4	0,8	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,7	1,4	7,5
Lublin													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	9,8	10,1	14,3	5,9	0,6	.	.	.	0,2	5,3	9,1	10,3	65,5
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	0,8	1,2	3,5	8,5	12,1	9,9	11,9	12,1	8,7	4,7	0,4	0,5	74,1
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,2	1,0	0,5	0,7	0,7	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	1,1	7,6
Łódź													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	10,0	11,3	14,3	5,8	0,7	.	.	.	.	4,4	8,5	10,7	65,7
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	0,6	1,4	4,6	9,8	13,4	11,3	12,4	12,9	9,2	5,3	0,7	0,3	81,8
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,0	0,7	0,5	0,8	0,9	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6	1,0	7,5
Olsztyn													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	9,0	10,2	14,8	8,8	1,6	.	.	.	0,6	4,8	7,5	9,8	67,1
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	1,1	1,8	4,1	10,3	14,2	10,4	10,4	10,5	7,5	3,0	0,2	0,4	73,9
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,3	1,0	0,5	0,6	0,9	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	1,3	7,2
Poznań													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	10,1	11,9	13,0	5,9	0,5	.	.	.	0,2	3,8	8,6	10,9	64,8
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	0,6	1,6	4,3	11,1	13,9	12,1	12,6	12,9	8,5	4,6	0,3	0,3	82,7
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,2	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,6	0,9	6,6
Szczecin													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	9,2	11,5	12,5	4,5	0,4	.	.	.	0,2	2,8	7,6	9,9	58,5
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	0,5	1,4	4,3	10,0	12,8	9,5	9,9	10,2	6,8	3,6	0,2	0,2	69,1
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	0,9	0,5	0,4	0,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,9	4,6
Toruń													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	9,9	12,4	14,8	7,9	1,5	.	.	.	0,5	4,6	8,5	11,3	71,2
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	1,2	2,3	5,3	12,6	15,4	13,5	13,1	13,5	9,2	4,9	0,4	0,4	91,6
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,3	0,8	0,4	0,6	0,8	0,6	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	1,1	7,5
Warszawa													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	9,5	11,4	14,3	5,7	0,5	.	.	.	0,2	4,8	8,2	10,8	65,2
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	0,9	1,8	4,6	10,0	13,7	11,1	11,5	12,5	8,9	5,1	0,7	0,4	81,0
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,1	0,9	0,4	0,6	0,6	0,5	0,3	0,1	0,4	0,6	0,5	1,4	7,3
Wrocław													
L. dni z $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	13,0	13,7	14,6	6,1	0,6	.	.	.	0,1	4,3	11,3	14,1	77,8
L. dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	2,2	3,4	7,1	12,6	15,8	12,5	13,5	14,4	11,1	8,7	3,1	1,3	105,5
L. dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1,3	0,7	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	6,8

Zmienność średniej temperatury powietrza między kolejnymi dniami jest następną miarą bodźcowości termicznej klimatu danego miejsca, najsilniej związaną z kontynentalnymi lub oceanicznymi wpływami na klimat danego regionu w Polsce. Za silnie bodźcową przyjęto zmianę  $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$ . Tak duże bodźce notowane były najczęściej w Białymstoku (9 dni w roku), położonym w regionie o najsilniejszych cechach kontynentalnych, 7–8 dni w roku cechowało większą część Polski, zaś najmniej, poniżej 5 dni w roku cechowało nadmorskim i w Szczecinie. W przebiegu rocznym najwięcej dużych zmian średniej dobowej temperatury powietrza w całej Polsce występuje w grudniu i styczniu, zaś na wschodzie kraju – okres ten wydłuża się do lutego (tab. 9).

Największe spadki średniej temperatury powietrza z dnia na dzień w Polsce wystąpiły 7.01.1987 r. i sięgnęły  $18,5^{\circ}\text{C}$  w Lublinie. Z kolei największy wzrost średniej temperatury powietrza wystąpił we Wrocławiu (2.01.2003 r.) i sięgnął  $18^{\circ}\text{C}$ . Tak duże wzrosty i spadki średniej temperatury są ekstremalnie silnym bodźcem dla organizmu człowieka. Cechują głównie zimą, a w analizowanych miastach ich występowanie ogranicza się głównie do stycznia i grudnia (tab. 8).

Wśród dużych zmian średniej dobowej temperatury powietrza z dnia na dzień w Polsce dominują spadki, których jest średnio w Polsce w roku więcej o 25% niż wzrostów. W Katowicach, Łodzi czy Lublinie duże spadki temperatury z dnia na dzień są o 60–70% częstsze od dużych wzrostów. W Białymstoku i Olsztynie liczba wzrostów i spadków jest do siebie zbliżona, zaś w Regionie Nadmorskim dominują duże wzrosty temperatury (tab. 10).

Tabela 10. Średnia roczna liczba dni ze wzrostem lub spadkiem średniej temperatury powietrza z dnia na dzień powyżej  $6^{\circ}\text{C}$

$\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	Białystok	Gdańsk	Katowice	Kraków	Lublin	Łódź	Olsztyn	Poznań	Szczecin	Toruń	Warszawa	Wrocław	12 miast
wzrosty	4,5	3,1	2,9	3,0	2,9	2,7	3,5	2,7	2,6	3,5	3,3	2,9	3,1
spadki	4,5	1,7	5,1	4,5	4,7	4,8	3,7	3,9	2,0	4,0	4,0	3,9	3,9

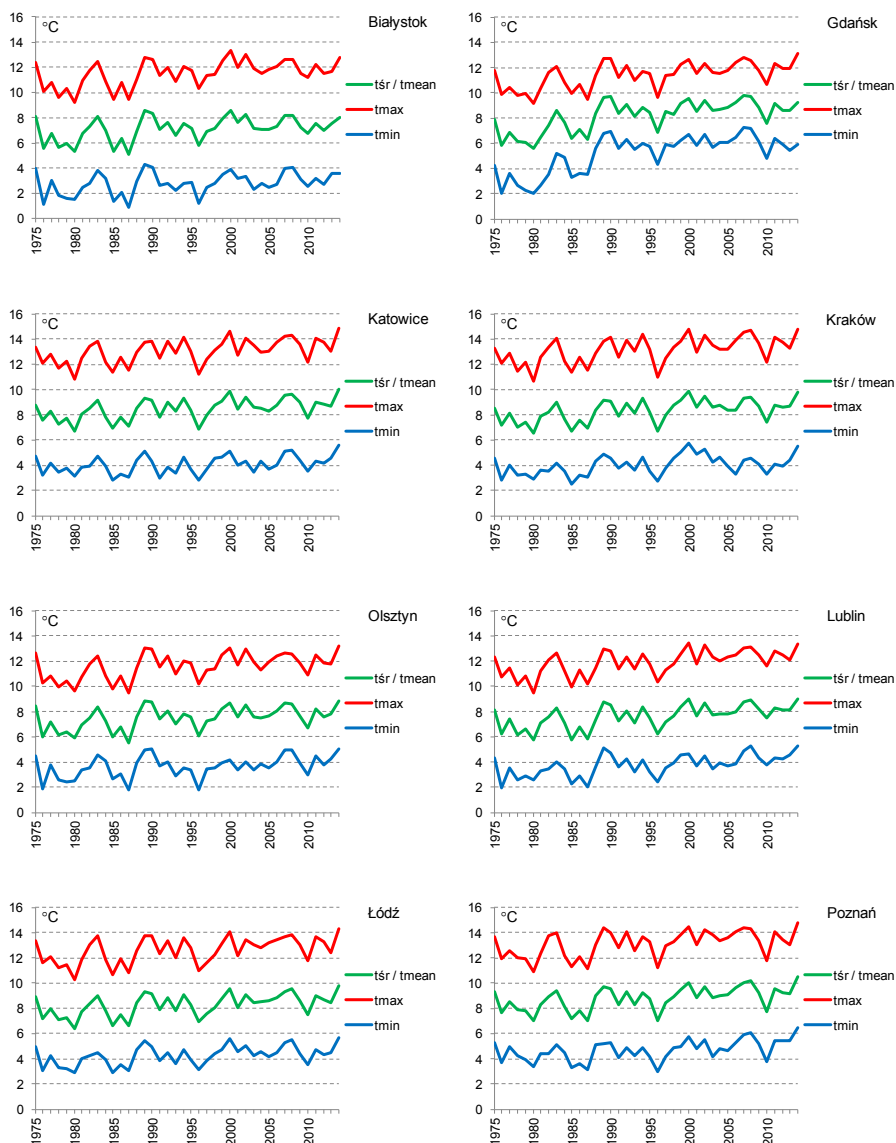
## 5.2. TEMPERATURA POWIETRZA W KOLEJNYCH LATACH

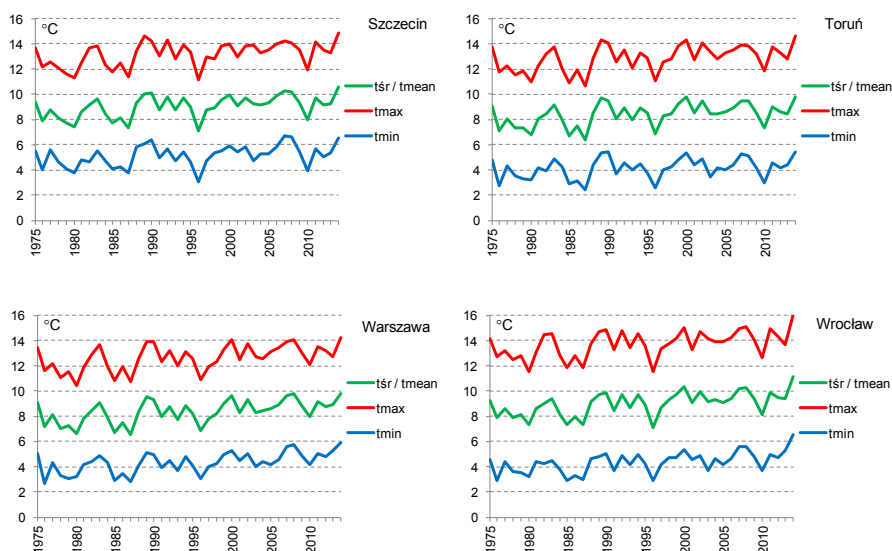
Średnia roczna temperatura powietrza ( $t_{sr}$ ) w 40-leciu 1975–2014 w 12 miastach Polski wyniosła  $8,2^{\circ}\text{C}$  i wahała się od  $7,1^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku, przez  $8,3$ – $8,5^{\circ}\text{C}$  w centralnej i południowej Polsce, po  $9,0^{\circ}\text{C}$  w części zachodniej – we Wrocławiu i Szczecinie. Różnica wartości średniej rocznej temperatury powietrza pomiędzy najzimniejszym i najcieplejszym miastem wynosiła zatem  $1,9^{\circ}\text{C}$  (tab. 11).

Tabela 11. Średnie, najwyższe i najniższe wartości średniej rocznej, średniej maksymalnej i średniej minimalnej temperatury powietrza w latach 1975–2014 wraz z latami ich wystąpienia

Parametr		Białystok	Gdańsk	Katowice	Kraków	Lublin	Łódź	Olsztyn	Poznań	Szczecin	Toruń	Warszawa	Wrocław	12 miast
$t_{\text{sr}}$	średnia	7,1	8,2	8,5	8,3	7,6	8,3	7,5	8,8	9,0	8,4	8,4	9,0	8,2
	najwyższa	8,6 (2000)	9,8 (2007)	10,0 (2014)	9,9 (2000)	9,0 (2000)	9,8 (2014)	8,9 (2014)	10,5 (2014)	10,6 (2014)	9,8 (2000, 2014)	9,8 (2014, 2008)	11,2 (2014)	9,7 (2014)
	najniższa	5,1 (1987)	5,6 (1980)	6,7 (1980)	6,6 (1980)	5,7 (1980)	6,4 (1980)	5,5 (1987)	7,0 (1980, 1987, 1996)	7,1 (1996)	6,4 (1987)	6,6 (1987)	7,1 (1996)	6,4 (1980)
$t_{\text{max}}$	średnia	11,5	11,4	13,1	13,2	11,9	12,6	11,6	13,1	13,2	12,8	12,6	13,7	12,6
	najwyższa	13,4 (2000)	13,1 (2014)	14,8 (2014)	14,8 (2000, 2014)	13,4 (2000)	14,3 (2014)	13,2 (2014)	14,8 (2014)	14,9 (2014)	14,6 (2014)	14,2 (2014)	16,1 (2014)	14,2 (2014)
	najniższa	9,2 (1980)	9,2 (1980)	10,8 (1980)	10,7 (1980)	9,5 (1980)	10,2 (1980)	9,5 (1987)	10,9 (1980)	11,1 (1996)	10,7 (1987)	10,4 (1980)	11,5 (1996)	10,4 (1980)
$t_{\text{min}}$	średnia	2,8	5,2	4,0	4,0	3,8	4,2	3,6	4,7	5,1	4,1	4,3	4,4	4,2
	najwyższa	4,3 (1989)	7,2 (2007)	5,6 (2014)	5,8 (2000)	5,3 (2014, 2008)	5,6 (2014, 2000)	5,0 (2014, 1990, 2007, 2008)	6,5 (2014)	6,7 (2007)	5,4 (2014)	5,9 (2014)	6,5 (2014)	5,6 (2014)
	najniższa	0,9 (1987)	2,0 (1976, 1980)	2,8 (1985, 1996)	2,5 (1985)	2,0 (1976, 1987)	2,9 (1980, 1985)	1,8 (1987, 1996, 1976)	3,0 (1996)	3,1 (1996)	2,4 (1987)	2,6 (1976)	2,9 (1985, 1996)	2,7 (1987)

W tabeli 11 oprócz obliczonych średnich rocznych wartości temperatury powietrza podane są lata ich wystąpienia. W przypadku, gdy dana średnia wystąpiła w kilku latach, kolejność wymienionych pod wartością lat wynikała z części setnych średniej, coraz bardziej odległych od podanej wartości. Najwyższą średnią roczną temperaturę powietrza w większości miast odnotowano w 2014 r., w którym średnia z 12 miast wyniosła 9,7°C. Wyjątkowy pod tym względem był także rok 2000. Średnio w Polsce najzimniejszy był 1980 r., szczególnie w centrum i na południu kraju. Zimny był także 1987 r., szczególnie na wschodzie Polski. Z kolei na zachodzie kraju, najzimniejszym rokiem był 1996 r. – średnia roczna wyniosła tam 7,1°C.





Ryc. 6. Przebieg średniej rocznej ( $t_{sr}$ ), maksymalnej ( $t_{max}$ ) i minimalnej ( $t_{min}$ ) temperatury powietrza w 12 miastach w Polsce w latach 1975–2014

Fig. 6. The course of yearly mean ( $t_{mean}$ ), maximum ( $t_{max}$ ) and minimum ( $t_{min}$ ) air temperature in 12 Polish cities, 1975–2014

Średnia maksymalna temperatura powietrza ( $t_{max}$ ) z 40-lecia 1975–2014 z 12 miast wyniosła  $12,6^{\circ}\text{C}$ , a wahała się od  $11,4^{\circ}\text{C}$  w Gdańsku po  $13,7^{\circ}\text{C}$  we Wrocławiu. Najwyższe jej wartości odnotowano na terenie prawie całej Polski w 2014 r. (średnio  $14,2^{\circ}\text{C}$ ). Najniższa  $t_{max}$  wystąpiła w tych samych latach, co najniższa średnia roczna temperatura powietrza – w 1980 r. aż w 8 z 12 miast odnotowano najniższe wartości  $t_{max}$ .

Średnia temperatura minimalna ( $t_{min}$ ) z 40-lecia z 12 analizowanych miast wyniosła  $4,2^{\circ}\text{C}$ : od  $2,8^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku, przez  $3,6$ – $3,8^{\circ}\text{C}$  na wschodzie kraju,  $4,0$ – $4,4^{\circ}\text{C}$  w większości miast Regionu Centralnego, po  $5,2^{\circ}\text{C}$  w Gdańsku. Najchłodniejszy w Polsce okazał się 1987 r., ze średnią  $t_{min}$  z 12 miast  $2,7^{\circ}\text{C}$ , a zdecydowały o tym niskie wartości temperatury minimalnej w miastach leżących w regionach wschodnich Polski. Niska średnia temperatura minimalna cechowała także lata 1976 (Gdańsk, Lublin, Olsztyn, Warszawa), 1985 (Kraków, Łódź, Wrocław).

Potwierdzeniem powyższego zestawienia są wykresy średniej, minimalnej i maksymalnej rocznej temperatury powietrza w 12 analizowanych miastach w latach 1975–2014 (ryc. 6). Na pierwszy rzut oka kształt przebiegów w tych miastach nie różni się wiele od siebie. Widoczne są niewielkie różnice samej wartości temperatury, czy mniejsze odległości między liniami w Gdańsku, świadczące o zmniejszeniu różnic termicznych na wybrzeżu.

W przebiegu średniej rocznej temperatury powietrza po ciepłym roku 1975 widoczny był spadek temperatury do 1980 r., wyraźnie cieplejszy 1983 r., ponowne dwa chłodne lata 1985 i 1987, ciepłe lata 1989 i 1990, kilka lat o wyrównanej temperaturze, po czym ponowny wyraźny jej spadek w 1996 r. Po tym



roku miał miejsce w miarę jednolity wzrost temperatury, różny w zależności od położenia miasta, z jednym wyraźnym spadkiem w 2010 r., zaznaczającym się w całej Polsce (ryc. 6).

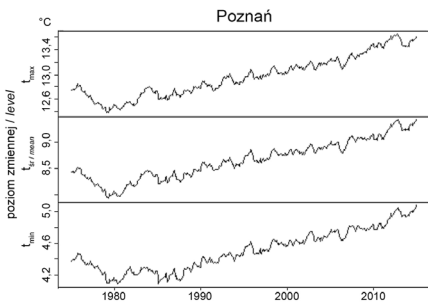
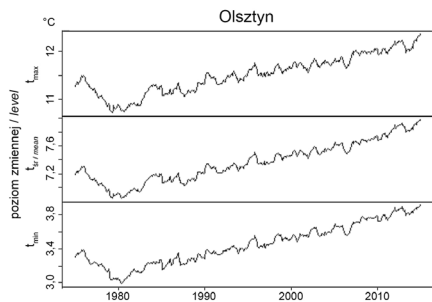
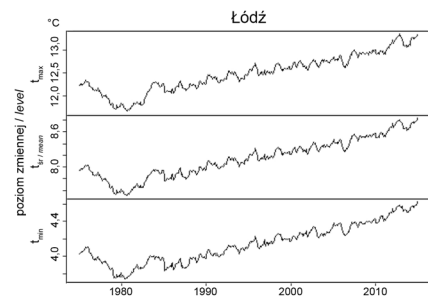
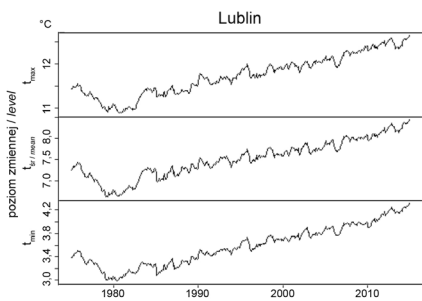
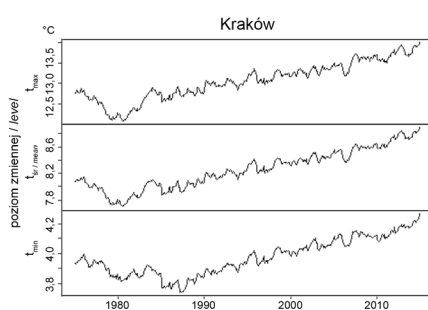
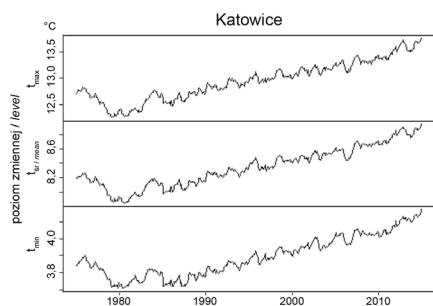
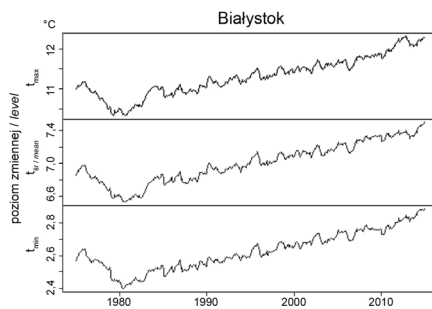
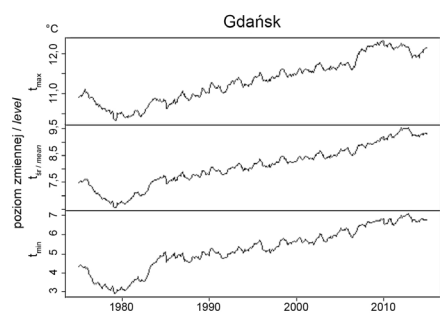
Bardziej wnikliwa analiza ukazuje pewne różnice między regionami Polski: mniejsze różnice termiczne przed 1980 r. w Gdańsku i Szczecinie w porównaniu z innymi miastami, wyraźnie cieplejszy 1983 r. w większości miast, ale w Poznaniu, Szczecinie i Wrocławiu – dwa lata 1982 i 1983. Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w okresie od 1987 r. do 1996 r. był podobny do siebie w 10 miastach Polski, z wyjątkiem Katowic i Krakowa gdzie wyróżniał się najcieplejszy w tym czasie rok 1994, nie zaś 1989. Po 1996 r. wzrost temperatury do 2000 roku był jednoznaczny i ostry jak w Katowicach czy Krakowie, lub nieco łagodniejszy jak w Szczecinie, czy rozłożony na etapy jak w Białymstoku, Olsztynie czy Toruniu. Wzrost temperatury w latach 2006–2008 przybierał formę graficzną łagodnej kopuły jak w Toruniu, Szczecinie czy Olsztynie, albo trójkąta jak w Warszawie czy Łodzi, lub był prawie niewidoczny, jak w Białymstoku.

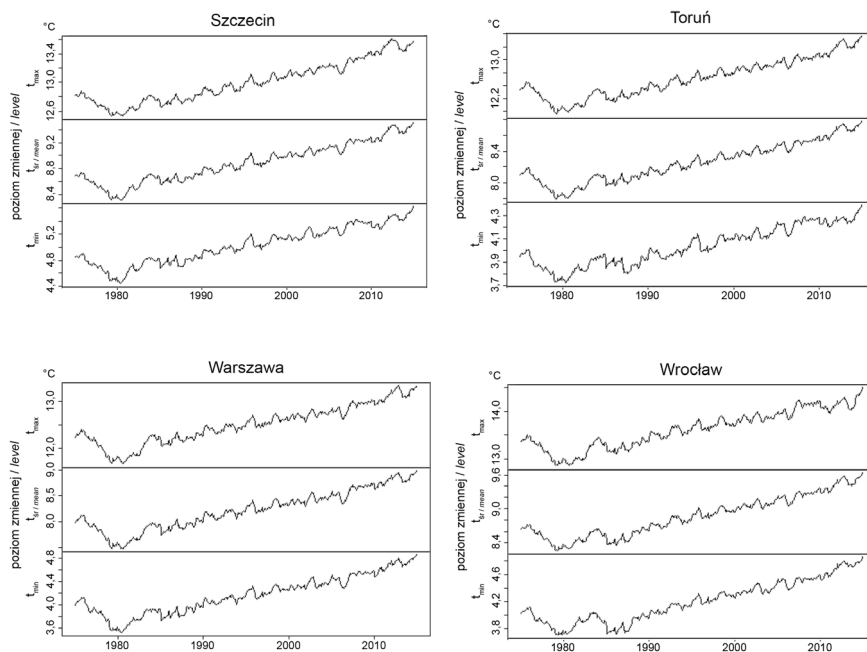
Spośród analizowanych miast szczególnie wyróżniał się Gdańsk, zwłaszcza po 1987 r. Wynika to jednak raczej ze zmiany lokalizacji stacji ze Świbna na Port Północny, w bezpośrednie sąsiedztwo wód Zatoki Gdańskiej, niż ze znaczących zmian klimatu, odbiegających od notowanych na pozostałym terenie Polski.

Wyraźny trend rosnący średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza został zbadany z wykorzystaniem metody dekompozycji szeregów czasowych TBATS 2. Średnia minimalna, maksymalna i średnia miesięczna temperatura powietrza z 480 miesięcy (40 lat x 12 miesięcy) została rozłożona na 2 składowe okresowe: roczną i o dłuższym okresie 7–11 letnim (patrz rozdz. 3.1) oraz na poziom zmiennej, będący odzwierciedleniem wartości temperatury średniej, minimalnej i maksymalnej po odjęciu od nich cyklu rocznego i wieloletniego.

Charakterystyka zmian sezonowych oraz związanych z aktywnością Słońca nie była przedmiotem tej pracy, dlatego też opisano tylko trendy poziomu zmiennej obserwowane na 12 stacjach meteorologicznych (tab. 12). Wszystkie wyodrębnione trendy były statystycznie istotne. Ogólnie wszystkie charakterystyki cechował spadek w pierwszych 5–6 latach analizowanego okresu, a potem wzrostowy, choć bywały wyjątki polegające na innej dacie rozpoczęcia trendu wzrostowego. Miasta różniły się także intensywnością trendu, czyli wielkością notowanych zmian (ryc. 7).

Od początku 1975 r. średnia maksymalna temperatura powietrza we wszystkich miastach notowała tendencję spadkową. Skończył się on najwcześniej w Krakowie (listopad 1978 r.), najpóźniej w Szczecinie (sierpień 1979 r.), a wynosił od  $0,15^{\circ}\text{C}/\text{rok}$  w Gdańsku i Olsztynie przez  $0,12$ – $0,14^{\circ}\text{C}/\text{rok}$  w większości miast. Po tym czasie rozpoczął się trend rosnący średniej miesięcznej temperatury maksymalnej, wynoszący we wszystkich miastach  $0,03$ – $0,04^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ . Nieznacznie większy był w Gdańsku ( $0,05^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ ) jednak tę odrębność przypisywać można zmianom lokalizacji stacji w Gdańsku.





Ryc. 7. Średnia temperatura miesięczna, średnia maksymalna i minimalna – poziom zmiennej (trend) wyznaczony metodą TBATS w 12 miastach Polski, 1975–2014  
 Fig. 7. Monthly mean air temperature, mean maximum and minimum – level (trend) according to TBATS method in 12 Polish cities, 1975–2014

Średnią temperaturę minimalną cechowała większa zmienność. Jej tendencja malejąca trwała od początku 1975 r. przez zaledwie 24 miesiące w Gdańsku, przez 49–56 miesięcy w większości miast, aż do 136 miesięcy w Krakowie. Oznacza to, że w 7 z 12 analizowanych miast tendencja spadkowa średniej minimalnej temperatury powietrza zakończyła się w różnych miesiącach 1979 r. W Krakowie trwała do kwietnia 1986 r., ale cechowała się najmniejszą intensywnością  $0,01^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ , na granicy istotności statystycznej (ryc. 7). Od 1980 r. w większości miast zaznaczył się trend wzrostowy średniej minimalnej temperatury powietrza, wynoszący  $0,01\text{--}0,03^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ , czyli wyraźnie mniejszy niż wzrost średniej maksymalnej temperatury powietrza.

Średnia miesięczna temperatura powietrza od pierwszego miesiąca przez kolejne 35–56 miesięcy wykazywała tendencję spadkową, trwającą najkrócej w Gdańsku, najdłużej w Katowicach. Spadek temperatury wynosił przeważnie  $0,8\text{--}0,12^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ . W większości miast w 1979 r. rozpoczął się trend wzrostowy wartości średniej temperatury powietrza, wynoszący  $0,02\text{--}0,04^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ . Wzrost temperatury wyniósł od  $0,7^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku i Poznaniu do  $1,4^{\circ}\text{C}$  w Warszawie i Lublinie w czasie 35 lat (1980–2014).

Tabela 12. Trend średniej minimalnej, maksymalnej i średniej miesięcznej temperatury powietrza, daty zmiany trendu i wartość możliwego błędu daty, przedziały ufności (P.U.) i współczynnik determinacji ( $R^2$ )

Miasto	Parametr	Nr miesiąca zmiany	Data zmiany	Błąd miesięca zmiany	Zmiana temp/rok °C	95% P.U.	Zmiana temp/rok °C	95% P.U.	$R^2$
Białystok	$t_{\max}$	49	01.1979	2,0	-0,12*	(-0,143;-0,009)	0,03*	(0,032; 0,003)	0,94
	$t_{\min}$	63	03.1980	1,4	-0,04*	(-0,043;-0,003)	0,01*	(0,011; 0,001)	0,96
	$t_{\text{sr}}$	54	06.1979	1,7	-0,08*	(-0,092;-0,006)	0,02*	(0,022; 0,002)	0,96
Gdańsk	$t_{\max}$	49	01.1979	2,2	-0,15*	(-0,175;-0,010)	0,05*	(0,049; 0,004)	0,95
	$t_{\min}$	24	12.1976	2,2	-0,57*	(-0,777;-0,030)	0,10*	(0,093; 0,008)	0,93
	$t_{\text{sr}}$	35	11.1977	2,0	-0,28*	(-0,345;-0,018)	0,07*	(0,066; 0,006)	0,95
Katowice	$t_{\max}$	49	01.1979	1,9	-0,12*	(-0,142;-0,009)	0,03*	(0,034; 0,003)	0,95
	$t_{\min}$	67	07.1980	2,0	-0,04*	(-0,040;-0,003)	0,01*	(0,011; 0,001)	0,94
	$t_{\text{sr}}$	56	08.1979	1,8	-0,08*	(-0,093;-0,006)	0,03*	(0,026; 0,002)	0,96
Kraków	$t_{\max}$	47	11.1978	2,5	-0,14*	(-0,171;-0,009)	0,04*	(0,041; 0,004)	0,93
	$t_{\min}$	136	04.1986	2,9	-0,01*	(-0,014;-0,001)	0,01*	(0,014; 0,001)	0,93
	$t_{\text{sr}}$	53	05.1979	2,0	-0,08*	(-0,096;-0,006)	0,03*	(0,027; 0,002)	0,95
Lublin	$t_{\max}$	50	02.1979	2,0	-0,13*	(-0,151;-0,009)	0,04*	(0,041; 0,004)	0,96
	$t_{\min}$	56	08.1979	1,5	-0,10*	(-0,114;-0,008)	0,03*	(0,032; 0,003)	0,97
	$t_{\text{sr}}$	47	11.1978	2,0	-0,16*	(-0,184;-0,011)	0,04*	(0,039; 0,003)	0,94
Łódź	$t_{\max}$	49	01.1979	2,3	-0,12*	(-0,145;-0,008)	0,04*	(0,036; 0,003)	0,94
	$t_{\min}$	55	07.1979	1,7	-0,07*	(-0,081;-0,005)	0,02*	(0,021; 0,002)	0,96
	$t_{\text{sr}}$	51	03.1979	1,8	-0,10*	(-0,115;-0,007)	0,03*	(0,030; 0,003)	0,96

Miasto	Parametr	Nr miesiąca zmiany	Data zmiany	Błąd miesiąca zmiany	Zmiana temp/rok °C	95% P.U.	Zmiana temp/rok °C	95% P.U.	R <sup>2</sup>
Olsztyn	t <sub>max</sub>	49	01.1979	1,9	-0,15*	(-0,173;-0,011)	0,04*	(0,036; 0,003)	0,94
	t <sub>min</sub>	54	06.1979	1,5	-0,07*	(-0,078;-0,005)	0,02*	(0,022; 0,002)	0,97
	t <sub>sr</sub>	51	03.1979	1,7	-0,09*	(-0,105;-0,007)	0,03*	(0,026; 0,002)	0,96
Poznań	t <sub>max</sub>	48	12.1978	1,9	-0,10*	(-0,115;-0,007)	0,03*	(0,029-0,003)	0,96
	t <sub>min</sub>	63	03.1980	2,0	-0,07*	(-0,080;-0,005)	0,02*	(0,024-0,002)	0,95
	t <sub>sr</sub>	48	12.1978	2,0	-0,11*	(-0,133;-0,008)	0,03*	(0,033; 0,003)	0,95
Szczecin	t <sub>max</sub>	56	08.1979	2,0	-0,07*	(-0,079;-0,005)	0,03*	(0,026; 0,002)	0,96
	t <sub>min</sub>	50	02.1979	2,2	-0,08*	(-0,093;-0,005)	0,03*	(0,026; 0,002)	0,95
	t <sub>sr</sub>	49	01.1979	2,0	-0,08*	(-0,094;-0,005)	0,03*	(0,027; 0,002)	0,96
Toruń	t <sub>max</sub>	51	03.1979	1,6	-0,10*	(-0,113;-0,007)	0,03*	(0,027; 0,002)	0,96
	t <sub>min</sub>	49	01.1979	2,2	-0,06*	(-0,065;-0,004)	0,02*	(0,015; 0,001)	0,93
	t <sub>sr</sub>	50	02.1979	1,7	-0,08*	(-0,090;-0,006)	0,02*	(0,022; 0,002)	0,96
Warszawa	t <sub>max</sub>	50	02.1979	2,0	-0,14*	(-0,161;-0,010)	0,04*	(0,037; 0,003)	0,95
	t <sub>min</sub>	53	05.1979	1,6	-0,11*	(-0,126;-0,008)	0,03*	(0,030; 0,003)	0,96
	t <sub>sr</sub>	51	03.1979	1,7	-0,12*	(-0,142;-0,009)	0,04*	(0,035-0,003)	0,96
Wrocław	t <sub>max</sub>	49	01.1979	2,2	-0,13*	(-0,152;-0,009)	0,04*	(0,035; 0,003)	0,94
	t <sub>min</sub>	54	06.1979	2,1	-0,09*	(-0,103;-0,006)	0,03*	(0,028; 0,002)	0,95
	t <sub>sr</sub>	53	05.1979	1,8	-0,10*	(-0,117;-0,007)	0,03*	(0,033; 0,003)	0,96

\* – wynik istotny na poziomie 95%

### 5.3. LICZBA DNI CHARAKTERYSTYCZNYCH POD WZGLĘDEM TERMICZNYM W KOLEJNYCH LATACH

Warunki termiczne w Polsce wykazują duże przestrzenne zróżnicowanie. Ponadto analizowane 40-lecie było bardzo zróżnicowane pod względem termicznym, w efekcie czego liczba dni charakterystycznych pod względem termicznym w kolejnych latach znacząco się od siebie różniła.

Liczba dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) w roku wahała się od 4 do 75. Najmniej wystąpiło ich w 1980 r., w którym średnia liczba z 12 miast wyniosła 10,2 (ryc. 8). Najwięcej dni gorących odnotowano w 2002 r., średnia z 12 miast wyniosła wtedy 61,3, ale wahała się od 14 w Gdańsku do 75 dni w Toruniu i Warszawie. Latami, w których dni gorących było wyjątkowo dużo były także 1983 r. (średnio w Polsce 52,5 dni w roku) i 1992 r. (średnio 54,3 dni, w tym aż 71 dni w Wrocławiu). W obu tych przypadkach gorące lato nie objęło północy kraju.

Okresem, w którym dni gorących było mało, oprócz wyjątkowego 1980 r., była połowa lat 80. XX wieku: 1987 r. ze średnią z analizowanych miast wynoszącą 18,4 dni gorących, 1984 r. ze średnią 20,8 czy rok 1985 ze średnią 24,7. Lata z niewielką średnią liczbą dni gorących zdarzały się także później. W 2004 r. ich średnia wyniosła 28,2, a w północnej i wschodniej Polsce nie przekroczyła 22.

Miastami, w których liczba dni gorących częściej niż w innych przewyższała 50 w roku były Wrocław (w 16 latach), Kraków (w 14 latach), Toruń (w 11 latach) oraz Warszawa i Poznań (w 10 latach). Powyżej 60 dni gorących rocznie odnotowano 5-krotnie we Wrocławiu (1983, 1992, 2002, 2003, 2012), 4-krotnie w Poznaniu (1992, 2002, 2003, 2006), 3-krotnie w Warszawie i Łodzi (1983, 1992, 2002) (ryc. 8).

Liczba dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) w roku zmieniała się od 0 do 26. Najbardziej wyjątkowy pod tym względem był opisywany już rok 1980, kiedy w żadnym z miast nie wystąpił ani jeden dzień upalny. Także w latach 1977 i 1978 dni upalne wystąpiły pojedynczo w Szczecinie, Toruniu, Poznaniu i Warszawie. Liczba dni upalnych wyraźnie wzrosła w 1994 r. i w 2006 r. Szczególnie ciekawy był rok 1994, kiedy to liczba dni gorących nie odbiegała od średniej, zaś liczba dni upalnych była najwyższa w całym 40-leciu i wyniosła średnio 17,9 dnia, a w Łodzi i Wrocławiu sięgnęła 24 (ryc. 9). Rekordy liczby dni upalnych odnotowano wtedy także w Szczecinie (23), Katowicach (19) i Białymstoku (17). Stało się tak dlatego, że w czasie przeciętnego termicznie lata wystąpiła najdłuższa i najintensywniejsza dotychczas notowana fala upałów w Polsce (patrz rozdz. 5.4). W 2006 r. średnia liczba dni upalnych wyniosła 16,2 i miała ona odzwierciedlenie w nieco wyższej od średniej liczbie dni gorących. W 2006 r. rekordy liczby dni upalnych odnotowano w Poznaniu (26), w Warszawie i Krakowie (po 22). Rekordy w pozostałych miastach odnotowano po 2009 r.: w 2009 r. w Olsztynie (16 dni), w 2012 r. w Lublinie (16), w 2014 r. w Toruniu (22) i Gdańsku (7).

Miastami, w których liczba dni upalnych częściej niż w innych przewyższała 15 w roku były Warszawa, Toruń i Poznań (5-krotnie) oraz Kraków (4-krotnie). Z kolei powyżej 20 dni upalnych w roku 2-krotnie odnotowano we Wrocławiu (lata 1992 i 1994) i Łodzi (1994 i 2006). W Gdańsku notowano najczęściej 0–2 dni upalne, w ostatnim czasie wykazują one bardzo duży wzrost częstości występowania (ryc. 9).

Wzrost częstości dni upalnych w ostatnim 20-leciu i szczególnie po 2006 r. nie oznacza, że nie występują lata odbiegające w tym względzie w drugą stronę. W 2011 r. średnia liczba dni upalnych wyniosła jedynie 3,3. Tylko w Krakowie i Katowicach odnotowano ich 5–7, w pozostałych miastach ich liczba była mniejsza. Podobnie było w 2009 r., ze średnią 3,5 dni upalnych, kiedy to na południu kraju liczba dni upalnych wynosiła po 6, zaś w pozostałych regionach wahała się od 0 do 4.

Charakterystyka nocy bardzo ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) i wyodrębnionych z nich nocy gorących (tropikalnych –  $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ) jest wyjątkowo ważna z punktu widzenia obciążenia organizmu mieszkańców miast. Należy założyć, że skoro noc gorącą odnotowano na stacji meteorologicznej, to w obrębie zabudowy miejskiej temperatura powietrza będzie jeszcze wyższa. Zaś brak odpoczynku nocnego od upałów jest dla organizmu człowieka bardzo obciążający. Zgromadzone w organizmie w ciągu upalnego dnia ciepło powinno zostać oddane do otoczenia, a czas snu nocnego, kiedy spowolnieniu ulega większość procesów biologicznych i wewnętrzna produkcja ciepła, jest najlepszym okresem do redukcji tego ciepła. Jeśli przez kolejne dni organizm nie ma takiej możliwości, rośnie prawdopodobieństwo niebezpiecznych stanów chorobowych (Hogan, Burstein 2007).

Obraz bardzo ciepłych nocy wyraźnie pokazuje zmianę warunków termicznych jaka miała miejsce w analizowanym 40-leciu (ryc. 10). Średnia roczna liczba bardzo ciepłych nocy wahała się od 0,1 w 1997 r. do 12,2 w 2010 r. Szczególnie uciążliwy był wspomniany już rok 2010, kiedy to najwyższe liczby takich nocy zanotowano nie tylko w Warszawie (22), czy Poznaniu (15), ale też w Lublinie (14), Toruniu (14), Olsztynie (12) i Białymstoku (10).

Do 1985 r. bardzo często noce takie nie występowały wcale, a do 1993 r. w większości miast ich liczba wynosiła mniej niż 5 w roku. Ich wyraźny wzrost nastąpił w 2002 r., kiedy to w centralnej Polsce odnotowano ich 11–14. Kolejnymi latami z dużą liczbą bardzo ciepłych nocy były 2006, 2010 i 2014.

Na tle kraju pod względem liczby bardzo ciepłych nocy wyróżniał się Gdańsk, gdzie wskutek ocieplającego wpływu morza, liczba nocy bardzo ciepłych była najwyższa w Polsce. Jednak na wybrzeżu nie stanowią one takiego obciążenia dla człowieka jak w pozostałej części kraju, gdyż towarzyszy im większa prędkość wiatru a także niższa temperatura powietrza notowana w ciągu dnia. W Gdańsku aż w 11 latach liczba takich nocy przekraczała 10, a 3-krotnie 20 (2002, 2006, 2010) (ryc. 10).

Tzw. nocy tropikalnych, szczególnie obciążających układ krążenia, w których temperatura powietrza nie spada poniżej  $20^{\circ}\text{C}$ , było w Polsce mało, ale ich liczba nieregularnie rosła. Świadczy o tym zestawienie przedstawione na rycinie 11. Do 1982 r. nie odnotowano w analizowanych miastach żadnej tego typu nocy, a do 1993 r. – jedynie pojedyncze ich przypadki. Z opisanych wcześniej przyczyn ich częstość nad Zatoką Gdańską była największa. W 1994 r. liczba nocy tropikalnych w Gdańsku sięgnęła 9, w Szczecinie 4, zaś po 2 w Warszawie i Łodzi. W 2010 r. odnotowano ich najwięcej: 12 w Gdańsku, 6 w Warszawie, 5 w Poznaniu, a ich średnia roczna liczba z 12 miast Polski wyniosła 3,3 nocy. Z kolei latem 2008 r. w żadnym z miast nie zanotowano ani jednej takiej nocy (ryc. 11).



Kolejną charakterystyką termiczną, opisującą tym razem półrocze chłodne, są dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ). Ich liczba w 40-leciu wahała się od 3 w Gdańsku w 1989 r. do 84 w Białymstoku w 2010 r., zaś średnia z 12 miast wynosiła od 12,3 dnia w 1990 r. do 68,8 w 2010 r. Latami, w których średnia liczba dni z mrozem z 12 miast Polski przewyższała 50 były: 1976, 1980, 1986, 1987, a ponad 60 dni: 1985, 1996 i 2010. Latami z małą liczbą dni z mrozem w Polsce, poniżej 20, były: 1975, 1989, 1990, 1992, 1994, 2000 i 2008, zatem występowały one w każdym kolejnym dziesięcioleciu analizowanego okresu (ryc. 12).

Średnia liczba dni z mrozem z 12 analizowanych miast wykazywała fluktuacje, ale nie cechowała się wyraźnym trendem malejącym. Na szczególną uwagę zasługuje wyjątkowa zima 2009/2010, w czasie której od ostatnich dni 2009 r., przez cały styczeń, do połowy lutego 2010 r. prawie w całej Polsce temperatura maksymalna była znacznie niższa od  $0^{\circ}\text{C}$ , a po nim nastąpiło lato z wieloma gorącymi nocami.

Liczba dni umiarkowanie mroźnych, z najniższą w ciągu doby temperaturą powietrza poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ) to kolejna charakterystyka zim. Dni te często, choć nie zawsze, pokrywają się z dniami z mrozem. Ich liczba w analizowanym 40-leciu wahała się od 0 w kilku miastach do 52 w Białymstoku. Okresem szczególnie częstego ich występowania była połowa lat 80. XX wieku, w szczególności 1987 r., kiedy średnia liczba dni umiarkowanie mroźnych z 12 miast wyniosła 40,7 i 1985 r. – 38,8. W latach 1985 i 1987 zanotowano 11 z 12 najwyższych absolutnych sum dni umiarkowanie mroźnych w analizowanych miastach w badanym 40-leciu (od 32 w Szczecinie do 52 w Białymstoku). Średnia wyższa od 30 dni wystąpiła też w latach 1996 i 2010 (ryc. 13).

Ciekawy obraz wyłania się z analizy liczby dni bardzo mroźnych, kiedy to w czasie całej doby temperatura powietrza nie przewyższa  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ). W analizowanym okresie dnia nie odnotowano (ryc. 14). Średnia ich liczba z 12 miast wynosiła 1,7, ale wahała się od 0 w wielu latach do 10,3 w 1987 r. i 10,7 w 1985 r. Dni bardzo mroźnych było także więcej w latach: 1996 (średnio 7,6), 2012 (5,7) czy 2010 (4,4) i już proste zestawienie na rycinie 14 pokazuje, że częstość dni bardzo mroźnych w ostatnich latach nie tylko nie malała, ale nieznacznie wzrosła. Po 2009 r. na obszarze całej Polski dość często notowano 1–5 takich dni, zaś w latach 2010 i 2012 liczba ta sięgała 12 w Białymstoku, 9 w Krakowie, 8 w wielu innych miastach.

Odmianą charakterystyką półrocza chłodnego jest liczba dni, w których minimalna temperatura w ciągu doby jest niższa od  $0^{\circ}\text{C}$ , zaś maksymalna – wyższa, czyli dni przymrozkowe. Są to dni mocno stymulujące układ termoregulacyjny i wymagające dużej uwagi ludzi w kontekście zachowań przystosowawczych. Średnia roczna liczba takich dni w latach 1975–2014 wyniosła 68,2, jednak wahała się od 49,5 w 2010 r. do 90,5 w 1988 r., kiedy to w 7 miastach wystąpiły najwyższe sumy dni przymrozkowych: 102 w Krakowie, 95–99 w kilku innych miastach (ryc. 15). Latami z wysoką średnią liczbą tych dni były ponadto 2003 r. (średnia z 12 miast: 84,7), 1984 r. (średnia 82,3 i rekord 111 dni we Wrocławiu), 2001 r. (średnia 81,2). Były to lata termicznie przeciętne, niewyróżniające się w innych charakterystykach.



Najmniejsza średnia liczba dni przymrozkowych charakteryzuje Gdańsk i Szczecin, czyli obszar o cechach morskich klimatu. Najwięcej dni z przejściem temperatury powietrza przez 0°C, zanotowano we Wrocławiu i Krakowie, (ryc. 15).

Liczba dni z silnie bodźcową dobową amplitudą temperatury powietrza  $\geq 12^{\circ}\text{C}$  wykazywała duże zróżnicowanie na obszarze Polski: od 6 w Gdańsku w 1994 r. do 155 w Krakowie w 2006 r. W Gdańsku ich największa liczba w roku (73 w 1982 r.) jest zbliżona do najmniejszej we Wrocławiu (71 w 1980 r.). Ogólnie na podstawie analizy danych z 12 miast wyróżnia się wybrzeże Morza Bałtyckiego z małymi dobowymi kontrastami termicznymi, co jest oczywiste z racji łagodzącego oddziaływania morza oraz południe Polski (Wrocław, Katowice, Kraków) z bardzo dużą liczbą dni o dużych kontrastach w ciągu doby (ryc. 16). Polska centralna cechuje się wartościami pośrednimi.

Średnia roczna liczba takich dni z wszystkich 12 analizowanych miast wynosiła 82,1 dnia i wahała się od 52,3 w 1980 r. do 104,4 w 2003 r. (ryc. 16). Na rycinie 16 wyróżnia się okres drugiej połowy lat 1970. z wyraźnie zmniejszoną liczbą dni silnie bodźcowych, duże ich zmiany z roku na rok, ale także ogólna tendencja rosnąca częstości tych dni.

Bodźcowe są także dni ze zmianą średniej dobowej temperatury powietrza w stosunku do dnia poprzedzającego ( $\Delta t$ ) większą od  $6^{\circ}\text{C}$ , w tym zarówno spadki, jak i wzrosty (ryc. 17). Liczba tego typu zmian w latach 1975–2014 wahała się od 0 do 17. Średnio w 12 miastach w roku notowano 7,0 takich zmian. Latami wyraźnie obiegającymi od średniej były 1985 i 1987, te same, w których notowano najwięcej dni umiarkowane i bardzo mroźnych. Średnia liczba dni silnie bodźcowych w tych latach była blisko dwukrotnie wyższa od średniej z wielolecia i wyniosła odpowiednio 13,2 i 13,0 dnia. Według tej charakterystyki najłagodniejszymi warunkami cechuje się Szczecin, gdzie zarówno średnia roczna liczba dni była najmniejsza (4,6 dnia), jak i najwyższe notowane w 40-leciu wartości, które osiągnęły jedyne 9,0 (1986 r.).

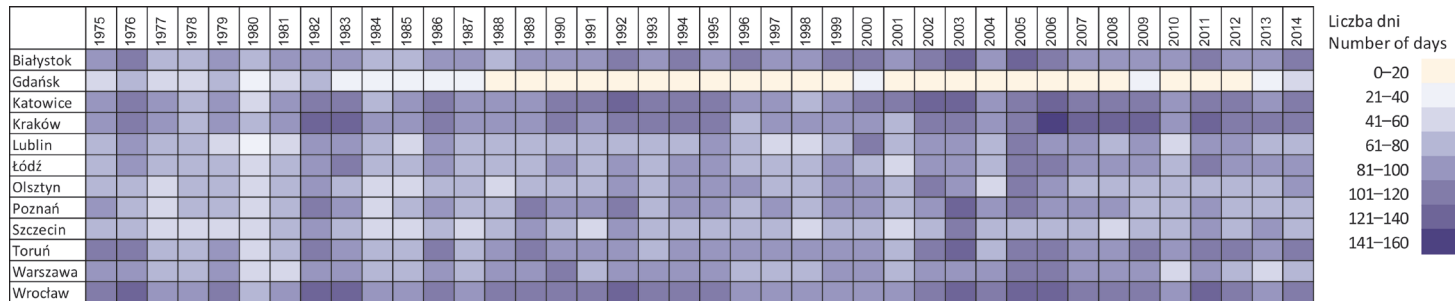
Zmiana średniej dobowej temperatury powietrza w stosunku do dnia poprzedzającego większa od  $6^{\circ}\text{C}$  jako charakterystyka termiczna nie zależy silnie od warunków klimatycznych miasta, a bardziej niż inne wynika z ostrych i kontrastowych warunków meteorologicznych panujących w danym roku.





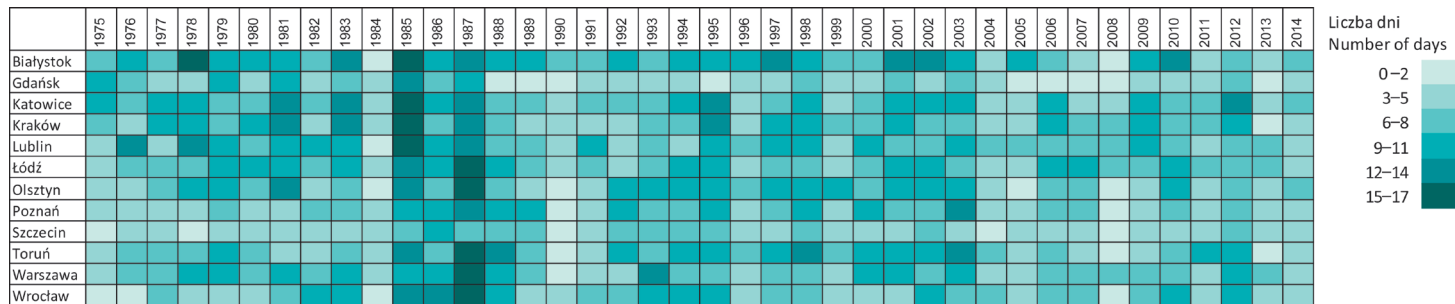






Ryc. 16. Liczba dni z dobową amplitudą temperatury powietrza ( $dt$ )  $\geq 12^{\circ}\text{C}$  w kolejnych latach 1975–2014

Fig. 16. Number of days with daily amplitude of air temperature ( $dt$ )  $\geq 12^{\circ}\text{C}$  in the succeeding years of 1975–2014



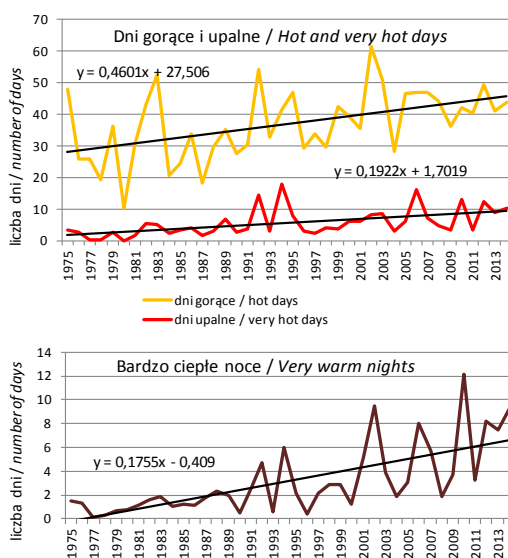
Ryc. 17. Liczba dni ze zmianą średniej dobowej temperatury powietrza ( $\Delta t$ )  $> 6^{\circ}\text{C}$  w kolejnych latach 1975–2014

Fig. 17. Number of days with day-to-day change of mean daily air temperature ( $\Delta t$ )  $> 6^{\circ}\text{C}$  in the succeeding years of 1975–2014

TREND LICZBY DNI CHARAKTERYSTYCZNYCH  
POD WZGLĘDEM TERMICZNYM

Podsumowaniem przedstawionej uprzednio zmienności częstości dni charakterystyczne pod względem termicznym jest obraz trendu średnich rocznych sum danych dni z 12 analizowanych miast.

Proste regresji wskazują na wzrost częstości dni gorących i upalnych. Najogólniej można stwierdzić, że dni gorące zmieniły swą częstość od ok. 28 w 1975 r. do 46 dni w 2014 r., podobnie dni upalne od 2 do 10 w roku. Jednak średnia roczna danych dni w kolejnych latach znacząco odbiegała od trendu. Liczba bardzo ciepłych nocy wzrosła jeszcze mocniej, od 2 do ponad 6, i w tym przypadku współczynnik determinacji był znacznie wyższy i wynosił 0,48 (ryc. 18).

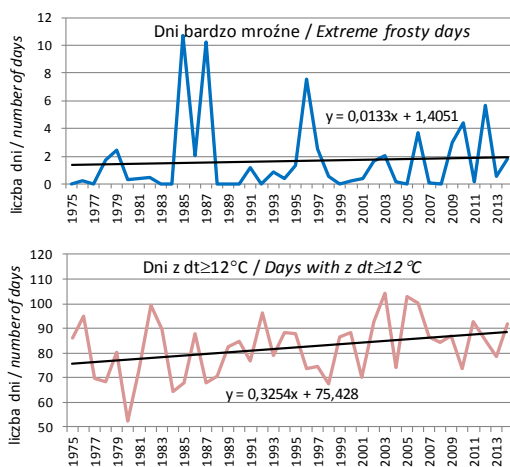


Ryc. 18. Średnia liczba dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) i upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) oraz bardzo ciepłych nocy ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) w kolejnych latach 1975–2014 wraz z liniami trendu  
Fig. 18. Average number of hot ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) and very hot days ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) and very warm nights ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) in the succeeding years of 1975–2014 with trend lines

Przedstawiona na rycinie 19 średnia z 12 miast liczba dni bardzo mroźnych zmieniała się znacznie z roku na rok, a trend liniowy wykazywał jedynie niewielki wzrost w badanym okresie. Wyraźny i stały trend wzrostowy cechował natomiast liczbę dni z dużą dobową amplitudą temperatury powietrza. Ich częstość zmieniała się od 76 w 1975 r. do 88 w ostatnich latach.

W analizie istotności statystycznej zmian liczby dni charakterystycznych pod względem termicznym, zastosowano metodę regresji segmentowej. Na rycinie 20 liniami prostymi przedstawione zostały trendy i punkty zmiany trendu, a jeśli tak jak w przypadku liczby dni gorących czy dni z mrozem, nie udało się znaleźć punktu zmiany – dopasowana została linia prosta. W tabeli 13 zebrano wartości nachyleń prostych, które wyznaczają zmianę rocznej liczby

danych dni, rok zmiany, jeśli taki określono, przedziały ufności oraz oznaczenie istotności statystycznej danego trendu.

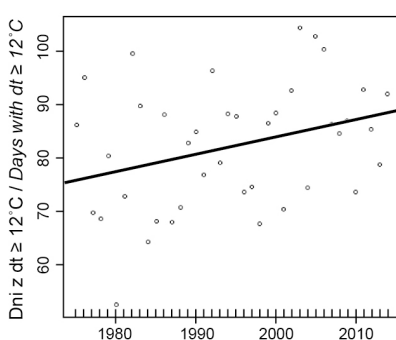
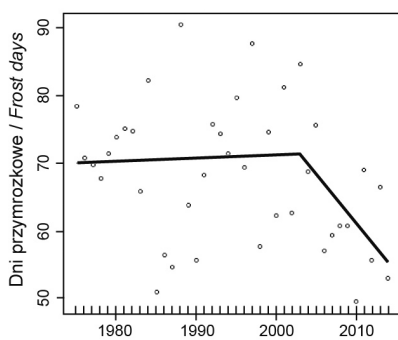
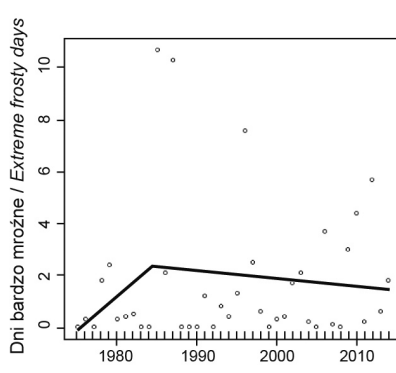
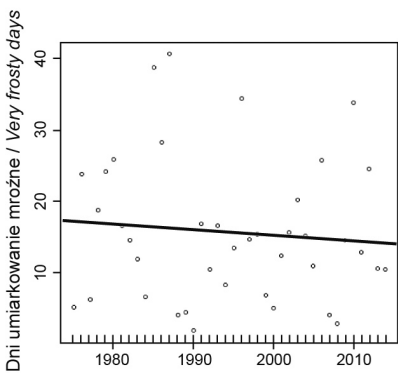
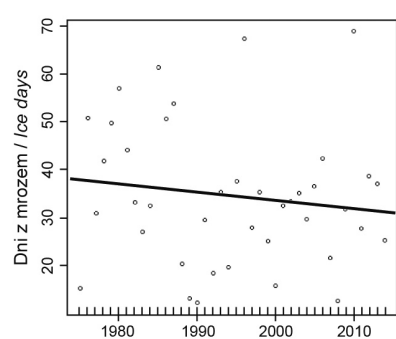
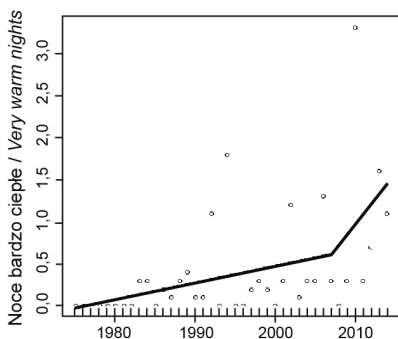
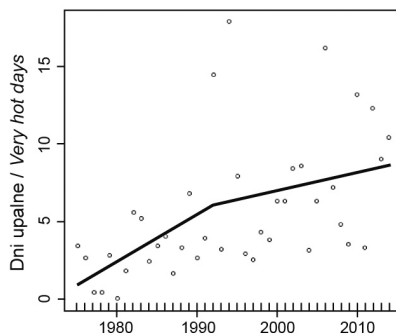
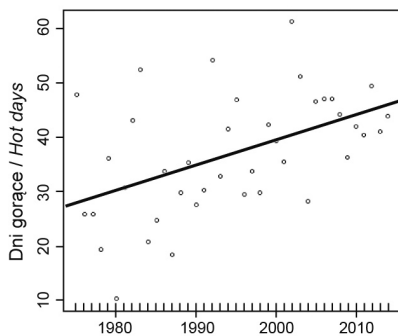


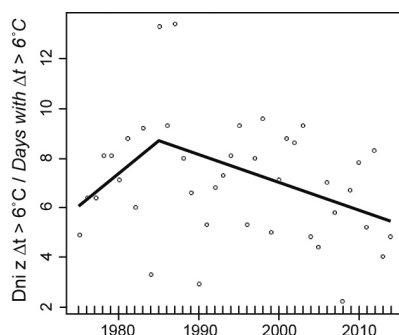
Ryc. 19. Średnia liczba dni bardzo mroźnych ( $t_{\max} \leq -10^\circ\text{C}$ ) oraz dni z dobową amplitudą temperatury powietrza  $\geq 12^\circ\text{C}$  w kolejnych latach 1975–2014 wraz z liniami trendu  
 Fig. 19. Average number of extreme frosty days ( $t_{\max} \leq -10^\circ\text{C}$ ) and days with daily air temperature amplitude  $\geq 12^\circ\text{C}$  in the succeeding years of 1975–2014 with trend lines

Dni gorące w latach 1975–2014, średnio w 12 miastach wykazywały stały i wysoce statystycznie istotny wzrost o 4,6 dnia na każde 10 lat. Wyodrębnione wśród nich dni upalne cechował nieistotny statystycznie, choć znaczący, wzrost o 0,3 dnia/rok do 1992 r., następnie o 0,1 dnia/rok. Noce bardzo ciepłe, które zaczęły pojawiać się w Polsce w połowie lat 80. XX wieku, wykazywały się minimalnym wzrostem do 2007 r., a potem ostrzejszym, choć także statystycznie nieistotnym wzrostem o 0,1 dnia/rok (ryc. 20; tab. 13).

Liczba dni z mrozem spadała w całym analizowanym okresie o blisko 0,2 dnia/rok, podobnie dni umiarkowanie mroźnych notowano średnio o 0,1 dnia mniej na każdy kolejny rok. Inaczej sytuacja się przedstawiała w przypadku dni przymrozkowych, których średnia liczba wahała się w analizowanym okresie znacznie, ale wyznaczony trend był praktycznie niezmienny do 2003 r., po czym zaczął wykazywać duży, choć statystycznie nieistotny spadek, 1,5 dnia/rok. Świadczy to o tym, że przejściowe pory roku się polaryzują, coraz więcej dni jest albo wyraźnie ciepłych albo wyraźnie chłodnych. Także dla dni bardzo mroźnych określono punkt zmiany trendu, w 1984 r. Do tego czasu ich średnia liczba rosła o 0,3 dnia/rok, zaś potem cechowała się niewielkim trendem malejącym.







Ryc. 20. Trendy liczby dni charakterystycznych w Polsce (średnia z 12 miast) wyznaczone metodą regresji segmentowej, 1975–2014

Fig. 20. Trends of number of thermally characteristic days in Poland (average of 12 cities, 1975–2014) defined with the use of segmented regression method

Interesujący jest stały i statystycznie istotny wzrost liczby dni z dużą dobową amplitudą temperatury powietrza, wynoszący 3,2 dnia/10 lat. Wzrost liczby dni z dużymi dobowymi amplitudami świadczy o wzroście kontrastów termicznych. Liczba dużych zmian średniej dobowej temperatury powietrza z dnia na dzień rosła do 1985 r. w tempie 2,6 dnia/10 lat, po czym rozpoczął się jej wyraźny, stały i statystycznie istotny spadek o 0,1 dnia/rok (ryc. 19; tab. 13).

Tabela 13. Charakterystyka trendów liczby dni charakterystycznych pod względem termicznym (średnia z 12 miast), rok zmiany trendu oraz przedziały ufności (P.U.)

Dni	Rok zmiany	Trend	Zmiana l.dni/rok	95% P.U.
Gorące	–	1	0,46*	(0,20; 0,72)
Upalne	1992	1	0,30	(-0,04; 0,65)
		2	0,12	(-0,14; 0,37)
Noce bardzo ciepłe	2007	1	0,02	(0,00; 0,04)
		2	0,12	(-0,07; 0,30)
Dni z mrozem	–	1	-0,17	(-0,56; 0,22)
Dni umiarkowanie mroźne	–	1	-0,08	(-0,35; 0,19)
Dni bardzo mroźne	1984	1	0,27	(-0,34; 0,87)
		2	-0,03	(-0,15; 0,08)
Dni przymrozkowe	2003	1	0,03	(-0,40; 0,47)
		2	-1,47	(-3,34; 0,40)
Dni z $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$	–	1	0,32*	(0,02; 0,63)
Dni z $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	1985	1	0,26	(-0,25; 0,78)
		2	-0,11*	(-0,21; -0,01)

\* – wartość istotna statystycznie na poziomie 95%

Podsumowując zmiany dni charakterystycznych termicznie – w analizowanym 40-leciu istotnie wzrosła częstość dni gorących oraz, nieistotnie statystycznie, ale wciąż znacząco – liczba dni upalnych. Z porównania liczby dni gorących i dni upalnych wynika, że ich największe wartości występują w zupełnie różnych latach, co świadczy, że są lata gorące, w których notuje się niewiele dni upalnych i lata termicznie przeciętne z okresami szczególnych upałów.

W ostatnich latach bardzo wyraźnie wzrosła częstość nocy bardzo ciepłych, zaczęły pojawiać się noce gorące. Istotnie malała liczba dni przymrozkowych, a tylko nieznacznie – liczba dni z mrozem oraz umiarkowanie i bardzo mroźnych. Rosła liczba dni z dużą dobową amplitudą temperatury powietrza.

Opisany przypadek zimy 2009/2010 oraz fakt, że w ostatnich latach wzrostowi częstości dni upalnych nie towarzyszy znaczący spadek liczby dni mroźnych pokazuje charakter obecnych zmian klimatu, w których ocieplenie nie oznacza braku srogich zim, a jedynie rozchwianie częstości dni termicznie ekstremalnych.

#### 5.4. OKRESY GORĄCE

Ogólne spojrzenie na wykresy liczby okresów gorących i sumy dni w nich zawartych (ryc. 21–32), jasno pokazuje wzrost natężenia zjawiska od 1994 r., a w szczególności po 2004 r. W wielu regionach Polski w latach 70. XX wieku fale upałów definiowane jako minimum 3 kolejne dni upalne, ale także okresy upalne praktycznie nie występowały. Dlatego tym większe znaczenie miało zdefiniowanie okresów gorących poprzez wartość centyli temperatury powietrza, zwłaszcza liczonych osobno dla każdego kolejnego dziesięciolecia, co jak pokazano w przeglądzie literatury w czasie zmian klimatu zaczyna być coraz częściej stosowane w pracach z dziedziny bioklimatologii (tab. 14).

Próba zdefiniowania okresów gorących jako 3 kolejne dni z temperaturą maksymalną powyżej 95 centyla, którego wartość z całego okresu wahała się od 26,6°C w Gdańsku po 27,9°C we Wrocławiu i Poznaniu spowodowała, że liczba tak zdefiniowanych okresów wyniosła od 83 w Gdańsku po 110 w Toruniu. W celu wydzielenia mniejszej liczby okresów, o bardziej kontrastowych warunkach w stosunku do pozostałych dni, należałoby zwiększyć minimalną długość okresów do np. 6 dni lub podwyższyć próg wyznaczający dany okres. W tym opracowaniu zdecydowano się na drugie rozwiązanie, wykorzystując wartość 99 centyla temperatury maksymalnej i 3 dni.

Ogólnie wzrost wartości 99 centyla temperatury maksymalnej obliczonego dla kolejnych dekad pomiędzy dekadą 1975–1984 a 2005–2014 układa się w pewne pasma idące od północnego zachodu po południowy wschód. W Gdańsku nie odnotowano żadnej zmiany, zaś w Szczecinie zmianę o 0,7°C. Różnica w Toruniu i Poznaniu wyniosła 1,3–1,7°C, 2,0–2,6°C w Olsztynie, Wrocławiu, Łodzi, Warszawie i Białymstoku, po 3,0–3,1°C w Katowicach, Krakowie i Lublinie.

Tabela 14. Wartości 99 centyla temperatury maksymalnej ( $t_{\max}$ ) oraz 90 i 95 centyla temperatury pozornej (AT, °C) wykorzystane w definicjach okresów gorących

Miasta	$t_{\max}$ i AT	1975-2014	1975-1984	1985-1994	1995-2004	2005-2014
Białystok	$t_{\max} - 99$	29,9	28,2	30,1	30,2	30,8
	AT - 95	25,7	25,2	24,8	26,3	26,5
	AT - 90	23,0	22,6	22,1	23,6	23,5
Gdańsk	$t_{\max} - 99$	28,3	27,9	28,2	29,5	27,9
	AT - 95	23,4	23,1	22,5	23,3	24,2
	AT - 90	20,8	20,6	19,7	20,8	21,9
Katowice	$t_{\max} - 99$	30,8	28,9	31,3	30,3	31,9
	AT - 95	26,1	25,2	25,7	26,4	27,1
	AT - 90	23,5	22,9	23,1	23,9	24,4
Kraków	$t_{\max} - 99$	31,0	29,2	31,5	30,6	32,3
	AT - 95	26,7	25,5	26,8	26,8	28,0
	AT - 90	24,1	23,2	23,6	24,2	25,3
Lublin	$t_{\max} - 99$	30,2	28,1	30,3	30,1	31,2
	AT - 95	26,1	25,2	25,7	26,5	27,3
	AT - 90	23,4	22,7	22,5	24,0	24,5
Łódź	$t_{\max} - 99$	31,1	29,6	31,7	31,0	31,9
	AT - 95	26,1	25,4	25,8	26,4	26,9
	AT - 90	23,5	22,9	23,1	23,9	24,0
Olsztyn	$t_{\max} - 99$	30,1	28,8	30,5	30,1	30,8
	AT - 95	25,1	24,6	24,2	25,4	25,7
	AT - 90	22,4	21,9	21,4	23,0	23,0
Poznań	$t_{\max} - 99$	31,5	30,5	31,4	31,6	32,2
	AT - 95	26,0	25,3	25,3	26,5	27,2
	AT - 90	23,3	22,5	22,5	24,0	24,2
Szczecin	$t_{\max} - 99$	30,7	30,2	31,6	30,3	30,9
	AT - 95	26,0	25,9	25,8	26,0	26,5
	AT - 90	23,2	22,7	22,9	23,3	23,6
Toruń	$t_{\max} - 99$	31,5	30,8	31,9	31,4	32,1
	AT - 95	26,3	25,9	25,5	26,6	27,0
	AT - 90	23,5	23,1	22,6	23,9	24,2
Warszawa	$t_{\max} - 99$	31,0	29,5	31,4	30,8	32,0
	AT - 95	26,4	25,8	26,2	26,7	27,2
	AT - 90	23,9	23,4	23,3	24,2	24,6
Wrocław	$t_{\max} - 99$	31,4	30,1	31,8	31,3	32,1
	AT - 95	26,7	26,1	26,4	26,8	27,5
	AT - 90	24,0	23,5	23,5	24,5	24,6

Na wszystkich stacjach z wyjątkiem Gdańska widoczny jest wzrost temperatury maksymalnej pomiędzy dekadami 1975–1984 i 1985–1994 oraz 1995–2004 i 2005–2014, z kolei wyraźny spadek między okresem 1985–1994 a 1995–2004, widoczny w 9 miastach, z wyjątkiem Białegostoku i Poznania. Odmienne przedstawia się sytuacja w Gdańsku, nie jest to jednak wynikiem innego kierunku zmian klimatu w Gdańsku, a skutkiem zmian lokalizacji stacji opisanymi w rozdz. 2.

W celu ułatwienia analizy okresów gorących, poszczególnym definicjom, opisanym w skrócie poniżej, przypisane zostaną numery. Pełny ich opis znajduje się w rozdz. 2:

- I fala upałów – przynajmniej 3 kolejne dni upalne z  $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ;
- II okres upalny – przynajmniej 3 kolejne dni ze średnią  $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ , podczas których dni upalne stanowią co najmniej połowę, a ciąg dni gorących między upalnymi nie przekracza 3 dni;
- III  $t_{\max} \geq 99$  centyla – przynajmniej 3 kolejne dni z  $t_{\max} \geq 99$  centyla liczonego dla kolejnych dekad (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);
- IV fala ciepła – AT – przynajmniej 6 kolejnych dni (5 dni w maju i czerwcu) z temperaturą pozorną z godz.12 UTC  $> 95$  centyla, rozpoczynający się wzrostem temperatury o co najmniej  $2^{\circ}\text{C}$  w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach jednodniowych AT  $> 90$  centyla;
- V  $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$  – przynajmniej 3 kolejne noce bardzo ciepłe z  $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ .

Na rycinach od 21 do 32 przedstawiona jest liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów w 12 miastach w Polsce, jednak do opisu wybrano przede wszystkim I, ale sporadycznie, gdy uznano za konieczne – komentowano okresy gorące wyznaczone według pozostałych definicji, przede wszystkim III. Definicja I jest najpowszechniej stosowaną metodą wyznaczania fal upałów i zastosowanie jej umożliwia porównywanie z pracami innych autorów. Definicja III wprowadza element adaptacji do warunków, w jakich żyje człowiek, zakłada zgodnie z prawdą, że warunki ekstremalne zmieniały się z czasem i co innego było skrajnym obciążeniem w latach 80. XX wieku, a co innego na początku XXI wieku. Według obydwu powyższych definicji wydzielono najbardziej intensywne fale upałów i okresy gorące, dlatego też to właśnie one zostały dokładnie przedstawione.

#### CHARAKTERYSTYKA OKRESÓW GORĄCYCH W KOLEJNYCH MIASTACH

W Białymstoku, najchłodniejszym z analizowanych miast, o klimacie najbardziej kontynentalnym, w latach 1975–2014 wystąpiło 13 fal upałów wg definicji I, a pierwszą z nich odnotowano dopiero pod koniec sierpnia 1992 r. Średnia maksymalna temperatura powietrza sięgnęła  $33,5^{\circ}\text{C}$  w czasie najdłuższej, 9-dniowej fali upałów pod koniec lipca 1994 r. (ryc. 21; tab. 15). Okresy gorące (III definicja) trwały od 3 do 9 dni, a ich intensywność wyznaczona średnią maksymalną temperaturą powietrza zmieniała się od  $30,3^{\circ}\text{C}$  do  $33,5^{\circ}\text{C}$ .

W Gdańsku fala upałów (I) wystąpiła jeden raz, w dniach 2–4 sierpnia 2014 r., osiągając intensywność  $32,8^{\circ}\text{C}$ . Inne okresy gorące notowano sporadycznie (ryc. 22; tab. 15). Gdańsk wyróżnia się spośród analizowanych miast

dużą liczbą okresów z następującymi po sobie bardzo ciepłymi nocami (V), co wynika z położenia stacji w bezpośrednim sąsiedztwie morza i zmniejszonego wychładzania nocnego. Bardzo ciepłe i gorące noce stanowią duże obciążenie dla człowieka, jeszcze większe gdy występują w długich ciągach, gdy utrudnienia w oddawaniu ciepła z organizmu się przedłużają.

Katowice i Kraków są najbliższymi sobie położonymi miastami wśród analizowanych i liczby okresów gorących oraz ich charakterystyki w tych miastach są bardzo do siebie podobne (ryc. 23, 24). W Katowicach odnotowano 27 fal upałów (I), w Krakowie 28, a trwały 3-11 dni (tab. 15). W tych samych latach notowano je po 2 lub 3 w roku, ale nawet jeśli liczba fal się różniła między miastami, liczba dni w nich zawarta była zbliżona. Ich intensywność w Katowicach wahała się od 30,8°C do 33,8°C (27-29.07.2013), zaś w Krakowie od 30,4°C do 34,6°C (15-17.07.2007). Okresy gorące w Katowicach i Krakowie miały podobną średnią długość i ten sam zakres długości, jedynie w ciągu roku rozpoczynały się nieco wcześniej w Krakowie.

Lublin i Olsztyn, pomimo znacznego oddalenia geograficznego, cechują się podobnymi średnimi warunkami termicznymi oraz podobną liczbą okresów gorących. Wg I definicji w Lublinie wydzielono 19 fal upałów, w Olsztynie - 18. Najdłuższa fala w Lublinie trwała 10 dni (25.07-3.08.1994), w Olsztynie - 8 dni (26.07-2.08.1994) (tab. 15). W Olsztynie zanotowano aż 3 majowe fale ciepła (IV), w Lublinie zaś tylko 1 (ryc. 25, 26).

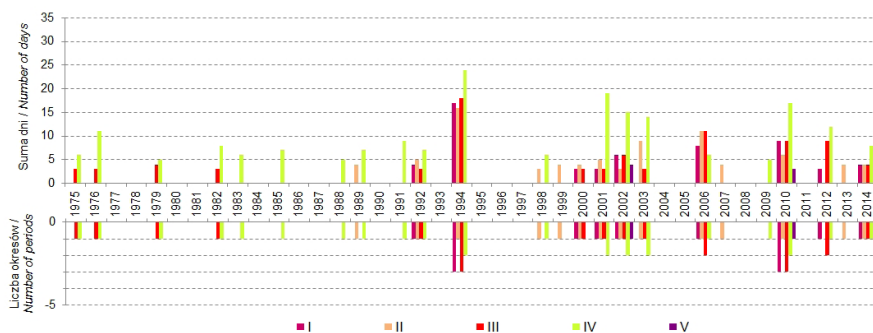
Charakterystyka okresów gorących w Łodzi, położonej w środku Regionu Centralnego, przypomina częściowo cechy tej charakterystyki klimatu z Torunia, częściowo z opisanych już Katowic. W Łodzi w latach 1975-2014 odnotowano 27 fal upałów (I), o intensywności od 30,6°C do 34,1°C. Większość (15) fal rozpoczęło się w lipcu, 2 fale rozpoczęły się w maju (1979 r. i 2005 r.). W Łodzi wystąpiło 12 ciągów nocy bardzo ciepłych, z których pierwszy odnotowano już 1 czerwca 1979 r. (ryc. 27; tab. 15).

W Poznaniu fal upałów (I) było aż 34, zaś okresów gorących według definicji III wydzielono 15 i cechowała je przeciętna długość i intensywność. Podobnie inne charakterystyki były nieznacznie wyższe od średniej dla Polski, co nie jest niczym dziwnym, wszak Poznań leży w środkowo-zachodniej, cieplejszej części kraju. Znacznie większa od przeciętnej była w Poznaniu częstość ciągów nocy bardzo ciepłych, których zanotowano tu aż 14. Jest to o tyle istotne, że średnia liczba takich okresów z 12 miast wynosi niespełna 10, ale średnia z 11 miast, z pominięciem wyjątkowego w tym względzie Gdańska - zaledwie 7,5 (ryc. 28; tab. 15).

Tabela 15. Charakterystyka okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V), w 12 miastach Polski, w latach 1975–2014: ich liczba (l.), liczba dni nimi objęta (dni), średnia długość (śr.), intensywność wyrażona średnią maksymalną temperaturą powietrza ( $t_{\max}$ )

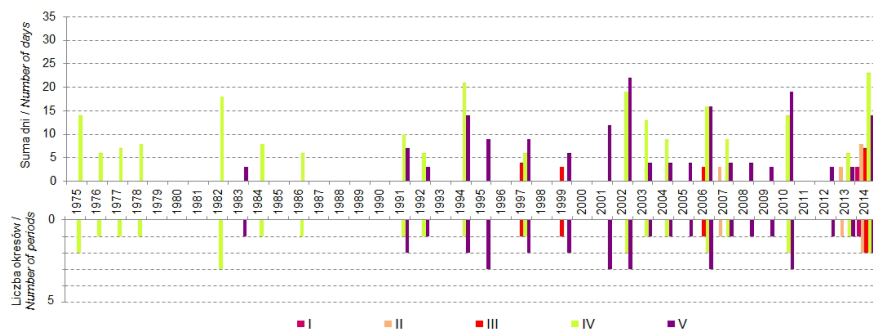
Definicje	I				II				III				IV				V			
	l.	dni	śr.	$t_{\max}$	l.	dni	śr.	$t_{\max}$	l.	dni	śr.	$t_{\max}$	l.	dni	śr.	$t_{\max}$	l.	dni	śr.	$t_{\max}$
Białystok	13	57	4,4	32,1	14	82	5,6	30,8	20	82	4,1	31,2	25	197	7,9	28,7	2	7	3,5	31,2
Gdańsk	1	3	3,0	32,8	4	14	3,5	30,9	5	17	3,4	30,5	26	219	8,4	26,1	35	163	4,7	24,5
Katowice	27	108	4,0	32,0	27	189	7,0	30,5	20	76	3,8	31,9	30	224	7,5	29,7	3	13	4,3	31,8
Kraków	28	114	4,1	32,3	33	221	6,7	30,6	20	73	3,6	32,6	30	211	7,0	29,6	5	16	3,2	31,9
Lublin	19	75	3,9	32,0	18	122	6,8	30,4	16	66	4,1	31,6	28	209	7,5	28,6	4	14	3,5	31,3
Łódź	27	124	4,6	32,1	38	217	5,7	30,6	14	60	4,3	32,4	24	178	7,4	29,7	12	41	3,4	31,2
Olsztyn	18	74	4,1	31,9	15	96	6,4	30,8	17	68	4,0	31,8	31	231	7,4	28,2	3	9	3,0	30,5
Poznań	34	141	4,1	32,1	34	217	6,4	30,8	15	61	4,1	33,1	29	226	7,8	29,8	14	52	3,7	31,4
Szczecin	24	95	4,0	32,0	22	144	6,5	30,7	14	63	4,5	32,8	30	255	8,5	29,0	6	20	3,3	32,0
Toruń	35	142	4,1	32,3	39	248	6,4	30,8	15	59	3,9	33,1	24	184	7,7	30,2	12	39	3,2	32,1
Warszawa	33	131	4,0	32,0	30	204	6,8	30,6	18	74	4,1	32,3	29	218	7,5	29,9	16	73	4,6	31,0
Wrocław	33	141	4,3	32,3	38	232	6,1	30,5	16	60	3,8	32,7	24	180	7,5	29,8	5	15	3,0	30,4
12 miast	24	100	4,0	32,2	26	166	6,2	30,7	16	63	4,0	32,6	28	211	7,7	29,1	10	38	3,6	30,8





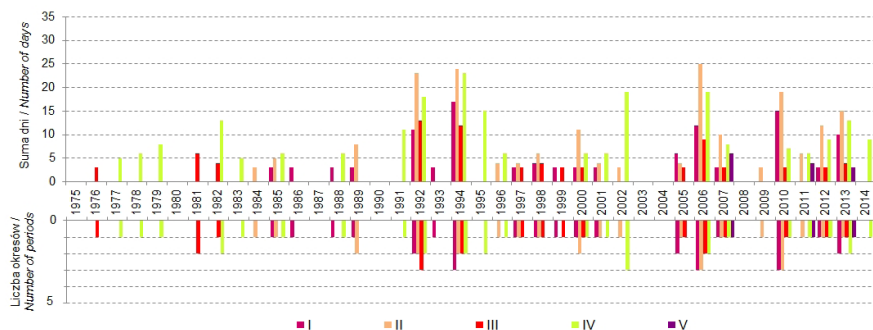
Ryc. 21. Białystok – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 21. Białystok – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



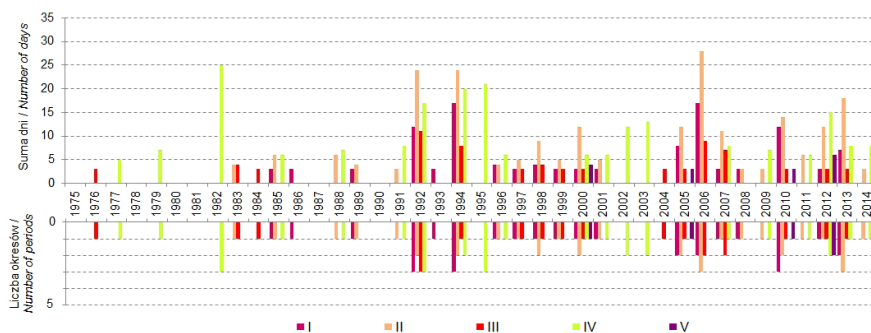
Ryc. 22. Gdańsk – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 22. Gdańsk – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



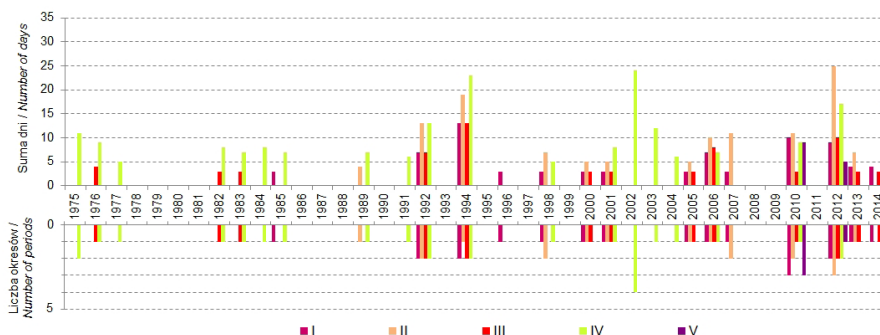
Ryc. 23. Katowice – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 23. Katowice – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



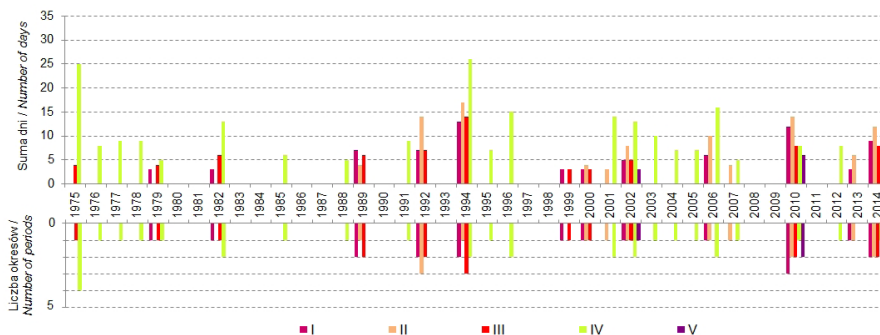
Ryc. 24. Kraków – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 24. Kraków – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



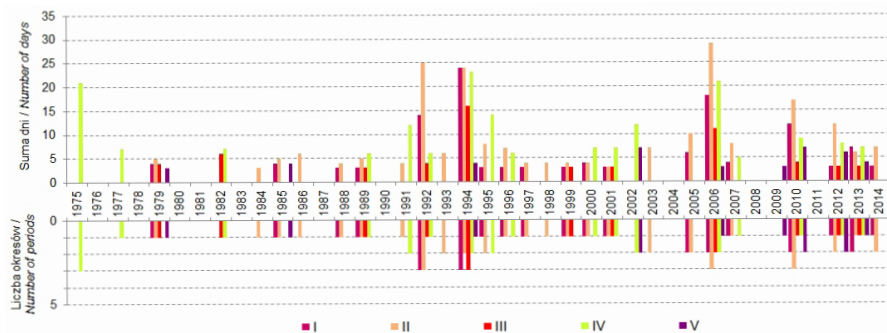
Ryc. 25. Lublin – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 25. Lublin – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



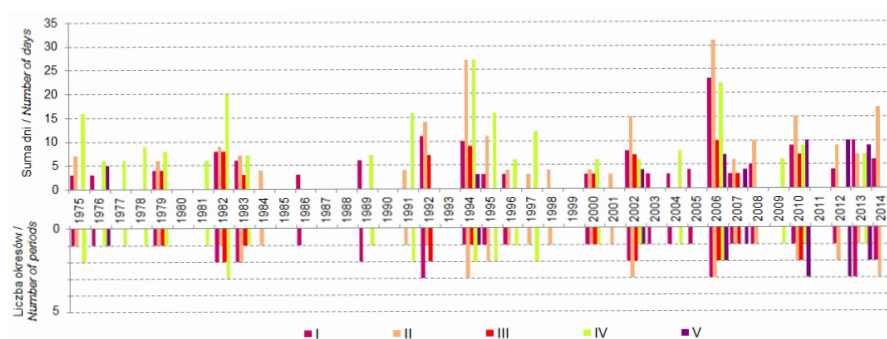
Ryc. 26. Olsztyn – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 26. Olsztyn – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



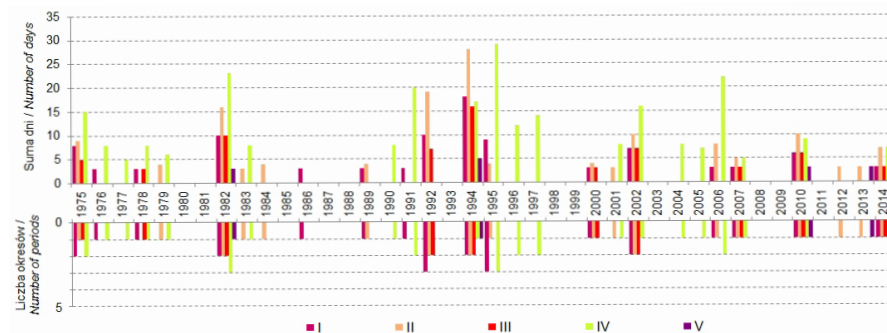
Ryc. 27. Łódź – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 27. Łódź – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 28. Poznań – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 28. Poznań – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 29. Szczecin – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 29. Szczecin – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014

Szczecin, leżący na granicy regionów Pojeziernego i Nadmorskiego, nad Jeziorem Dąbie i rozlewiskami dolnej Odry, dodatkowo znajdując się pod wpływem oddziaływania Morza Bałtyckiego. Cechuje się klimatem znacznie łagodniejszym i cieplejszym w porównaniu z resztą kraju. Fal upałów (I) wystąpiło tu dokładnie tyle, ile wynosi średnia z 12 miast, a notowano je od pierwszego do ostatniego roku analizowanego 40-lecia (ryc. 29; tab. 15). Odnotowano tu najwięcej, obok Katowic i Krakowa fal ciepła – 30 (V definicja). W Szczecinie zanotowano jedynie 6 ciągów nocy bardzo ciepłych, w: 1998, 1994, 2010, 2013 i 2 w 2014 r. (ryc. 29).

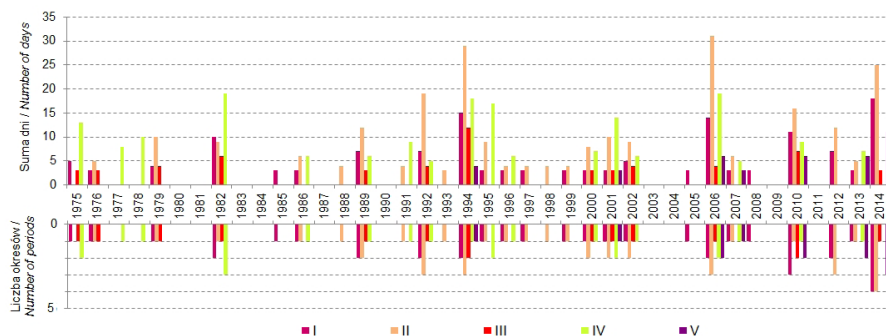
W Toruniu zanotowano najwięcej fal upałów (I) wśród analizowanych miast – 35, choć były krótkie, zazwyczaj 3-dniowe. Interesująca była 3-dniowa wczesna fala upałów, z 28-30 kwietnia 2012 r. i  $t_{\max}$  31,2°C. Podobnie najwięcej odnotowano tu okresów upalnych (II), a występowały w ciągu roku od 30 maja do 31 sierpnia, podobnie jak w Łodzi czy Warszawie. Ciągi nocy bardzo ciepłych wystąpiły w Toruniu 12-krotnie, pierwszy w 1994 r., ich intensywność była największa wśród analizowanych miast (ryc. 30; tab. 15).

W Warszawie wystąpiło 33 fale upałów (I). Najdłuższa z nich miała zaledwie 10 dni, jednak kilkakrotnie notowano 3 fale w sezonie, przedzielone tylko 1 dniem chłodniejszym (1992, 1994, 2012), a 1 raz – 4 fale (2010 r.) (ryc. 31). W Warszawie odnotowano największą, poza Gdańskiem, liczbę ciągów nocy bardzo ciepłych - 16, które wystąpiły w 9 latach. W lipcu 2010 r. 3 ciągi nocy bardzo ciepłych oddzielone pojedynczymi dniami, w których temperatura minimalna także była wysoka i nie spadała poniżej 17°C, utworzyły łącznie ciąg 14 wyjątkowo ciepłych nocy, z czego 4 były nocami tropikalnymi. Najdłuższy, nieprzerwany ciąg nocy bardzo ciepłych wyniósł 10 (26.07–4.08.2014 r.), ale nie wystąpiły w nim noce gorące.

We Wrocławiu fal upałów (I) było aż 33, w tym najdłuższa spośród wszystkich miast – trwająca 16 dni (22.07–6.08.1994 r.) (ryc. 32). Okresy gorące (III) występowały od 1976 r. do 2013 r., łącznie w 13 latach, zazwyczaj pojedynczo, jedynie w 1994 r. wydzielono 3 tego typu okresy. Na stacji lotniskowej Wrocław-Strachowice, z dala od zabudowy miasta, podobnie jak w Krakowie-Balicach, czy Katowicach-Pyrzowicach w ciągu nocy dochodzi do znacznego wychłodzenia, dlatego też notuje się tu mało ciągów bardzo ciepłych nocy. W 40-leciu 1975–2014 zanotowano jedynie 5 takich 3-dniowych okresów (ryc. 32; tab. 15).

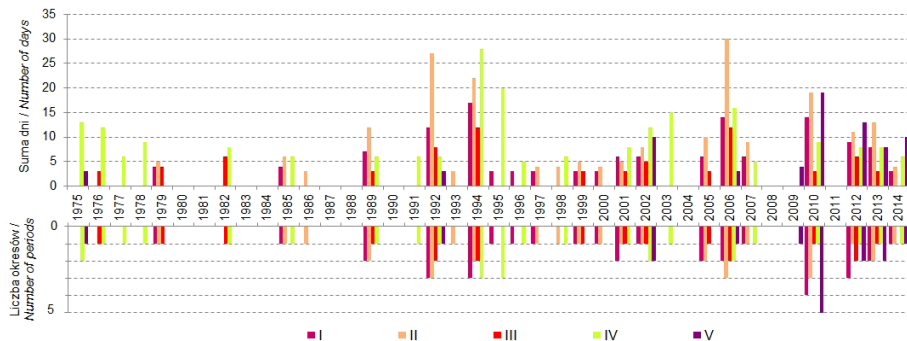
Podsumowując, podobne w założeniach do siebie definicja I i III prowadziły do wydzielenia fal upałów i okresów gorących średnio o podobnej długości i intensywności, ale różnej liczbie. Wartość 99 centyla temperatury maksymalnej w kolejnych dekadach była zazwyczaj wyższa od 30°C, sięgała 32,3°C, a jedynie w latach 1975–1984 w 8 miastach był niższa od 30°C. W efekcie liczba fal upałów w niektórych miastach (Poznaniu, Toruniu i Warszawie) była nawet dwukrotnie wyższa niż liczba okresów gorących. Z kolei w północno-wschodniej Polsce dominowały okresy gorące.

W Białymstoku, Lublinie i Olsztynie, czyli w miastach o klimacie bardziej kontynentalnym, ostrzejszym w porównaniu do reszty kraju oraz w Gdańsku, okresów gorących wydzielonych na podstawie centyli temperatury było więcej niż okresów wydzielonych na podstawie wartości progowych temperatury powietrza.



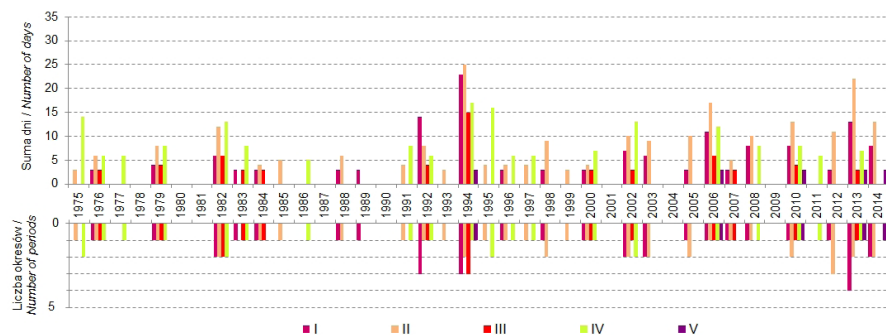
Ryc. 30. Toruń – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 30. Toruń – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 31. Warszawa – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 31. Warszawa – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 32. Wrocław – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 32. Wrocław – number of hot periods defined in 5 different ways (I-V) and number of days included in them, 1975–2014

Potencjalny okres występowania fal upałów (I) w 12 miastach był najdłuższy w Warszawie i wynosił 125 dni, trwając od 29 kwietnia do 31 sierpnia. Najkrótszy był w Gdańsku gdzie trwał zaledwie 3 dni (2-4 sierpnia), a w drugiej kolejności w Białymstoku (72 dni) - od 21 czerwca do 1 września. Okresy gorące (III) potencjalnie występowały najdłużej w Krakowie (109 dni) – od 15 maja do 31 sierpnia i Lublinie (108 dni), najkrócej w Gdańsku (54 dni) – od 4 lipca do 26 sierpnia.

Ciągi bardzo ciepłych nocy na większości obszaru Polski wystąpiły po 2000 r., były krótkie i było ich niewiele. Jedynie w Polsce centralnej (Łódź, Poznań, Toruń, Warszawa) notowano je już nawet w latach 70. XX wieku. Wyjątek w tym względzie stanowił Gdańsk z największą liczbą tych właśnie okresów. Gdyby jednak dane meteorologiczne pochodziły nie ze stacji meteorologicznych czy synoptycznych usytuowanych na obrzeżach miast, ale z obszarów śródmiejskich – liczba bardzo ciepłych nocy i ich ciągów, mogłaby być znacząco wyższa.

W przedstawionej w dalszej części książki analizie umieralności w okresach gorących brane pod uwagę będą wszystkie, różnie zdefiniowane okresy gorące, gdyż na tym etapie pracy nie można stwierdzić, w których z okresów umieralność będzie największa. I czy lepsza w analizach będzie mniejsza liczba, ale intensywniejszych okresów gorących (I, III i V definicja), czy okresy łagodniejsze obejmujące większą liczbę dni (II i IV definicja), a tym samym większą liczebność próby w analizach statystycznych.

## 5.5. OKRESY ZIMNE

Ogólne spojrzenie na wykresy ilustrujące liczbę okresów zimnych i sumy dni w nich zawartych w latach 1975–2014 (ryc. 33-44), pokazuje pewną cykliczność w ich występowaniu z tendencją malejącą, zarówno liczby okresów zimnych, jak i sumy dni składających się na nie.

Okresy zimne zdefiniowano na 5 sposobów, z wykorzystaniem ciągów dni umiarkowanie i bardzo mroźnych, wartości 1 centyla temperatury maksymalnej i minimalnej, a także opierając się na wartości temperatury średniej. Wartości 1, 5 i 10 centyla temperatury minimalnej, maksymalnej i średniej wykorzystane przy definiowaniu okresów zimna przedstawiono w tabeli 16.

W celu ułatwienia analizy okresów zimnych, poszczególnym definicjom, opisanym w skrócie poniżej, przypisane zostaną litery. Pełny ich opis znajduje się w rodz. 2:

- A. fala mrozów – przynajmniej 3 kolejne dni bardzo mroźne z  $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ;
- B.  $t_{\max} \leq 1$  centyla – przynajmniej 3 kolejne dni z  $t_{\max} \leq 1$  centyla liczonego w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);
- C.  $t_{\min} \leq 1$  centyla – przynajmniej 3 kolejne dni z  $t_{\min} \leq 1$  centyla liczonego w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);
- D. fala zimna – przynajmniej 6 kolejnych dni umiarkowanie mroźnych z  $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ;
- E. fala chłodu – co najmniej 6-dniowy okres z minimalną ( $t_{\min}$ ) oraz średnią dobową temperaturą powietrza ( $t_{\text{sr}}$ ) poniżej 5 centyla wszystkich wartości z danego

okresu rozpoczynający się spadkiem temperatury minimalnej o przynajmniej 2°C w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach jednodniowych wartość  $t_{\min}$  i  $t_{\text{sr}}$  nie przekracza wartości 10 centyla.

Wyniki analizy przedstawiono na rycinach 33-44 oraz w tabeli 17, jednak do opisu wybrano przede wszystkim definicje A i C, rzadko, jeśli było to uzasadnione opisano inną definicję. Według definicji A wydzielone zostają najbardziej ostre okresy zimne, z kolei definicja C uwzględnia adaptację ludzi do zmieniających się warunków termicznych, a wydzielane są na jej podstawie także skrajnie mroźne okresy.

Tabela 16. Wartości 1, 5 i 10 centyla temperatury minimalnej, maksymalnej i średniej wykorzystane w definicjach okresów zimnych

Miasta	$t_{\min}$ $t_{\max}$	1975–2014	1975–1984	1985–1994	1995–2004	2005–2014	1975–2014			
							$t_{\min}$ -10	$t_{\min}$ -5	$t_{\text{sr}}$ -10	$t_{\text{sr}}$ -5
Białystok	$t_{\min}$ -1	-20,2	-18,4	-21,8	-20,1	-20,4	-7,3	-11,7	-4,2	-7,4
	$t_{\max}$ -1	-10,0	-8,2	-11,5	-9,6	-10,3				
Gdańsk	$t_{\min}$ -1	-14,5	-15,6	-15,4	-12,3	-13,5	-3,8	-7,3	-1,4	-4,3
	$t_{\max}$ -1	-6,2	-5,9	-7,5	-5,7	-6,3				
Katowice	$t_{\min}$ -1	-16,1	-13,9	-17,2	-16,1	-16,9	-5,5	9,1	-2,3	-5,2
	$t_{\max}$ -1	-6,9	-5,6	-7,4	-7,5	-6,8				
Kraków	$t_{\min}$ -1	-16,9	-16,5	-17,6	-16,2	-16,9	-5,8	-9,8	-2,6	-5,8
	$t_{\max}$ -1	-7,8	-6,9	-8,9	-7,9	-8,0				
Lublin	$t_{\min}$ -1	-17,4	-15,4	-19,2	-17,5	-17,1	-6,7	-10,5	-3,6	-6,7
	$t_{\max}$ -1	-9,2	-7,2	-10,6	-9,6	-9,5				
Łódź	$t_{\min}$ -1	-15,5	-14,0	-16,8	-16,0	-15,5	-5,3	-9,1	-2,5	-5,5
	$t_{\max}$ -1	-7,5	-6,4	-8,6	-8,0	-8,0				
Olsztyn	$t_{\min}$ -1	-17,9	-16,0	-19,6	-18,3	-17,8	-6,0	-10,0	-3,2	-6,3
	$t_{\max}$ -1	-9,0	-7,4	-9,7	-8,8	-9,4				
Poznań	$t_{\min}$ -1	-14,8	-13,1	-16,4	-14,4	-15,1	-4,5	-7,8	-1,6	-4,4
	$t_{\max}$ -1	-6,8	-5,7	-7,4	-7,0	-6,9				
Szczecin	$t_{\min}$ -1	-13,8	-13,4	-14,9	-13,7	-13,2	-3,6	-6,7	-0,7	-3,4
	$t_{\max}$ -1	-5,3	-4,9	-5,7	-5,0	-5,2				
Toruń	$t_{\min}$ -1	-17,2	-14,5	-18,4	-17,3	-17,9	-5,3	-9,1	-2,1	-5,3
	$t_{\max}$ -1	-7,6	-6,2	-8,3	-7,5	-8,4				
Warszawa	$t_{\min}$ -1	-16,4	-15,0	-17,4	-16,7	-16,6	-5,5	-9,4	-2,7	-5,8
	$t_{\max}$ -1	-8,2	-6,6	-8,8	-8,7	-8,5				
Wrocław	$t_{\min}$ -1	-15,5	-14,3	-17,4	-15,1	-16,6	-4,9	-8,1	-1,2	-4,2
	$t_{\max}$ -1	-6,1	-4,9	-6,9	-6,3	-6,3				

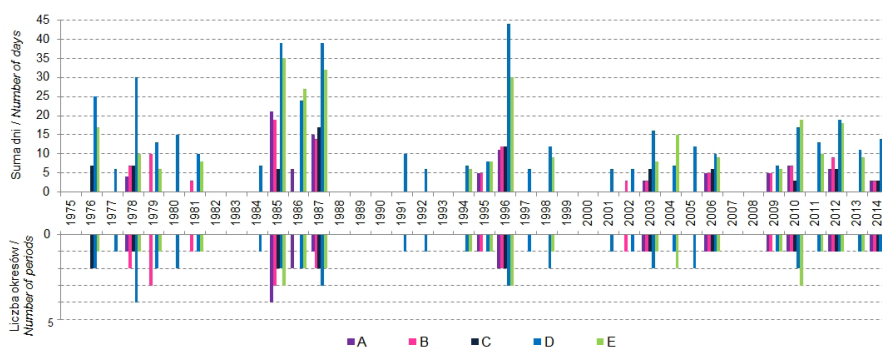
W większości miast wartość 1 centyla  $t_{\min}$  w latach 1985–1994 w stosunku do 1975–1984 była niższa o 2,4–3,8°C. Wyjątek stanowiły Kraków i Szczecin ze spadkiem o 1,1–1,5°C i Gdańsk ze wzrostem o 0,2°C. Łącznie pomiędzy ostatnią i pierwszą dekadą we wszystkich analizowanych miastach, z wyjątkiem Gdańska i Szczecina, nastąpił spadek wartości 1 centyla  $t_{\min}$  o od 0,4°C w Krakowie do 3,4°C w Toruniu, podobnie w przypadku wartości 1 centyla  $t_{\max}$  (tab. 16). Oznacza to, że wraz z notowanym wzrostem średniej i maksymalnej



temperatury powietrza, rośnie także częstość wyjątkowo niskich wartości temperatury powietrza.

#### CHARAKTERYSTYKA OKRESÓW ZIMNYCH W KOLEJNYCH MIASTACH

W Białymstoku w latach 1975–2014 wystąpiło 17 fal mrozów (definicja A) od 1978 do 2014 r. Ich intensywność wyrażona średnią  $t_{\min}$  wahała się od  $-14^{\circ}\text{C}$  do  $-24,5^{\circ}\text{C}$  (20–24.01.2006 r.) (ryc. 33). Osiem z fal wystąpiło w pierwszym 20-leciu, dziewięć – w drugim. Zimnych okresów (wg definicji C) było tu zaledwie 14, ale były one najbardziej intensywne wśród 12 analizowanych miast. Bardzo dużo, bo aż tu 45 odnotowano fal zimna i także były one najmroźniejsze spośród analizowanych (tab. 17).



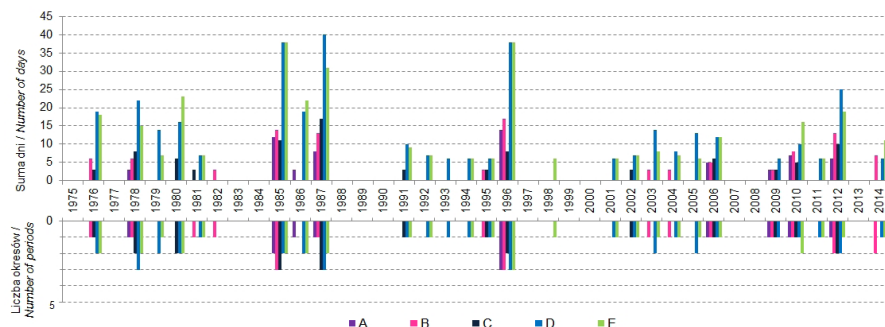
Ryc. 33. Białystok – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 33. Białystok – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014

W Lublinie i Olsztynie wystąpiło po 12 fal mrozów (A). W Lublinie pięć z fal zanotowano do 1994 r., siedem w drugim 20-leciu. Te w Olsztynie były średnio krótsze, ale cechowała je większa średnia intensywność od notowanych w Lublinie (tab. 17; ryc. 34, 35). W Lublinie w porównaniu z Olsztynem odnotowano znacznie więcej, bo aż 39 fal zimna (D), najwięcej po Białymstoku. Czterokrotnie zanotowano też 19-dniową falę zimna (ryc. 34).

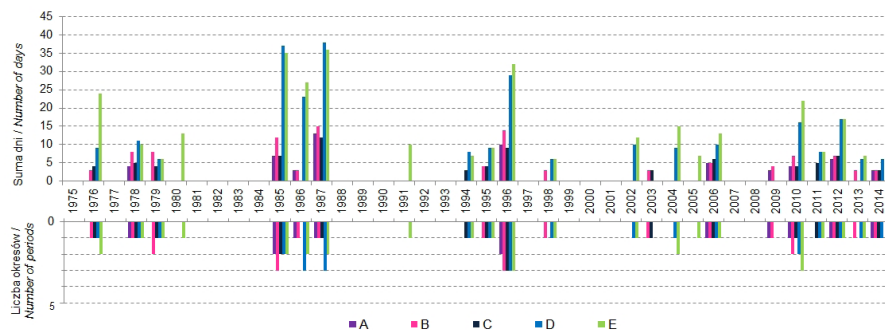
Tabela 17. Charakterystyka okresów zimnych definiowanych na 5 sposobów (A-E), w 12 miastach Polski, w latach 1975–2014: ich liczba (l.), liczba dni nimi objęta (dni), średnia długość (śr.), intensywność wyrażona średnią minimalną temperaturą powietrza ( $t_{\min}$ )

Definicje	A				B				C				D				E			
	l.	dni	śr.	$t_{\min}$	l.	dni	śr.	$t_{\min}$	l.	dni	śr.	$t_{\min}$	l.	dni	śr.	$t_{\min}$	l.	dni	śr.	$t_{\min}$
Białystok	17	91	5,4	-21,4	21	105	5,0	-21,0	14	73	5,2	-23,6	45	439	9,8	-16,7	29	290	10,0	-18,2
Gdańsk	5	16	3,2	-19,9	18	83	4,6	-16,3	22	90	4,1	-17,1	17	142	8,4	-15,3	29	325	11,2	-12,7
Katowice	4	20	5,0	-21,5	20	101	5,0	-15,9	19	84	4,4	-19,2	26	230	8,8	-15,2	33	308	9,3	-14,2
Kraków	8	38	4,8	-19,8	19	95	5,0	-17,9	19	77	4,0	-20,7	27	254	9,4	-15,4	27	277	10,3	-15,1
Lublin	12	61	5,1	-20,7	21	107	5,1	-18,1	21	86	4,1	-20,3	39	361	9,2	-15,5	33	331	10,0	-15,6
Łódź	8	41	5,1	-19,8	21	98	4,7	-17,0	19	83	4,4	-19,1	26	230	8,8	-15,1	33	345	10,4	-14,2
Olsztyn	12	58	4,8	-21,0	22	102	4,6	-19,3	17	76	4,5	-21,5	26	258	9,9	-16,5	29	316	10,9	-16,0
Poznań	7	27	3,9	-19,8	24	111	4,6	-15,9	22	104	4,7	-18,0	22	175	8,0	-15,6	32	347	10,8	-13,0
Szczecin	2	9	4,5	-20,9	20	92	4,6	-15,3	20	93	4,6	-17,0	15	134	8,9	-15,3	30	336	11,2	-12,1
Toruń	8	33	4,1	-20,7	21	110	5,2	-18,4	16	77	4,8	-20,6	21	203	9,7	-16,5	32	339	10,6	-15,0
Warszawa	10	48	4,8	-20,5	22	105	4,8	-17,8	16	74	4,6	-20,2	25	244	9,8	-15,6	32	322	10,1	-14,6
Wrocław	2	10	5,0	-23,6	22	105	4,8	-16,1	27	100	3,7	-18,7	17	164	9,6	-15,6	33	311	9,4	-13,7
12 miast	8	40	4,6	-20,8	21	101	4,8	-17,4	19	85	4,4	-19,7	26	236	9,2	-15,7	31	321	10,4	-14,5



Ryc. 34. Lublin – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

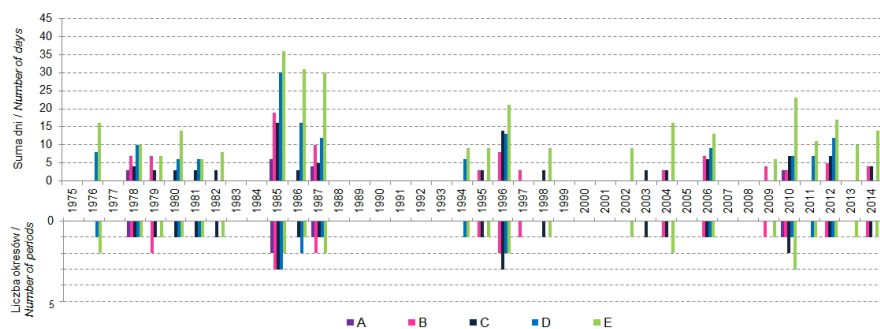
Fig. 34. Lublin – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 35. Olsztyn – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

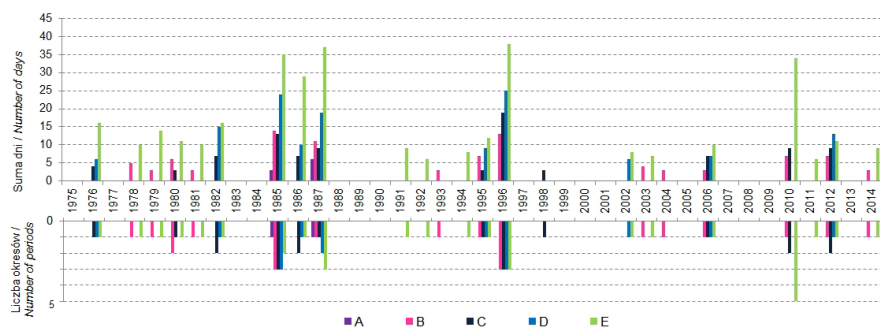
Fig. 35. Olsztyn – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014

W Gdańsku i Szczecinie obliczono podobne charakterystyki okresów zimnych. Liczba okresów zimnych zdefiniowanych na podstawie stałych progów temperatury była tutaj zdecydowanie najniższa. W Gdańsku odnotowano najkrótsze fale mrozów (A) w Polsce (średnio 3,2 dnia), choć bardzo mroźne (tab. 17). W Szczecinie zanotowano tylko 2 fale mrozów (ryc. 36, 37). Na podstawie definicji C, wydzielono w Gdańsku 22 okresy zimne, w czasie 17 lat (między 1978 a 2014 r.), z których połowa w całości wystąpiła w styczniu. W Szczecinie odnotowano 20 tego typu okresów zimnych i były one nieco dłuższe niż w Gdańsku. Średnia ich intensywność wyrażona  $t_{\min}$  była w Szczecinie i Gdańsku prawie taka sama, ale średnia  $t_{\max}$  – w Gdańsku wyniosła  $-8,0^{\circ}\text{C}$ , zaś w Szczecinie zaledwie  $-6,1^{\circ}\text{C}$ . Świadczy to o łagodniejszym niż w Gdańsku klimacie okolic Szczecina i większym nagrzewaniu w ciągu dnia terenów w sąsiedztwie stacji w Szczecinie, nawet w czasie srogich zim.



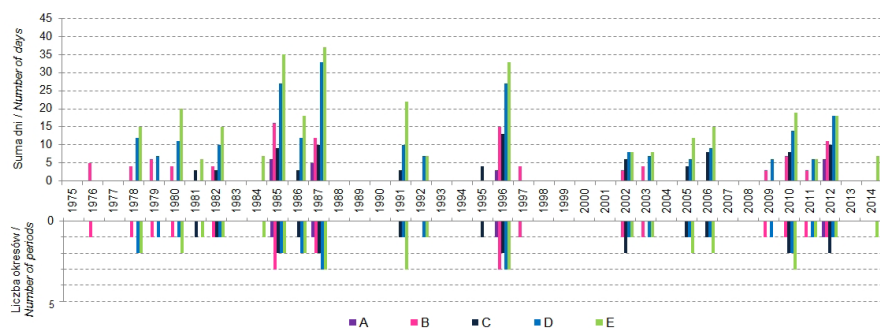
Ryc. 36. Gdańsk – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 36. Gdańsk – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



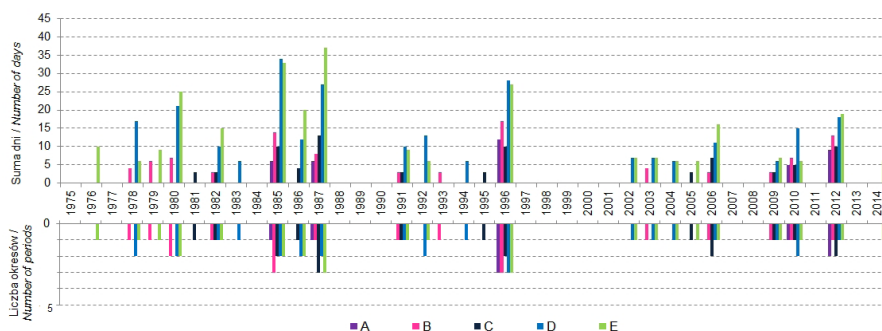
Ryc. 37. Szczecin – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 37. Szczecin – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



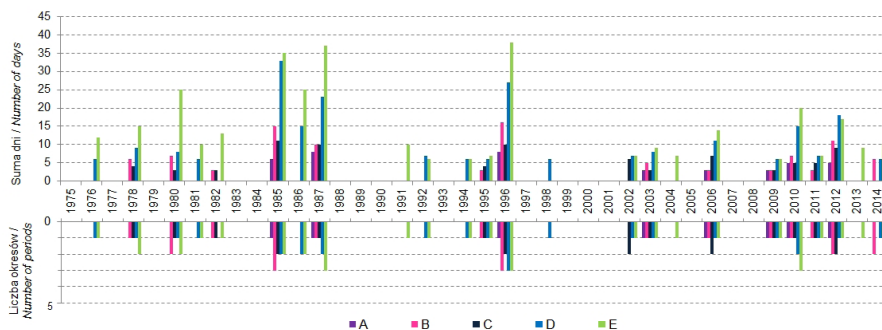
Ryc. 38. Katowice – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 38. Katowice – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



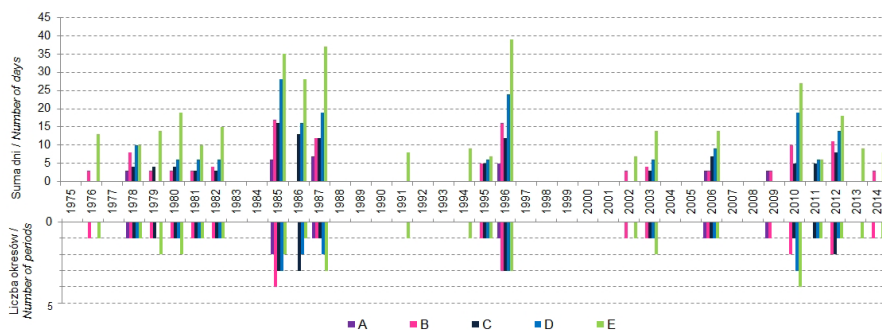
Ryc. 39. Kraków – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 39. Kraków – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



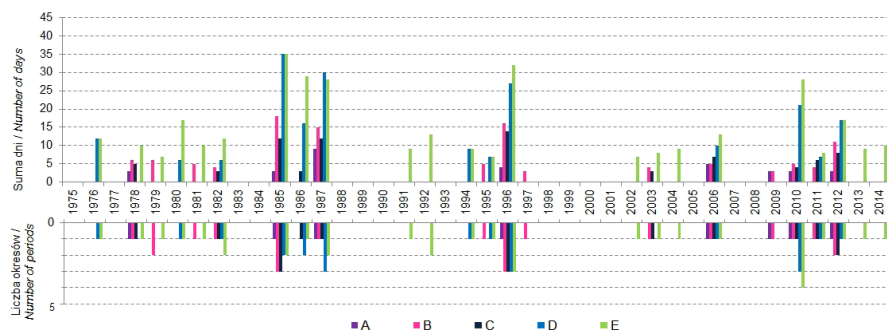
Ryc. 40. Łódź – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 40. Łódź – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



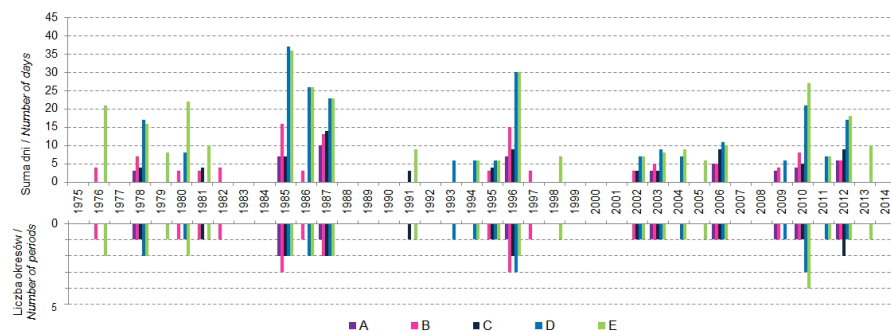
Ryc. 41. Poznań – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 41. Poznań – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



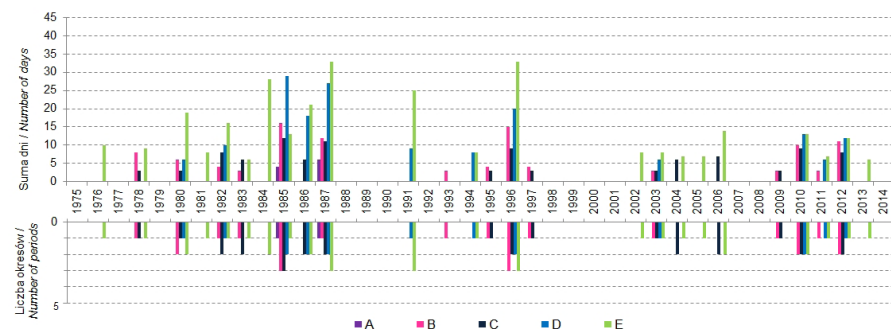
Ryc. 42. Toruń – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 42. Toruń – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 43. Warszawa – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 43. Warszawa – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014



Ryc. 44. Wrocław – liczba okresów zimnych zdefiniowanych na 5 sposobów (A–E) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Fig. 44. Wrocław – number of cold periods defined in 5 different ways (A–E) and number of days included in them, 1975–2014

Katowice i Kraków leżą relatywnie blisko siebie, choć w innych warunkach fizjograficznych. Fal mrozów (definicja A) zanotowano w Katowicach jedynie 4, zaś w Krakowie - dwukrotnie więcej, a 6 z nich wystąpiło w 3 i 4 dekadzie badanego okresu, co potwierdza znaczącą częstość warunków skrajnie mroźnych w ostatnich dekadach (ryc. 38, 39). Według definicji C w obu miastach wydzielono podobną liczbę okresów zimnych, jednak w Katowicach były o ok. 1,5–2°C cieplejsze w porównaniu z Krakowem (tab. 17).

W Łodzi, podobnie jak w Krakowie, zanotowano 8 ciągów dni bardzo mroźnych. Okresów zimnych wydzielonych według definicji C było 19, ale zarówno liczba lat, w jakich wystąpiły, jaki i najdłuższy i najzimniejszy okres odpowiadały dokładnie okresom zdefiniowanym z wykorzystaniem definicji B (ryc. 40; tab. 17).

W Poznaniu wystąpiło 7 fal mrozów (A), 3 w pierwszym 20-leciu, 4 - w drugim (ryc. 41; tab. 17). Na podstawie definicji C wydzielono 22 okresy zimne i tyle samo fal zimna (D). Na początku 1987 r. 3 fale chłodu (definicja E) od stycznia do marca objęły 37 dni, a zima na początku tego roku była jedną z najsroźszych w 40-leciu (ryc. 41).

Ze względu na podobieństwo charakterystyki okresów zimnych w Toruniu i Warszawie – miasta te opisane zostały łącznie. W Toruniu w latach 1975–2014 odnotowano 8 ciągów dni bardzo mroźnych, w czasie 7 zim. W Warszawie wystąpiło 10 fal mrozów, w czasie 9 lat, w tym 8 zim (ryc. 42, 43; tab. 17). Na podstawie definicji C wydzielono po 16 okresów zimna w obu miastach. Fal zimna (D) zanotowano wyraźnie więcej w Warszawie (25) niż w Toruniu (21). W stolicy wystąpiły w czasie 17 lat, w Toruniu – 13. W Warszawie w pierwszej dekadzie badanego okresu było 12% fal, w drugiej 32%, w kolejnych dwóch po 28%. W Toruniu wartości te wyniosły odpowiednio: 14%, 38%, 19% i 29%. Zatem w Warszawie ponad połowę fal zimna odnotowano w latach 1995–2014. Najdłuższe z nich wystąpiły w styczniu i lutym 1985 r. i trwały 18–19 dni w Warszawie oraz 17–18 dni w Toruniu.

We Wrocławiu, położonym w jednym z najcieplejszych regionów kraju, zanotowano tylko 2 fale mrozów (6–9.01.1985 r. i 11–16.01.1987 r.). Na podstawie definicji C wydzielono we Wrocławiu największą liczbę okresów zimnych spośród wszystkich miast – 27, o najmniejszej długości wynoszącej od 3 do 6 dni (ryc. 44; tab. 17). Fale zimna (D) we Wrocławiu pojawiały się rzadko, podobnie jak w Gdańsku czy Szczecinie, choć trwały średnio dłużej i notowano w nich nieco niższą temperaturę minimalną powietrza (tab. 17).

W badanym 40-leciu okresy zimne były rozłożone bardziej równomiernie niż okresy gorące. W każdym z analizowanych 20-leci wystąpiła około połowa notowanych okresów zimnych. Ich duża częstość w ostatnich latach potwierdza fakt, że zmiany klimatu prowadzące do wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza, oznaczają zarówno duży wzrost częstości okresów gorących, jak i utrzymanie wysokiej częstości okresów zimnych.

Podobnie jak w przypadku okresów gorących, na tym etapie analizy nie można wyeliminować żadnej z definicji, gdyż nie można stwierdzić, która z nich lepiej opisuje warunki zimna prowadzące do zwiększonej umieralności. Być może dla różnych miast będą to inne definicje? Na pewno nie można wysnuwać ogólnych wniosków dotyczących umieralności w falach mrozów w Szczecinie i Wrocławiu, które obejmują w tych miastach tylko 9–10 dni



w ciągu 40 lat, ale w innych miastach taka możliwość istnieje. A może najładniejsze wśród okresów zimnych, fale chłodu, ze względu na relatywnie dużą liczbę dni nimi objętych (średnio 2,2% dni w roku) okażą się najlepsze w dalszych badaniach ich wpływu na umieralność? Odpowiedzi na te pytania powinna udzielić dalsza analiza.

## 5.6. OBCIĄŻENIE CIEPLNE WEDŁUG UTCI

Efekt działania na człowieka różnych bodźców atmosferycznych ocenia się najczęściej przy pomocy odpowiednich wskaźników biometeorologicznych. W przeszłości były to proste równania o składowych w postaci elementów meteorologicznych takich jak: temperatura i wilgotność powietrza, prędkość wiatru, promieniowanie słoneczne. Zespół tych elementów kształtuje bowiem odczucia cieplne i decyduje o wielkości obciążenia termicznego człowieka. Były to m.in. powszechnie w Polsce stosowana temperatura ekwiwalentna i efektywna z bardzo dobrze udokumentowanymi skalami odczuwalności cieplnej (Baranowska i in. 1986), wielkość ochładzająca powietrza, temperatura ochładzania wiatrem wciąż popularna w Ameryce Północnej i inne, opisane szeroko w kilku monografiach bioklimatycznych wydanych przez klimatologów z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997, 2004; Błażejczyk 2004; Błażejczyk, Kunert 2011).

W późniejszych latach ważnym narzędziem badawczym w biometeorologii i bioklimatologii stało się modelowanie wymiany ciepła zachodzącej pomiędzy ciałem człowieka a otoczeniem, które pozwala na kompleksowe ujęcie wszystkich elementów środowiska atmosferycznego oddziałujących na człowieka a także uwzględnienie wpływu czynników fizjologicznych i rodzaju noszonej odzieży. Były to m.in. wskaźnik stresu cieplnego (HSI), wskaźnik obciążenia cieplnego (HL), temperatura odczuwalna (STI) i temperatura odczuwalna fizjologicznie (PST) (Błażejczyk 2004; Błażejczyk, Kunert 2011), ale także fizjologiczna temperatura ekwiwalentna (PET) (Mayer, Höpfe 1987; Höpfe 1999; Matzarakis, Amelung 2008), czy temperatura odczuwalna (PT) używana przez Niemiecką Służbę Meteorologiczną (Jendritzky i in. 1999; Jendritzky 2002; Staiger i in. 2012) i wiele innych. W grupie wskaźników opracowanych na podstawie badań bilansu cieplnego człowieka znajdują się także wykorzystane w tym opracowaniu, i opisane we wstępie (rozdz. 2.2) uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych UTCI oraz temperatura pozorna AT. Nowy wskaźnik UTCI powstał w ramach pracy międzynarodowego zespołu ekspertów, z wykorzystaniem najnowszych technik obliczeniowych i wiedzy, co czyni go godnym zaufania (patrz rozdz. 2.2.2). Od momentu ostatecznego zweryfikowania około 10 lat temu zyskał dużą popularność w badaniach bioklimatologicznych, w tym także w badaniach umieralności (Idzikowska 2011; Nastos, Matzarakis 2012; Urban, Kyselý 2014; Burkart i in. 2016).

Z kolei temperatura pozorna, której historia sięga lat 70. XX wieku jest wskaźnikiem nieco prostszym w założeniach i przez lata często wykorzystywanym w licznych opracowaniach wpływu środowiska termicznego na umieralność (Curriero i in. 2002; O'Neill i in. 2003; Yu i in. 2010; Åström i in. 2015), ale była też podstawą projektów mających na celu ocenę wpływu klimatu na zdrowie tj. PHEWE (Baccini i in. 2008; Michelozzi i in. 2007) czy ekonomię i gospodarkę, tj. PESETA II (Paci 2014).

Te i wiele innych wskaźników biometeorologicznych wykorzystywanych w ocenie warunków klimatu odczuwalnego było wielokrotnie opisywanych w literaturze, także w polskiej (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997, 2004; Błażejczyk 2004; Koppe i in. 2004; Epstein, Moran 2006; Błażejczyk, Kunert 2011; Błażejczyk i in. 2012, 2015; Jendritzky i in. 2012; Freitas, Grigorieva 2017), dlatego też w tym opracowaniu zostały jedynie wymienione wybrane przykłady, bez opisu ani dyskusji ich zastosowań.

### 5.6.1. ŚREDNIA CZĘSTOŚĆ KATEGORII OBCIĄŻENIA CIEPLNEGO

Najwyższą wartość uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych odnotowano w Szczecinie, 42,5°C (10.08.1992 r.), następną w kolejności w Warszawie: 41,1°C (1.08.1994 r.). Ogólnie w większości miast, z wyjątkiem Gdańska, najwyższe wartości UTCI miały miejsce w czasie fali upałów z przełomu lipca i sierpnia 1994 r. Najniższa wartość UTCI, -55,2°C, wystąpiła w Gdańsku 31.12.1978 r. Tego dnia, dzień wcześniej lub później odnotowano absolutne minima UTCI we wszystkich z analizowanych miast: od -53,6°C w Warszawie do jedynie -41,5°C we Wrocławiu (tab. 18).

Średnie UTCI wahało się w wybranych do badań miastach od 2,1°C na wybrzeżu przez 4–5°C w centralnej i północnej Polsce, do 6,7–7,0°C na południu kraju (tab. 18).

Tabela 18. Najniższa (min), najwyższa (max) i średnia (śr) wartość UTCI (°C) w analizowanych miastach, 1975–2014

	min	max	śr
Białystok	-50,7	39,2	5,5
Gdańsk	-55,2	37,1	2,1
Katowice	-46,8	40,1	7,0
Kraków	-44,1	40,6	6,8
Lublin	-51,2	38,9	4,7
Łódź	-50,1	39,6	4,4
Olsztyn	-50,4	40,5	5,2
Poznań	-51,9	40,4	5,2
Szczecin	-47,6	42,5	5,3
Toruń	-51,1	39,7	6,7
Warszawa	-53,4	41,1	4,3
Wrocław	-41,5	40,2	6,7

Zakres wartości UTCI wyznaczających odpowiednie obciążenia cieplne jest w zamierzeniu uniwersalny dla całego świata, co oznacza, że przedziały są szerokie, a niektóre z obciążeń mogą się nie pojawić nawet w tak zróżnicowanym klimacie, jaki cechuje Polskę. I właśnie tak się dzieje w Polsce w przypadku „nieznośnego stresu ciepła”, który nie wystąpił w żadnym z analizowanych miast w latach 1975–2014. W większości miast, z wyjątkiem Gdańska, występował bardzo niebezpieczny dla zdrowia „bardzo silny stres ciepła” (Bc), ale takich dni było średnio w roku od 0,1 w Białymstoku i Lublinie po 0,5 dnia w Krakowie (tab. 19). Dni z „silnym stresem ciepła” (Sc), także stanowiących

obciążenie dla ludzi, zwłaszcza chorych i starszych, było w analizowanych miastach średnio w roku od niespełna 1 w Gdańsku do blisko 8 dni w Krakowie.

Najczęściej w roku w godzinach okołopołudniowych w analizowanych miastach notowany był „brak obciążeń cieplnych” (K), w dalszej kolejności „umiarkowany” i „łagodny stres zimna”. „Silny stres zimna” (Sz) cechowało duże zróżnicowanie częstości pomiędzy miastami: występował od 28 dni w Toruniu do 54 w Warszawie.

„Bardzo silny stres zimna” (Bz), to warunki, w których ludzie starsi i chorzy powinni bezwzględnie unikać przebywania na zewnątrz budynków, gdyż groźne dla nich może być samo oddychanie tak zimnym powietrzem, pomimo zachowania wszelkich zasad ostrożności i właściwego ubioru. Dni, w których w godzinach okołopołudniowych notowano „bardzo silny stres zimna” było niewiele, najmniej w Toruniu, Katowicach i Wrocławiu (poniżej 2 dni w roku) po 8 dni w Gdańsku. Tak duża liczba dni z „bardzo silnym stresem zimna” w Gdańsku wynika z silnego ochładzania wiatrem na wybrzeżu. „Niežność stres zimna” (Nz) w badanym 40-leciu występował sporadycznie

Tabela 19. Średnia roczna liczba dni z poszczególnymi rodzajami obciążenia cieplnego wg UTCI obliczonymi dla godz. 12 UTC, 1975–2014

	Bc	Sc	Uc	K	Łz	Uz	Sz	Bz	Nz
Białystok	0,1	4,7	27,0	130,4	61,5	96,7	40,1	4,4	0,4
Gdańsk	.	0,7	9,3	124,6	69,4	100,4	52,5	7,9	0,5
Katowice	0,2	5,7	28,7	139,4	66,8	90,4	32,3	1,8	0,0
Kraków	0,5	7,9	31,8	132,7	69,0	80,7	38,4	4,2	0,2
Lublin	0,1	6,2	26,9	124,7	59,6	89,3	52,8	5,7	0,1
Łódź	0,2	4,3	24,8	124,0	63,2	92,0	51,6	4,8	0,3
Olsztyn	0,2	3,4	22,5	131,1	64,6	102,2	37,7	3,5	0,2
Poznań	0,4	5,2	24,0	126,3	68,8	94,9	41,9	3,8	0,2
Szczecin	0,3	4,4	22,6	130,6	65,8	100,4	38,3	2,8	0,1
Toruń	0,4	4,8	25,7	137,0	67,0	100,7	28,0	1,6	0,1
Warszawa	0,3	4,8	25,7	124,1	61,7	87,6	54,2	6,7	0,3
Wrocław	0,4	6,8	27,4	133,3	70,0	90,6	34,9	1,9	0,0
średnia	0,3	4,9	24,7	129,8	65,6	93,8	41,9	4,1	0,2

Obciążenie cieplne: Bc – bardzo silny stres ciepła, Sc – silny stres ciepła, Uc – umiarkowany stres ciepła, K – brak obciążeń cieplnych, Łz – łagodny stres zimna, Uz – umiarkowany stres zimna, Sz – silny stres zimna, Bz – bardzo silny stres zimna, Nz – nieżność stres zimna

Jako, że na odczucie termiczne i obciążenia cieplne człowieka, główny wpływ, obok temperatury powietrza ma prędkość wiatru, to ruch powietrza w dużej mierze determinuje różnice w częstości danych obciążeń cieplnych między miastami o podobnych cechach środowiska termicznego. Toruń i Warszawa, o takiej samej średniej rocznej temperaturze powietrza i podobnej liczbie dni umiarkowanie i bardzo mroźnych, cechuje odmienna liczba obciążeń cieplnych związanych ze stresem zimna, a wynika to ze znacznie większej w porównaniu z Toruniem prędkości wiatru notowanej na stacji lotniskowej w Warszawie. Z kolei mniejsza prędkość wiatru w Białymstoku czy Olsztynie, pomimo niskiej temperatury powietrza cechującej te miasta, odpowiada za

znacznie mniejsze obciążenia cieplne związane ze stresem zimna niż wynikać by to mogło z samej jedynie temperatury powietrza. W celu ułatwienia dalszych analiz obciążenia cieplnego w tabeli 20 zestawiono średnią prędkość wiatru w latach 1975–2014 w analizowanych miastach.

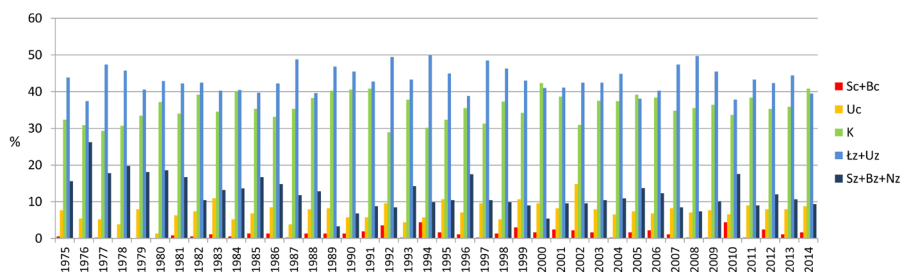
Tabela 20. Średnia prędkość wiatru w analizowanych miastach, 1975–2014

	Białystok	Gdańsk	Katowice	Kraków	Lublin	Łódź	Olsztyn	Poznań	Szczecin	Toruń	Warszawa	Wrocław
Średnia prędkość wiatru	3,4	5,1	3,6	4,0	3,9	4,5	3,6	4,5	4,5	3,6	4,8	4,1

### 5.6.2. ŚREDNIA CZĘSTOŚĆ KATEGORII OBCIĄŻENIA CIEPLNEGO W POSZCZEGÓLNYCH LATACH OKRESU 1975–2014

Z powodu niewielkiej liczby dni ze skrajnymi kategoriami obciążenia cieplnego, które oddziałują podobnie silnie obciążająco na organizm człowieka, dni z bardzo silnym stresem ciepła (Bc) w analizie połączono z dniami z silnym stresem ciepła (Sc), podobnie połączono trzy obciążenia związane ze skrajnym mrozem: silny stres zimna (Sz), bardzo silny stres zimna (Bz) i nieznosny stres zimna (Nz).

W Białymstoku obciążenie cieplne związane ze skrajnie zimnymi warunkami było nieco niższe od średniego z 12 miast, i wynosiło 12,3%. Największe było w latach 1976–1981, w tym szczególnie w 1976 r., kiedy częstość analizowanych łącznie Sz, Bz i Nz wyniosła 26,2% dni w roku (ryc. 45). Łz i Uz łącznie stanowiły zazwyczaj najliczniejszą kategorię obciążenia cieplnego. „Brak obciążenia cieplnego” (K) występował z częstością od 29% w 1992 r. do 42,3% w 2000 r. „Bardzo silny stres ciepła” i „silny stres ciepła” praktycznie nie występowały w latach 1975–1980, zaczęły pojawiać się od 1985 r., a najwięcej (16 dni) zanotowano ich w latach 1994 i 2000.



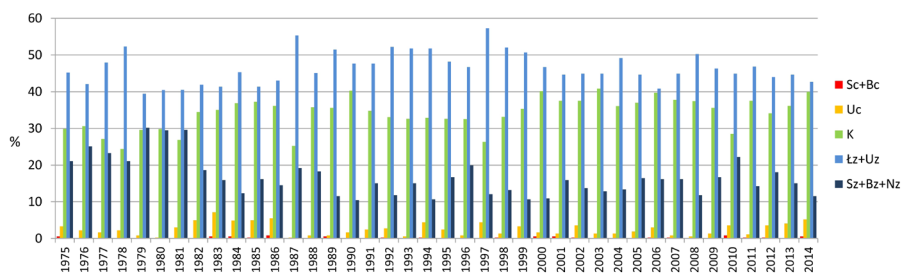
Ryc. 45. Białystok – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014

Bc – bardzo silny stres ciepła, Sc – silny stres ciepła, Uc – umiarkowany stres ciepła, K – brak obciążenia cieplnych, Łz – łagodny stres zimna, Uz – umiarkowany stres zimna, Sz – silny stres zimna, Bz – bardzo silny stres zimna, Nz – nieznosny stres zimna

Fig. 45. Białystok – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014

Bc – very strong heat stress, Sc – strong heat stress, Uc – moderate heat stress, K – no thermal stress, Łz – slight cold stress, Uz – moderate cold stress, Sz – strong cold stress, Bz – very strong cold stress, Nz – extreme cold stress

Częstość różnych obciążeń cieplnych wg UTCI w Gdańsku różniła się od częstości obserwowanej w innych miastach, na co wpływało obniżenie temperatury powietrza latem i wzrost prędkości wiatru nad morzem (tab. 20). W Gdańsku, w godzinach okołopołudniowych, wyraźnie dominowały Łz i Uz, których łączna częstość sięgnęła w 1997 r. 57,3%. W sumie odnotowano 10 lat z częstością Łz i Uz powyżej 50% (ryc. 46). W latach 1975–2014 wyraźnie zaznaczyła się tendencja wzrostu częstości „braku obciążeń cieplnych” (od 30,5% w I dekadzie po 36,4% w IV) wraz ze spadkiem frekwencji dni z obciążeniem stresem zimna Sz, Bz, Nz (z odpowiednio 22,7% do 15,8%). W okresie 1975–2014 dni z silnym stresem ciepła (Sc i Bc) wystąpiły w 18 latach, z częstością zazwyczaj 1–2 dni w roku, z maksimum równym 3 w latach 1986 r. i 2010 r.



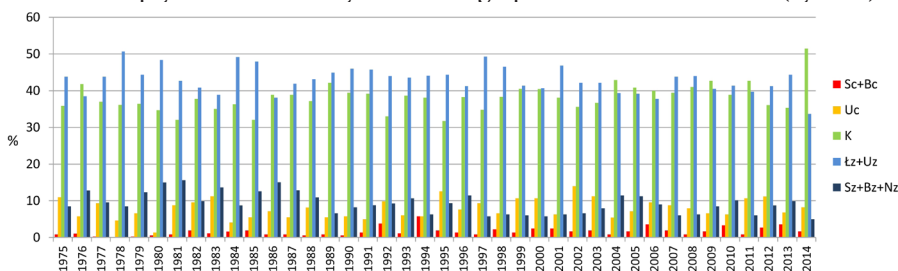
Ryc. 46. Gdańsk – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 46. Gdańsk – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

Na stacji Katowice-Pyrzowice łączna częstość Łz i Uz była niewiele większa od częstości „braku obciążeń cieplnych”, a po 2004 r. dominował „brak obciążeń cieplnych”. „Silny” i „bardzo stres zimna” występował z częstością nie przekraczającą 15,6% (1981 r.). W pierwszym badanym 20-leciu, połowa lat cechowała się frekwencją Sz i Bz powyżej 10%, w drugim 20-leciu jedynie czterokrotnie przekroczyła tą granicę. W 1987 r. odnotowano 1 przypadek nieznosnego stresu zimna. W Katowicach 1978 był rokiem bez „silnego stresu ciepła”. Do 1990 r. liczba dni z Bc i Sc nie przewyższała 7, ale w 1994 r. sięgnęła 21 (ryc. 47).

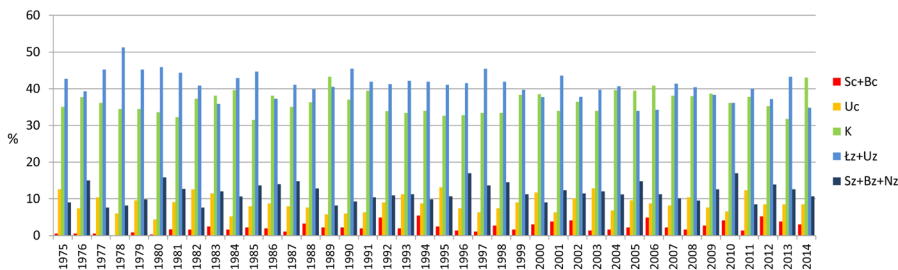
Kraków cechował się największą spośród analizowanych miast częstością dni z obciążeniem stresem ciepła (Bc, Sc) – 2,3% (ryc. 48), a maksimum sięgnęło 20 dni w 1994 r. Także dni z Uc było w Krakowie najwięcej wśród analizowanych miast, średnio 8,7%. „Brak obciążeń cieplnych” występował tu rzadziej niż w Katowicach, ale wciąż średnio z dość dużą częstością – 36,3%, która rosła nieznacznie w badanym okresie. Suma dni z Łz i Uz wyniosła średnio 41% i była jedną z niższych, obok Warszawy i Lublina. Notowano także wyraźny jej spadek częstości od ponad 43% w I dekadzie do 38% w IV dekadzie 40-lecia. Dni z obciążającym stresem zimna (Sz, Bz, Nz) było w Krakowie więcej niż w Katowicach i niewiele mniej niż przeciętnie w Polsce, 11,7% dni w roku (w tym Nz tylko 6 dni w 40-leciu). Najmniej dni z tą kategorią stresu było w 1977 r. (7,7%), najwięcej w 2010 r. (17,0%). Wyraźnie widoczna większa bodźcowość klimatu Krakowa w porównaniu z Katowicami wynika

z położenia na obszarze narażonym na lokalne silnie nagrzewanie powietrza, ale też na spływ i zastoiska wychłodzonego powietrza w obniżeniu (ryc. 48).



Ryc. 47. Katowice – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 47 Katowice – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.



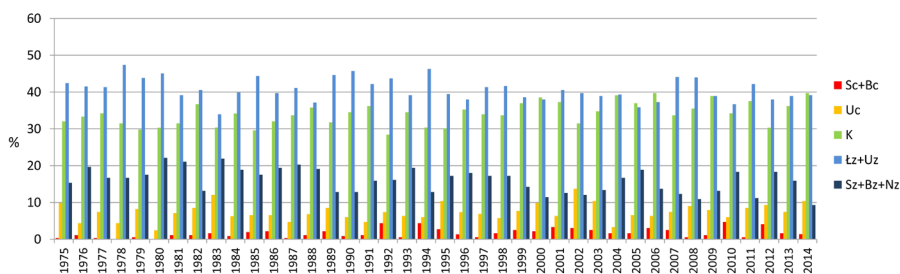
Ryc. 48. Kraków – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 48. Kraków – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

W Lublinie aż 16,0% dni w roku charakteryzowało obciążenie stresem zimna (Sz, Bz, Nz). Oprócz widocznej na rycinie 49 cykliczności pojawiania się tej kategorii obciążeń, widoczny był także ich stały spadek od 18,3% w I dekadzie 40-lecia po 14,2% w IV dekadzie. Jeśli w Lublinie pojawiało się obciążeniem „stresem zimna” był to Sz lub Bz, a nie Uz lub Łz. Częstość dni z K zmieniała się od 28,4% w 1992 r. do 39,7% w 2006 r., nieznacznie rosnąc w analizowanym 40-leciu. Frekwencja obciążenia Sc i Bc była jedną z większych spośród analizowanych miast, wyniosła średnio 1,7%, najwięcej po Krakowie i Wrocławiu, a wzrastała od 0,7% w I dekadzie 40-lecia po 2,1% w III i IV dekadzie (ryc. 49).

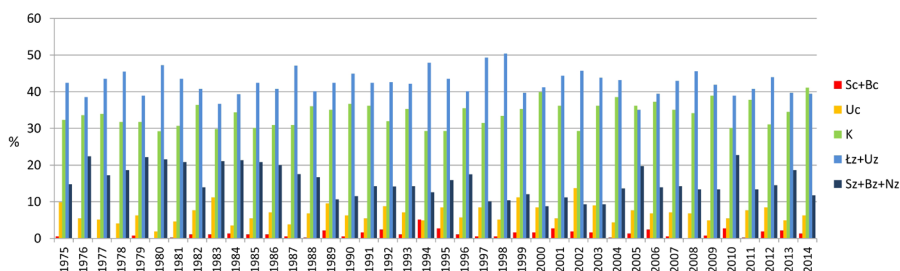
W Łodzi widoczna była duża częstość stresu zimna w latach 1976–1988. Z nielicznymi wyjątkami przewyższała ona 16%, a nawet 20% dni w roku (22,7% w 2010 r.). Frekwencja Łz i Uz miała dość wyrównany przebieg w całym okresie, zaś częstość K nieznacznie rosła w 40-leciu. Wyrównaną zmiennością w badanym 40-leciu cechowało się Uc. Co kilka lat notowano wzrost jego częstości do powyżej 9–11% z maksimum w 2002 r. (13,7%). Sc i Bc nie pojawił się w latach 1976–78 oraz w 2008 r., w wielu latach notowano go przez 2–4 dni w roku, ale w 1994 r. wystąpiło aż 19 takich dni (ryc. 50).





Ryc. 49. Lublin – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 49. Lublin – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.



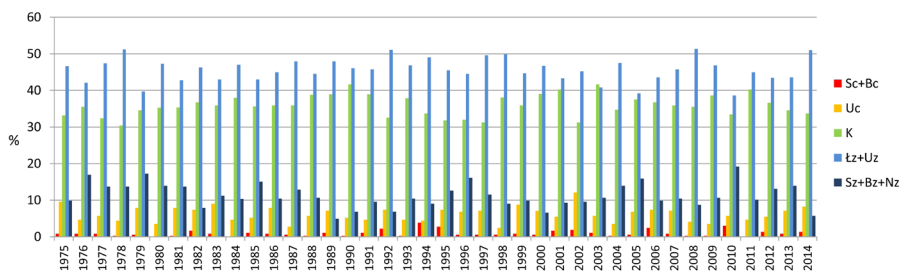
Ryc. 50. Łódź – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 50 Łódź – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

W Olsztynie częstość Sz, Bz i Nz wahała się od 4,9% (1989 r.) do 19,2% (2010 r.), wykazując się pewną cyklicznością, ale także wyraźnym spadkiem po 1989 r. i pojedynczymi latami z dużą częstością w ostatnim 20-leciu. Frekwencja Łz, Uz i Uc wykazywała z kolei bardzo wyrównany przebieg. Nieznaczny wzrost na przestrzeni 40-lecia dotyczył częstości dni z K, która wynosiła od 30,4% (1978 r.) do 41,6% (2003 r.). Niewielką liczbę dni z Bc i Sc notowano dość równomiernie w całym badanym okresie, z maksimum w 1994 r. – 4 dni (ryc. 51).

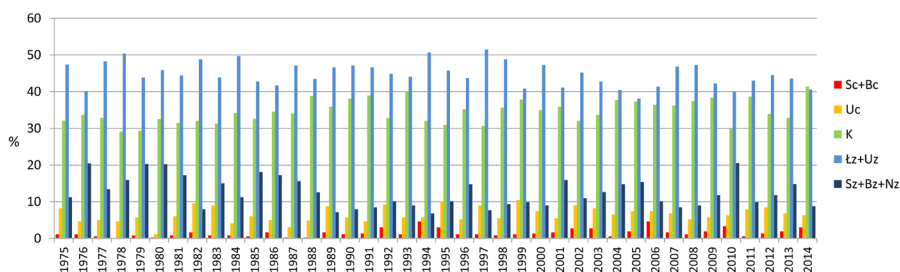
W Poznaniu częstość obciążeń cieplnych wynikających ze stresu zimna Sz, Bz i Nz wahała się od 6,8% w 1994 r. do 20,5% w latach 1976 i 2010. Liczba dni z Łz i Uz ogólnie nieznacznie malała w analizowanym okresie, zaś próg częstości 50% (182,5 dni w roku) przekroczyła 3-krotnie: w 1978 r., 1994 r. i w 1997 r. „Brak obciążeń cieplnych” notowano w poniżej 31% w I dekadzie badanego okresu do ponad 36% w IV dekadzie, najmniej w 1978 r. (29%), najwięcej w 2014 r. (41,4%). Sc i Bc notowano z częstością od 0% (1978 r.) do 4,7% (1994 r.), średnio od 0,8% w I dekadzie do 2,1% w IV dekadzie 40-lecia (ryc. 52).





Ryc. 51. Olsztyn – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 51. Olsztyn – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

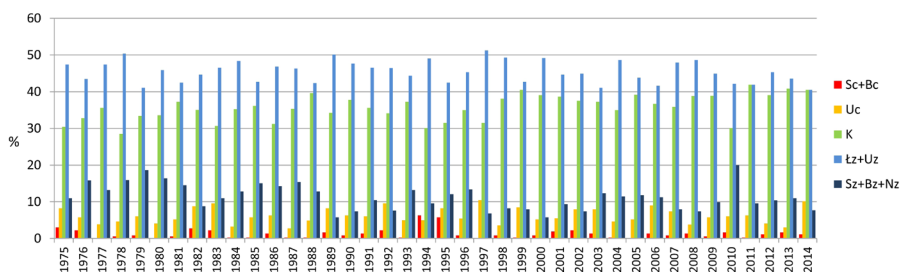


Ryc. 52. Poznań – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 52. Poznań – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

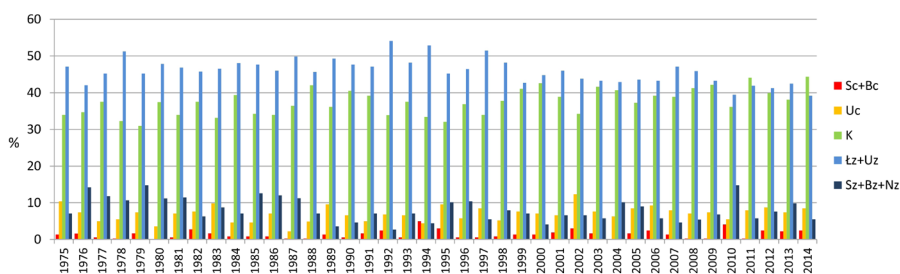
Częstość poszczególnych kategorii obciążeń cieplnych w Szczecinie przypominała bardzo tę z Poznania. Podobny był zwłaszcza udział „braku obciążeń cieplnych”, wahający się od 28,5% (1978 r.) do 41,9% (2011 r.) oraz frekwencja Łz i Uz, zmieniająca się od 40,5% (2014 r.) do 51,2% (1997 r.). W Szczecinie średnio notowano mniej dni ze skrajnym zimnem (11,3%), a dni z Nz było tu tylko 2 w 40-leciu (w Poznaniu było ich 6). Nieznacznie mniejsza była też średnia częstość obciążenia stresem ciepła (Bc, Sc), zmieniająca się od 0% (w latach 1977, 1980, 1997, 2005) do 6,3% w 1994 r. (ryc. 53).

Toruń wyróżniał się wśród miast najmniejszą liczbą dni z obciążeniem stresem zimna Sz, Bz i Nz, która zmieniała się od 2,7% (1992 r.) do zaledwie 14,8% (1979 r.), podczas gdy w innych miastach Regionu Centralnego sięgała 20–23,5%. W Toruniu widoczny był wyraźny spadek udziału Łz i Uz z równoczesnym wzrostem K. O ile przed 1998 r. częstość Łz i Uz była o 7–20% większa od K, to potem różnica ta stopniowo malała, aż w 2011 r. i 2014 r. częstość K przewyższyła o 2–5% liczbę dni z Uz i Łz. Frekwencja Sc i Bc była przeciętna i wahała się od 0% (1980 i 2004) do 4,9% (1994 r.) (ryc. 54).



Ryc. 53. Szczecin – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 53. Szczecin – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

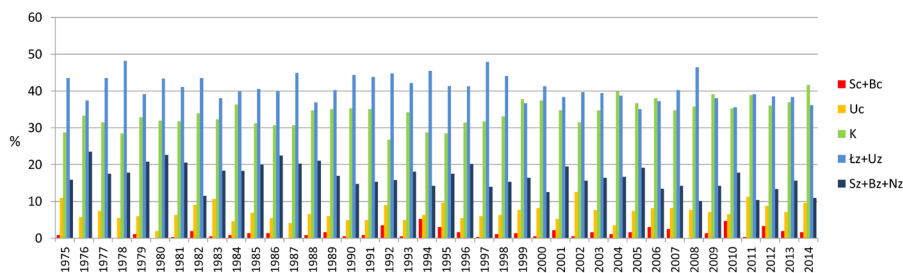


Ryc. 54. Toruń – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 54. Toruń – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

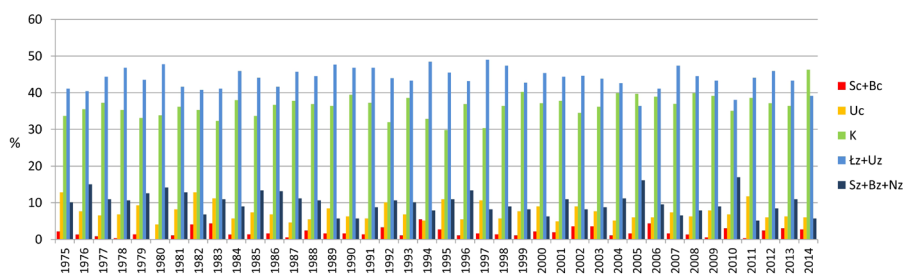
Warszawę cechowała znaczna liczba dni z silnym stresem zimna (Sz, Bz, Nz), sięgająca 86 w 1976 r., która wyraźnie malała w 40-leciu od 18,7% w I dekadzie do 13,9% w IV dekadzie. Ich łączny udział aż 9 razy przekroczył 20%, szczególnie często przed 1988 r. W latach 1975–2014 wyraźnie małał też udział Łz i Uz, zaś rosła częstość K, która w 2014 r. sięgnęła 41,6%. W tym samym czasie stale wzrastała też częstość „umiarkowanego stresu ciepła”. Częstość Bc i Sc (średnio 1,4%) w 1994 r. sięgnęła 5,2% (ryc. 55).

Wrocław, z najwyższą obok Szczecina średnią roczną temperaturą powietrza, cechuje mniejszy niż w Szczecinie udział obciążeń cieplnych związanych z zimnem. Średni udział traktowanych łącznie Sz, Bz i Nz (Nz wystąpiło tylko 1 raz w dniu 1.01.1979 r.) wyniósł 10,1% i było to trzecie w kolejności po Toruniu i Katowicach miasto z najmniejszym obciążenia zimnem. Największą (17,0%) i najmniejszą (5,2%) częstość odnotowano w ostatnich latach, w 2010 r. i 2011 r. Frekwencja Łz i Uz była we Wrocławiu zbliżona do średniej z 12 miast – 44%, nie wykazując spadku w analizowanym okresie. Udział „braku obciążeń cieplnych” wynosił średnio 36,5% i wykazywał niewielki wzrost. Uc „Umiarkowany stres ciepła” występował w 7,5% dni odnotowując niewielki spadek w badanym wieloleciu. Średni udział dni ze stresem ciepła (Sc i Bc) we Wrocławiu wyniósł 2% i był mniejszy jedynie od notowanego w Krakowie. Aż 10-krotnie jego częstość przekraczała 10 dni w roku (ryc. 56).



Ryc. 55. Warszawa – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 55. Warszawa – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.



Ryc. 56. Wrocław – częstość poszczególnych kategorii obciążenia cieplnego wg UTCI z godz. 12 UTC, 1975–2014. Opisy jak na ryc. 45.

Fig. 56. Wrocław – the frequency of different categories of thermal stress according to UTCI from 12 UTC term, 1975–2014. Descriptions as in Fig. 45.

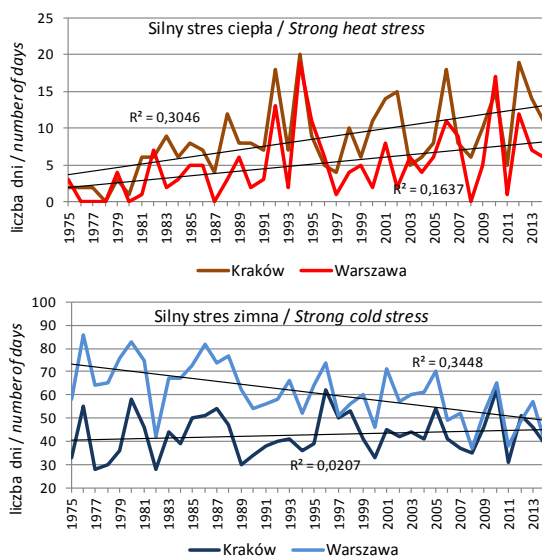
Ogólnie dni z obciążeniem „silnym” i „bardzo silnym stresem ciepła” były najczęstsze na południu kraju (Wrocław, Kraków, Katowice), a najrzadziej występowały na północy (Gdańsk, Olsztyn). Silnie obciążające warunki cechowały Warszawę, gdzie notowano największy spośród miast udział dni z obciążeniem stresem zimna (Sz, Bz, Nz), dwukrotnie wyższy niż w Toruniu, położonym w tym samym Regionie Centralnym. W obu miastach w czasie 40 lat znacząco malała częstość „łagodnego” i „umiarkowanego stresu zimna”

\*\*\*

Analiza wykazała wyraźną różnicę obciążenia cieplnego między leżącymi w relatywnie niewielkiej odległości Krakowem i Katowicami. W Krakowie warunki związane ze stresem zimna są o 72% częstsze w porównaniu z Katowicami, zaś stres wynikający z warunków gorąca pojawiał się podobnie często. W Krakowie w badanym 40-leciu wyraźnie wzrastała częstość dni z obciążeniem stresem ciepła, w Katowicach zaś znacząco malał udział dni ze stresem zimna.

### 5.6.3. ZMIANY LICZBY DNI ZE SKRAJNYM OBCIĄŻENIEM CIEPLNYM

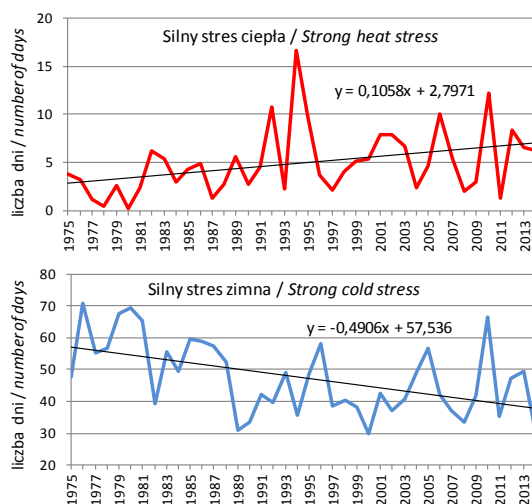
Liczba dni z poszczególnymi kategoriami obciążenia cieplnego wykazywała wyraźne zróżnicowanie w latach 1975–2014. Przykładem mogą być przebiegi na rycinie 57, na których przedstawiono zmianę liczby dni z sumowanymi kategoriami, oznaczającymi silny stres ciepła i silny stres zimna. Przy takim podejściu można powiedzieć, że wzrost częstości silnego stresu ciepła był w Krakowie większy niż w Warszawie. W Krakowie wzrósł w analizowanym okresie od około 4 do 13 dni w roku, w Warszawie od około 2 do 8 dni w roku. Analizując linię trendu można stwierdzić, że liczba dni z silnym stresem zimna w Warszawie malała wyraźnie od około 73 w roku do poniżej 50, zaś w Krakowie nieznacznie rosła od 40 do 45. Jednak realna liczba dni z daną kategorią obciążenia cieplnego znacznie odbiegała od trendu prostoliniowego, współczynniki determinacji nie były wysokie i wnioskowanie o konkretnych liczbach dni w roku wyznaczonych przez trend może być błędne.



Ryc. 57. Liczba dni z silnym stresem ciepła (Bc+Sc) oraz silnym stresem zimna (Sz+Bz+Nz) wg UTCI w Krakowie i Warszawie w latach 1975–2014 wraz z liniami trendu

Fig. 57. Number of days with strong heat stress (Bc+Sc) and strong cold stress (Sz+Bz+Nz) according UTCI in Cracow and Warsaw in the years of 1975–2014 with trend lines

Podobne, choć wygładzone, przebiegi cechowały średnią liczbę dni z łącznie przedstawianymi kategoriami stresu ciepła i zimna z 12 analizowanych miast (ryc. 58). Widoczny był wzrost częstości dni z silnym stresem ciepła, od około 3 dni w 1975 r. do 7 dni w 2014 r., podobnie spadek liczby dni z silnym stresem zimna od około 55 do 38 w roku.

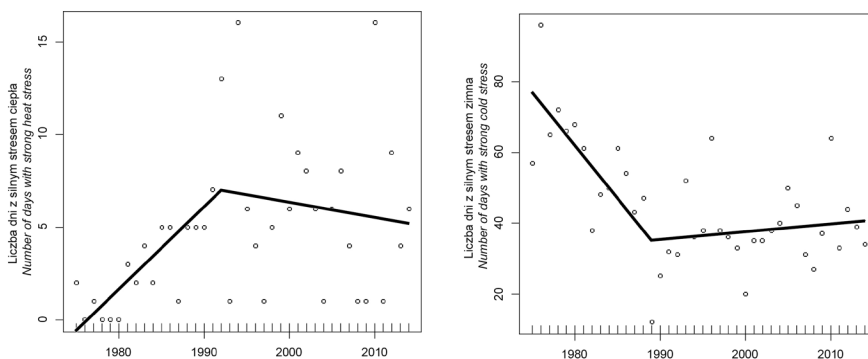


Ryc. 58. Średnia liczba dni z silnym stresem ciepła (Bc+Sc) oraz silnym stresem zimna (Sz+Bz+Nz) według UTCI z 12 analizowanych miast w kolejnych latach 1975–2014 wraz z liniami trendu

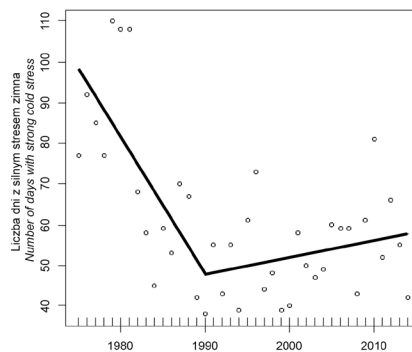
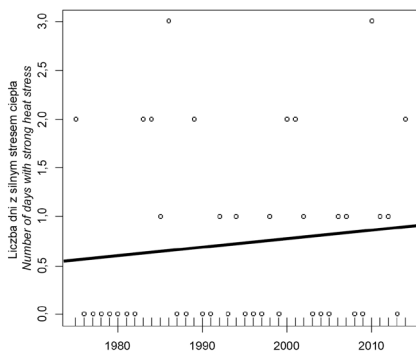
Fig. 58. Average number of days with strong heat stress (Bc+Sc) and strong cold stress (Sz+Bz+Nz) according to UTCI of 12 analysed cities in the succeeding years of 1975–2014 with trend lines

W związku z powyższym, w analizie istotności statystycznej trendów zmian liczby dni z silnym stresem ciepła i zimna wykorzystano, podobnie jak w analizie liczby dni charakterystycznych, metodę regresji segmentowej. Na wykresach (ryc. 59) liniami prostymi przedstawione są trendy i widoczny jest punkt zmiany trendu, a jeśli tak jak w Warszawie, nie udało się znaleźć punktu zmiany danej charakterystyki – dopasowana została linia prosta. Tabela 21 zawiera wartości nachyleń prostych, które wyznaczają zmianę liczby danych dni w ciągu roku, rok zmiany – jeśli taki określono, przedziały ufności oraz oznaczenie istotności statystycznej danego trendu.

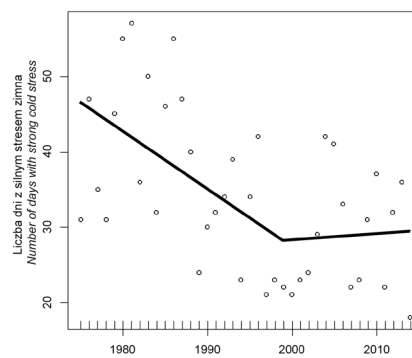
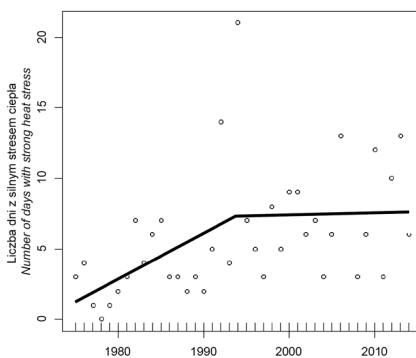
#### Białystok



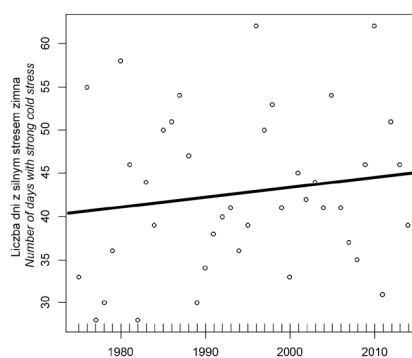
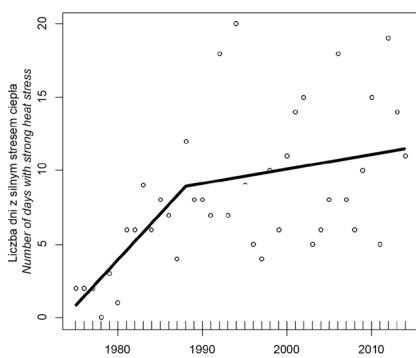
## Gdańsk



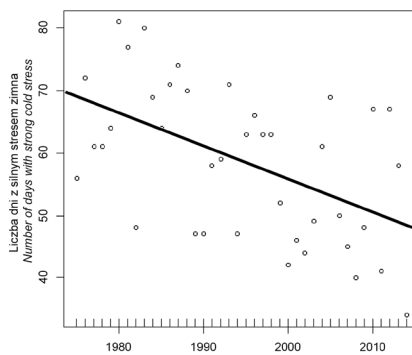
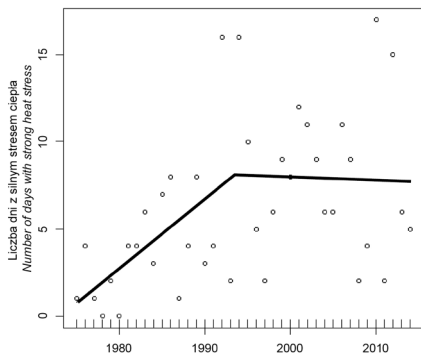
## Katowice



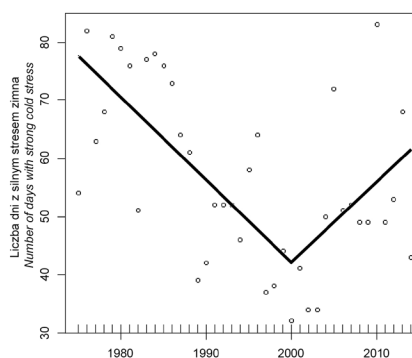
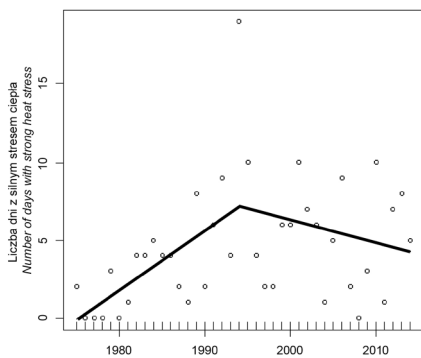
## Kraków



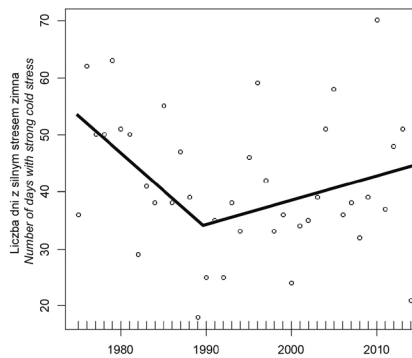
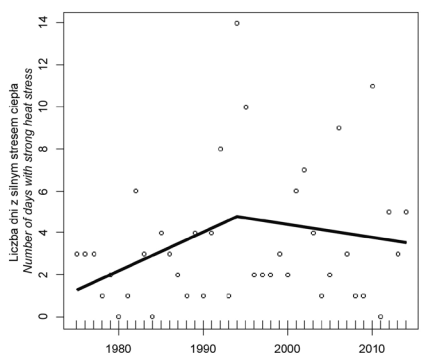
## Lublin



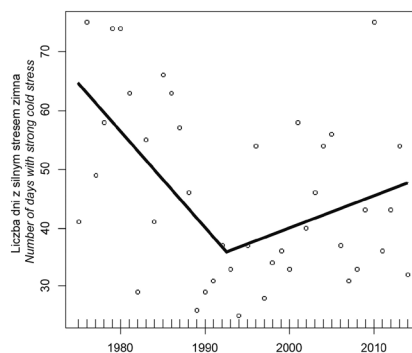
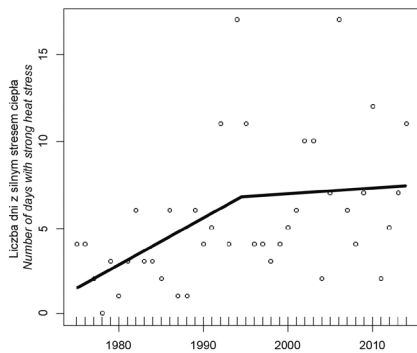
## Łódź



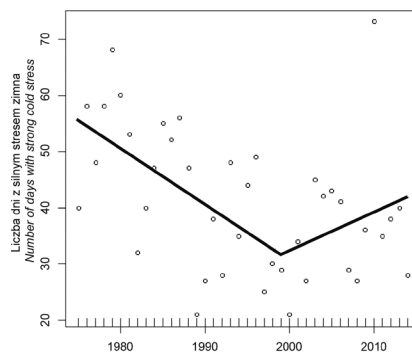
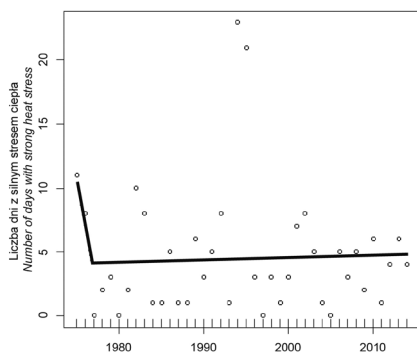
## Olsztyn



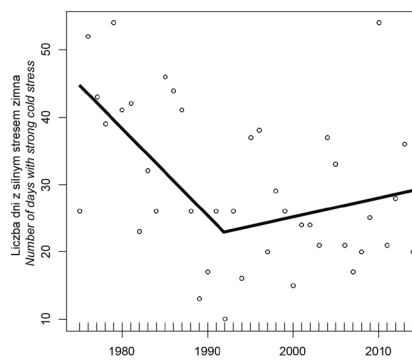
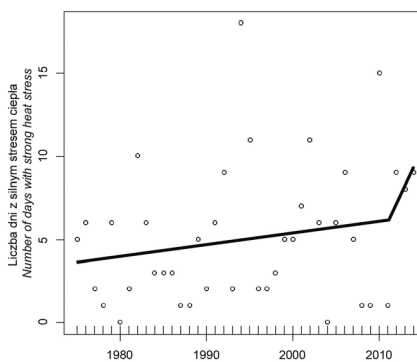
## Poznań



## Szczecin

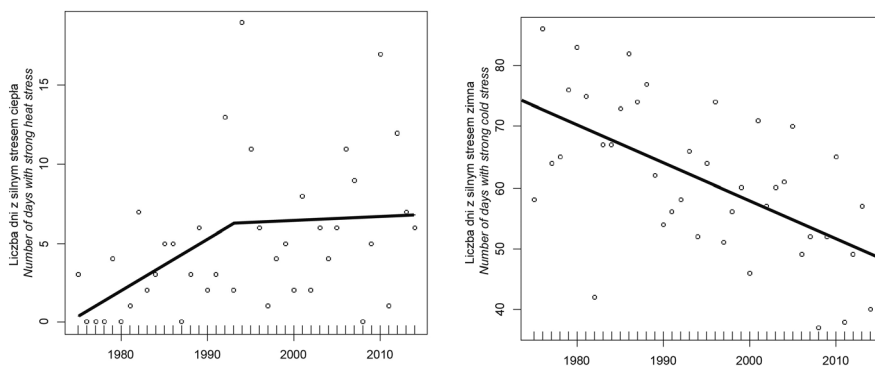


## Toruń

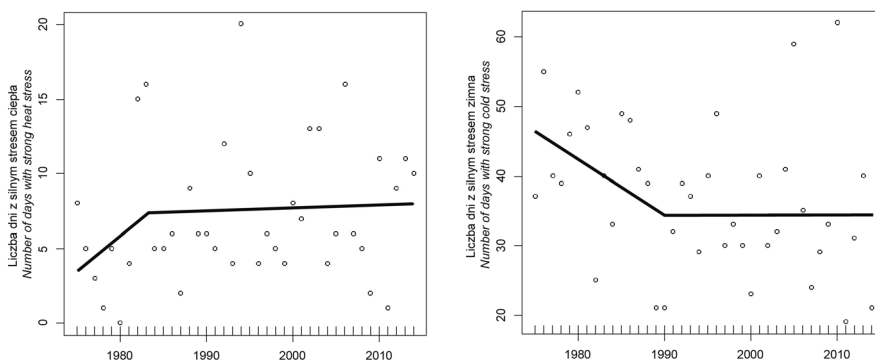




## Warszawa



## Wrocław



Ryc. 59. Trend liczby dni z silnym stresem ciepła (Bc+Sc) oraz silnym stresem zimna (Sz+Bz+Nz) wg UTCI w 12 miastach polskich, 1975–2014

Fig. 59. Trends of number of days with strong heat stress (Bc+Sc) and strong cold stress (Sz+Bz+Nz) according to UTCI in 12 cities, 1975–2014

Tabela 21. Charakterystyka trendów obciążenia stresem ciepła (silny i bardzo silny stres ciepła) oraz zimna (silny, bardzo silny i niezdolny stres zimna) wg UTCI w poszczególnych miastach, rok zmiany trendu oraz przedziały ufności (P.U.)

Miasto	Stres	Rok zmiany	Charakterystyka		
			Trend	Zmiana l.dni/rok	95% P.U.
Białystok	Ciepła	1992	1	0,44*	(0,08; 0,81)
			2	-0,08	(-0,31; 0,15)
	Zimna	1989	1	-2,97*	(-4,36; -1,56)
			2	0,22	(-0,44; 0,87)
Gdańsk	Ciepła	-	1	0,01	(-0,02; 0,03)
			2	-	-
	Zimna	1989	1	-3,31*	(-4,82; -1,81)
			2	0,42	(-0,40; 1,24)
Katowice	Ciepła	1994	1	0,33*	(0,00; 0,65)
			2	0,01	(-0,27; 0,29)
	Zimna	1999	1	-0,75*	(-1,26; -0,24)
			2	0,09	(-1,00; 1,18)
Kraków	Ciepła	1994	1	0,63*	(0,07; 1,19)
			2	0,10	(-0,12; 0,32)
	Zimna	-	1	0,11	(-0,13; 0,36)
			2	-	-
Lublin	Ciepła	1993	1	0,40*	(0,06; 0,75)
			2	-0,02	(-0,32; 0,28)
	Zimna	-	1	-0,53*	(-0,81; -0,24)
			2	-	-
Łódź	Ciepła	1994	1	0,39*	(0,10; 0,68)
			2	-0,13	(-0,38; 0,12)
	Zimna	2000	1	-1,42*	(-2,05; -0,79)
			2	1,39	(-0,20; 2,99)
Olsztyn	Ciepła	1994	1	0,18	(-0,09; 0,45)
			2	-0,06	(-0,29; 0,17)
	Zimna	1989	1	-1,38*	(-2,74; -0,02)
			2	0,42	(-0,21; 1,06)
Poznań	Ciepła	1994	1	0,28	(-0,02; 0,56)
			2	0,03	(-0,26; 0,32)
	Zimna	1992	1	-1,67*	(-2,87; -0,46)
			2	0,56	(-0,34; 1,45)
Szczecin	Ciepła	1976	1	-3,68	(-18,07; 10,70)
			2	0,02	(-0,13; 0,17)
	Zimna	1999	1	-0,98*	(-1,65; -0,32)
			2	0,66	(-0,57; 1,89)
Toruń	Ciepła	2011	1	0,07	(-0,06; 0,20)
			2	1,11	(-4,79; 7,02)
	Zimna	1992	1	-1,31*	(-2,32; -0,30)
			2	0,28	(-0,36; 0,92)

Warszawa	Ciepła	1993	1	0,33	(-0,04; 0,70)
			2	0,03	(-0,29; 0,34)
	Zimna	-	1	-0,62*	(-0,89; -0,35)
			2	-	-
Wrocław	Ciepła	1983	1	0,43	(-0,78; 1,64)
			2	0,02	(-0,17; 0,21)
	Zimna	1990	1	-0,79	(-2,04; 0,46)
			2	0,00	(-0,58; 0,58)

\* wynik istotny na poziomie 95%

\*\*\*

W większości miast to właśnie spadki liczby dni ze stresem zimna, które notowano od początku badanego okresu do lat 1989–2000 r. w zależności od miasta lub do końca okresu (jak w Lublinie i Warszawie) były statystycznie istotne. Ogólnie największe były spadki liczby dni z silnym stresem zimna notowane w Białymstoku i Olsztynie do 1989 r., a sięgały one 3,3 dnia/rok. Wzrosty liczby dni z silnym stresem ciepła notowane do 1992–94 r. były istotne statystycznie tylko w Białymstoku, Katowicach, Krakowie, Lublinie i Łodzi, gdzie wynosiły 0,3–0,6 dnia/rok. Według przeprowadzonych analiz i przyjętej metodyki badawczej znaczące zmiany w częstości dni z obciążeniem silnym stresem zimna i silnym stresem ciepła nastąpiły między 1989 r. a 2000 r. W ostatnich latach w większości miast notowany był niewielki trend wzrostowy zarówno dni z silnym stresem zimna, jak i dni z silnym stresem ciepła, co potwierdza opisywany kierunek zmian klimatu i wzrost częstości warunków skrajnych termicznie.

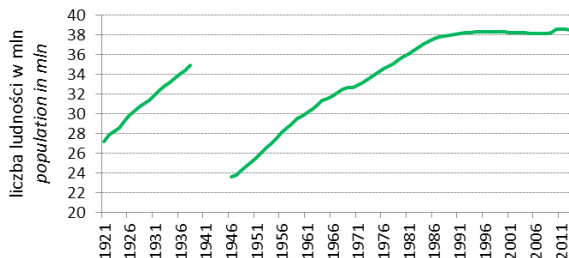


## 6. WYBRANE CHARAKTERYSTYKI DEMOGRAFICZNE ANALIZOWANYCH MIAST

### 6.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA LUDNOŚCIOWA POLSKI

Przed analizą wpływu warunków termicznych na umieralność konieczne jest poznanie zmian rocznej liczby zgonów w Polsce oraz w analizowanych miastach w okresie objętym badaniem, ale także ogólnej struktury ludnościowej tych miast.

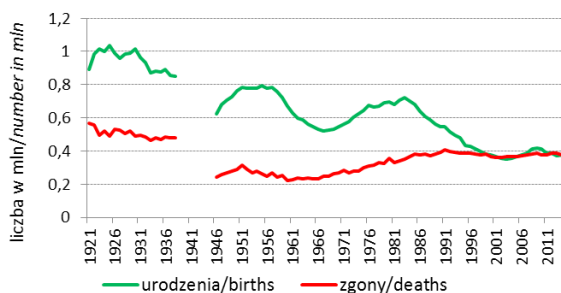
W latach 1975–2014 liczba ludności Polski wahała się od 34 185 000 w 1975r. do 38 538 000 w 2011 r. Lata 1975–1986 stanowiły końcową fazę silnego wzrostu demograficznego po II wojnie światowej (ryc. 60). Począwszy od 1987 r. nastąpiło wyhamowanie wzrostu i liczba ludności Polski od tego czasu wynosi około 38 mln osób.



Ryc. 60. Ludność Polski przed i po II wojnie światowej (dane GUS, opracowanie własne)

Fig. 60. Population in Poland before and after World War II (GUS data, own elaboration)

Wielkość populacji jest różnicą pomiędzy liczbą urodzeń i zgonów, zaś charakterystyczną cechą w Polsce była silna okresowość liczby urodzeń. Powojenny wyż demograficzny z lat 1948–59 znajdował odzwierciedlenie w kolejnych, coraz słabszych wzrostach z lat 1976–1986 oraz 2006–2011 (ryc. 61). Liczba zgonów wykazywała znacznie mniejsze różnice w czasie niż liczba urodzeń. Po okresie wojny i niewielkim wzroście w latach 1949–52 spadała do 1960 r. (224,2 tys.), by pomału rosnąć do 1991 r. (405,7 tys.), a następnie do końca analizowanego okresu utrzymywać się na poziomie 360–390 tysięcy (ryc. 61). W latach 2002–2005 oraz od 2013 r. przyrost naturalny był ujemny.

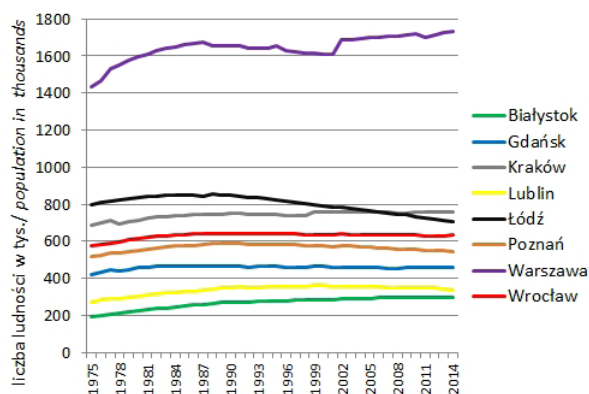


Ryc. 61. Liczba urodzeń i zgonów w Polsce przed i po II wojnie światowej (dane GUS, opracowanie własne)

Fig. 61. Number of births and deaths in Poland before and after World War II (GUS data, own elaboration)

## 6.2. CHARAKTERYSTYKA LUDNOŚCIOWA ANALIZOWANYCH MIAST

Jako, że analiza umieralności w zależności od warunków pogodowych wykonana zostanie dla 8 miast w Polsce, przedstawiona zostanie ogólna struktura demograficzna tylko tych miast. Pomiędzy 1975 i 2014 r. we wszystkich miastach, z wyjątkiem Łodzi zanotowano wzrost liczby ludności (ryc. 62), choć różnej wielkości i o różnym przebiegu w kolejnych latach (GUS 1976, 1996, 2014, 2015).



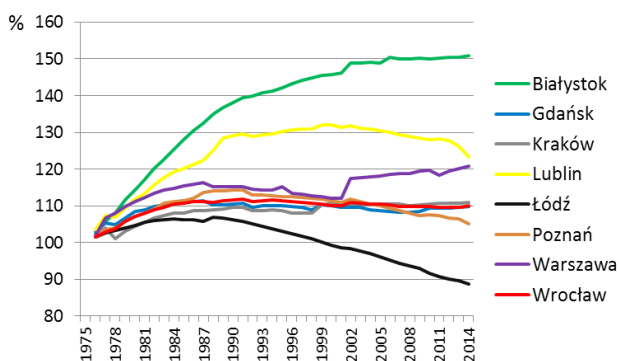
Ryc. 62. Ogólna liczba ludności w analizowanych miastach, 1975–2014 (dane GUS, opracowanie własne)

Fig. 62. Population in analysed cities over the period 1975–2014 (GUS data, own elaboration)

W Białymstoku, najmniejszym spośród analizowanych miast, liczba ludności w latach 1975–2014 praktycznie cały czas rosła. W 1975 r. wynosiła 195 861, wzrastała bardzo szybko do 1991 r. osiągając ponad 273 tys. (wzrost o ponad 39%), po czym już wolniej aż do 295 624 w 2014 r. (ryc. 62, 63). W Lublinie wzrost liczby ludności był do 1990 r. podobnie szybki jak w Białymstoku, z 271 955 osób w 1975 r. do 351 353 w 1990 r. (wzrost o ponad 29%). Po tym okresie nastąpiła stabilizacja liczby ludności na poziomie 355–358 tysięcy, po czym od 2005 r. notowano stały spadek liczby mieszkańców do 335 132 na koniec 2014 r.

Gdańsk, Kraków i Wrocław, pomimo odmiennej liczby mieszkańców cechował podobny wzorzec zmian demograficznych. W Gdańsku odnotowano ponad 11%-owy, szybki wzrost populacji z 420 977 w 1975 r. do 468 616 w 1985 r., potem liczba mieszkańców wahała się w przedziale 456–462 tys. W Krakowie liczba mieszkańców rosła znacząco od 684 600 w 1975 r. do 740 256 w 1984 r., by potem rosnąć nieznacznie, ale stale do 760 700 w 2014 r. We Wrocławiu szybki przyrost mieszkańców także trwał do 1984 r.: z 575 890 w 1975 r. do 635 955. Wrocław największą liczebność osiągnął w 1991 r. (643 640 osób), po czym liczba ludności się ustabilizowała z niewielką tendencją malejącą do 634 487 mieszkańców w 2014 r. (ryc. 62, 63). Poznań od początku analizowanego okresu do 1990 r. cechował stały wzrost liczby ludności od 515 962 do 590 101 mieszkańców (ponad 14%), po czym nastąpił powolny i stały spadek, aż do 542 348 mieszkańców w 2014 r.

Od powyższych wzorców całkowicie odbiegały 2 miasta: Łódź i Warszawa. W Łodzi wzrost liczby mieszkańców trwał jedynie do 1988 r. (do 854 003 osób – wzrost o 7% w stosunku do 1975 r.), po czym rozpoczął się stały i znaczący ubytek ludności, do poziomu 707 504 mieszkańców w 2014 r. (ryc. 63). W Warszawie szybki wzrost liczby mieszkańców trwał do 1987 r. (z 1 436 122 do 1 671 376 osób). Potem notowano w Warszawie spadek liczby zameldowanych mieszkańców, jednak Narodowy Spis Powszechny z 2002 r. wykazał, że jest ich 1 688 194, a od tego czasu notowany był wciąż stały rozwój demograficzny miasta stołecznego, w którym w 2014 r. oficjalnie mieszkało 1 735 442 osób (ryc. 62, 63).



Ryc. 63. Procent liczby mieszkańców analizowanych miast w stosunku do 1975 r. (dane GUS, opracowanie własne)

Fig. 62. Percentage of population in analysed cities compared to 1975 (GUS data, own elaboration)

Tabela 22. Udział (%) ludności powyżej 65 r.ż. według płci w stosunku do ludności ogółem w latach 1975, 1995 oraz 2014

Miasta	1975			1995			2014		
	Ogól.	M	K	Ogól.	M	K	Ogól.	M	K
Białystok	8,9	6,7	10,8	9,4	7,4	11,2	15,1	11,7	18,0
Gdańsk	7,1	5,6	8,6	11,4	9,1	13,5	17,7	14,8	20,4
Kraków	9,2	6,4	11,7	12,0	9,5	14,3	17,6	14,6	20,3
Lublin	8,3	6,1	10,3	10,1	8,0	12,0	16,9	13,6	19,8
Łódź	11,5	8,5	14,0	15,2	11,7	18,3	20,0	15,5	23,8
Poznań	11,3	8,5	13,7	12,4	9,7	14,8	17,8	14,5	20,7
Warszawa	11,8	8,3	14,7	14,7	12,0	17,1	18,6	15,2	21,5
Wrocław	6,5	4,8	8,1	12,4	10,1	14,5	17,7	14,3	20,7

Ogól. – ludność 65+ ogółem, M – mężczyźni 65+, K – kobiety 65+

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

W kontekście analizy zgonów w miastach istotny jest udział mieszkańców powyżej 65 r.ż.. Takie zestawienie zostało wykonane dla 3 przekrojów czasowych: początku, środka i końca analizowanego okresu (tab. 22). W każdym z miast, podobnie jak w całej Polsce i Europie, rósł odsetek osób po 65 r.ż., co świadczy o procesie starzenia się polskiego społeczeństwa. W 1975 r. najmniej było ich we Wrocławiu (6,5%) i Gdańsku (7,1%), najwięcej w Warszawie (11,8%). Tak mały udział ludzi starszych we Wrocławiu i Gdańsku w 1975 r. wynikał jeszcze z wojennych ruchów migracyjnych i faktu, że ludność autochtoniczna uciekła lub została wysiedlona po wojnie z Wrocławia, a w to miejsce przyjechali młodzi ludzie z innych regionów Polski i terenów, które po wojnie przypadły Ukrainie i Białorusi. W 2014 r. struktura wiekowa ludności Wrocławia już nie odbiegała od reszty kraju. W 2014 r. najmniej osób starszych było w Białymstoku (15,1%), najwięcej w Łodzi (20%). W Gdańsku i Lublinie udział ludności starszej w stosunku do ogółu podwoił się, zaś we Wrocławiu – prawie potroił.

Wśród osób powyżej 65 r.ż. dominują kobiety. W 1975 r. stanowiły one od 61% w Gdańsku do 67,3% w Warszawie wszystkich osób 65+, zaś w 2014 r. od 60,6% w Gdańsku do 64,8% w Łodzi. Wydłużył się czas trwania życia mężczyzn, których udział w populacji 65+ wzrósł najwyraźniej w Krakowie oraz w Warszawie.

### 6.3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA UMIERALNOŚCI W POLSCE

Sezonowa zmienność umieralności była przedmiotem pierwszych polskich prac z zakresu meteoropatologii (Baranowski 1936; Wiecha 1952). Na początku XIX wieku liczba zgonów w strefie klimatu umiarkowanego wykazywała dwa maksima, zimowe i letnie. Upowszechnienie urządzeń chłodniczych, szczepienia, poprawa odżywiania i higieny wyeliminowały letni wzrost umieralności. W krajach rozwiniętych następowało ciągle spłaszczanie krzywych zmienności sezonowej dziennej liczby zgonów (Larsen 1990; Carson i in. 2006). W Niemczech w latach 50. XX wieku umieralność w okresie zimowym była



o 20–30% wyższa w stosunku do średniej rocznej, zaś w latach 1990. nadwyżka ta wyniosła już ledwie niespełna 10% (Lerchl 1998), podobnie w Holandii (Ekamper i in. 2009).

Umieralność ogólna w Polsce (współczynnik zgonów ogółem na 100 tys. osób) do II wojny światowej stale malała z 2090 w 1921 r. do 1370 w 1938 r. Po wojnie wynosiła 1100 zgonów/100 tys. osób, w latach 1960. osiągnęła minimum – 750–800/100 tys. W kolejnych latach wahała się od 800 do 1000 zgonów/100 tys. w zależności od przebiegu wyżów i niżów demograficznych (UN 1948; Jankowiak 1976; Koźuchowski i in. 1998; Kuchcik 2000; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Szukalski 2007; GUS 2014). W Polsce do końca lat 40. XX wieku główną przyczyną zgonów były choroby zakaźne i pasożytnicze. Od lat 1960. rozpoczął się wzrost umieralności na choroby cywilizacyjne: liczba zgonów z powodu chorób układu krążenia wzrosła o ponad 250% – stały się one główną przyczyną zgonów, zaś liczba zgonów z powodu nowotworów wzrosła o 150% (Błażejczyk i in. 2015). Umieralność cechuje też wyraźna rytmika dobową, wynikająca z dobowego cyklu fizjologicznego organizmu człowieka (Bogucki i in. 1961).

W strefie klimatu umiarkowanego zmiany umieralności współwystępują w dużej mierze ze zmianami temperatury powietrza w ciągu roku. W Polsce, Anglii czy Holandii umieralność w miesiącach zimowych jest średnio o 15% wyższa niż latem, choć w zależności od warunków klimatycznych lata i zimy wartość ta waha się od 10 do 25% (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). W tej samej strefie, ale w miejscach cechujących się ostrzejszym klimatem, np. w Montrealu (Kanada), czy Minneapolis (USA), w miarę spadku temperatury powietrza, nawet w ekstremalnych warunkach wzrost umieralności jest niewielki (Kalkstein 1998). W strefie klimatu zwrotnikowego zróżnicowanie roczne umieralności zależy od poziomu opieki medycznej. Np. w Los Angeles i na Hawajach (USA) przebieg roczny umieralności jest prawie wyrównany (Goldsmith, Perkins 1967). Z kolei w Sri Lance, położonej w strefie klimatu zwrotnikowego o odmianie monsunowej, w okresie monsunów duża wilgotność powietrza wzmacnia aktywność wirusów, które wywołują nagłe infekcje m.in. układu oddechowego, prowadząc do wzrostu umieralności (Motohashi i in. 1996). Analizy zmienności sezonowej umieralności oraz rozkładów przestrzennych zachorowalności czy zgonów z powodu różnych chorób można znaleźć w opracowaniach z zakresu geografii medycznej (Zemła 1984; Pacione 1986; Michałski, Malinowska 2002) oraz podręcznikach z dziedziny epidemiologii środowiskowej i medycyny (Korczyński 1933, 1936; Jędrzychowski 1986, 2010; Schofield i in. 1991; Ponikowska 1995; Siemiński 2001; Błażejczyk i in. 2015).

Zanim w rozdziale 6.4 opisana zostanie umieralność w 8 analizowanych miastach wyjaśnienia wymaga sposób pozyskiwania danych o przyczynach zgonów, który wyjaśni nieciągłość sum zgonów, jaka pojawiła się w połowie lat 1990.

Źródłem informacji o zgonach dla statystyki publicznej są rejestry administracyjne oparte na wystawianych przez lekarzy kartach statystycznych do kart zgonu. Od 1997 r. przyczyny zgonów są podawane zgodnie z Międzynarodową Statystyczną Klasyfikacją Chorób i Problemów Zdrowotnych – X Rewizja (ICD-10). ICD-10 (2012) zawiera 12 tys. kodów, z czego w Polsce stosowanych jest 3 tys. z nich (Cierniak-Piotrowska i in. 2015). Zmiana klasyfikacji z ICD-9

(1983) na ICD-10 była jedną z przyczyn strajku lekarzy i dwuletniej przerwy w podawaniu przyczyn zgonów. W Polsce kompletność rejestracji zgonów wynosi 100%, jednak informacja ta jest niskiej jakości. Z raportu WHO (2013) wynika, że w 29,5% przypadków przyczyna zgonu opisana była nieprawidłowo. Podstawowym problemem było pominięcie chronologicznego opisu łańcucha przyczyn/chorób odpowiedzialnych za zgon chorego, a w konsekwencji nieprecyzyjne wskazanie wyjściowej przyczyny zgonu.

W Polsce odsetek zgonów z przyczynami określanymi jako „garbage codes” (kody „śmieciowe”) jest wysoki przede wszystkim w wyniku nadmiernego używania opisów i określeń z zakresu chorób układu krążenia (Wojtyniak i in. 2012a, b). Najczęściej używane kody „śmieciowe” spośród chorób kardiologicznych to „niewydolność serca” oraz „uogólniona i nieokreślona miażdżycza”, a także „zatrzymanie krążenia” oraz „zwyrodnienie mięśnia sercowego”. Dodatkowo 87% wskazań „śmieciowych” w zakresie chorób układu krążenia dotyczy zgonów osób w wieku 65 lat i więcej, czyli grupy, której dotyczy niniejsze opracowanie. Różne sposoby kodowania przyczyn zgonów są najbardziej prawdopodobną przyczyną bardzo dużego regionalnego zróżnicowania współczynnika umieralności w Polsce. Przykładowo współczynnik umieralności z powodu zawału serca (I21–22) w Katowicach w latach 2007–2009 był blisko trzykrotnie wyższy od notowanego we Wrocławiu i Krakowie, z powodu miażdżycy (I70) w Krakowie i Wrocławiu był 6–9-krotnie większy niż w Białymstoku, Katowicach czy Szczecinie (Wojtyniak i in. 2012a, b).

W obecnej pracy przedmiotem analizy nie są pojedyncze przyczyny zgonów, ale grupa przyczyn w ramach układu krążenia (I00–I99) i układu oddechowego (J00–J99), a zazwyczaj nawet błędnie podana przyczyna zgonu zostaje jednak w tej samej grupie chorób.

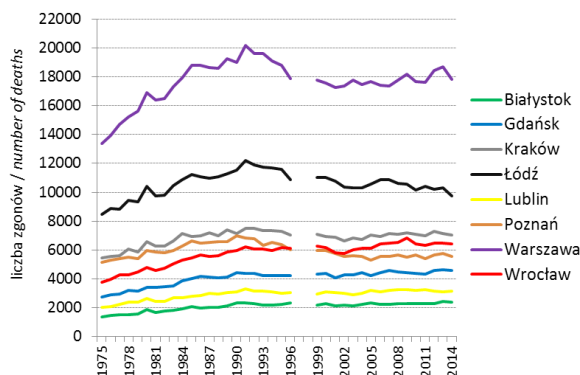
W Polsce główną przyczyną zgonów są choroby układu krążenia, które na początku lat 90. XX wieku stanowiły 52% ogółu zgonów, zaś w ostatnich latach – 46% (GUS 2015). Wśród kobiet odsetek zgonów z powodu chorób układu krążenia jest obecnie o 10% wyższy w porównaniu do mężczyzn. W 1980 r. stosunek ten wynosił 52,6% do 44,5%, w 1991 r. 57,9% do 48,3%, zaś w 2013 r. 51% do 41%. Stale rośnie liczba zgonów spowodowanych nowotworami: w 1980 r. były przyczyną 17% zgonów, w 1991 r. – 18%, w 2000 r. – 23%, zaś w 2013 r. 24,5% (26% wśród mężczyzn, 23% wśród kobiet) (Wysocki, Car 2010; GUS 2012, 2015; Strzelecki, Szyborski, red. 2015).

Choroby układu oddechowego to czwarta, po urazach i zatruciach przyczyna zgonów wśród całej populacji, w 2006 r. były przyczyną 4,9% wszystkich zgonów: 5,6% wśród mężczyzn i 4,3% wśród kobiet. Jednak wśród osób w wieku 65 lat i więcej choroby układu oddechowego są trzecią w kolejności przyczyną zgonów (7%), a wśród nich dominuje zapalenie płuc i przewlekłe choroby dolnych dróg oddechowych (Narodowy Plan Zdrowotny 2003; GUS 2015).

## 6.4. CHARAKTERYSTYKA UMIERALNOŚCI W ANALIZOWANYCH MIASTACH

Łączna suma zgonów ogółem poddanych analizie w badanych miastach w latach 1975–2014 była skorelowana z liczbą ludności miast, a wyniosła w kolejności od najmniejszej do największej: 78 987 w Białymstoku, 110 514 w Lublinie, 153 726 w Gdańsku, 216 688 we Wrocławiu, 225 086 w Poznaniu, 260 306 w Krakowie, 401 595 w Łodzi i 669 929 w Warszawie.

Roczna liczba zgonów w Białymstoku rosła stale od niespełna 1400 w 1975 r. do 2444 w 2013 r. W Lublinie – od 2030 zgonów w 1975 r., przez 3289 w 1991 r., po 3150 w ostatnich latach. W Gdańsku, podobnie jak w Białymstoku, wraz z niewielkim, ale stałym wzrostem populacji miasta rosła liczba zgonów od 2730 do 4600 w 2014 r. W Poznaniu najwięcej przypadków śmierci było w okresie największej liczebności miasta (1990 r.) – 6970, zaś w ostatnich latach notowano 5500–5600 zgonów rocznie. Liczba zgonów we Wrocławiu rosła intensywnie od 3785 w 1975 r. do 6862 w 2009 r., by ustalić się na ponad 6400 w ostatnim czasie. W Krakowie maksymalna jej wartość wystąpiła w 1991 r. (7500 przypadków), w okresie niewielkiego wzrostu demograficznego. Na początku XXI w. liczba ta zmalała do poziomu 6700–6800, by ponownie ostatnio wzrosnąć do ponad 7000 przypadków rocznie. Rok 1991 był też okresem największej umieralności w Łodzi i Warszawie (odpowiednio ponad 12 tys. i 20 tys. przypadków zgonów). W obu miastach w kolejnych latach liczba ta uległa zmniejszeniu: w Łodzi wciąż maleje (do poniżej 10 tys. w 2014 r.), zaś w Warszawie po początkowym spadku w ostatnich latach notuje się 18 tys. zgonów rocznie (ryc. 64)



Ryc. 64. Rzeczywista liczba zgonów w latach 1975–1996 oraz 1999–2014 (dane GUS, opracowanie własne)

Fig. 64. The number of deaths over the years 1975–1996 and 1999–2014 (GUS data, own elaboration)

Analogicznie do przedstawionego w rozdziale 6.1 udziału osób w wieku 65 lat i więcej w całej populacji w trzech horyzontach czasowych, przedstawiony zostanie udział zgonów ogółem wśród osób 65+ (tab. 23). We wszystkich miastach w ciągu ostatnich 40 lat wraz z procesem starzenia się polskiego społeczeństwa rósł udział zgonów osób 65+. W 1975 r. najmniejszy był we Wrocławiu, największy w Poznaniu. W 2014 r. najmniejszy był w Łodzi, a największy w Warszawie.

Tabela 23. Udział (%) zgonów ogółem osób 65+, zgonów z powodu chorób układu krążenia osób 65+ (Kr 65+) i oddechowego osób 65+ (Odd 65+) w ogólnej liczbie zgonów w latach 1975, 1995 oraz 2014

Miasto	1975			1995			2014		
	Ogół 65+	Kr 65+	Odd 65+	Ogół 65+	Kr 65+	Odd 65+	Ogół 65+	Kr 65+	Odd 65+
Białystok	60,9	42,3	4,6	62,7	47,5	2,7	75,2	42,8	6,7
Gdańsk	53,3	36,8	6,5	65,0	42,3	2,2	76,8	40,7	8,0
Kraków	63,5	44,5	4,2	69,1	51,4	2,3	78,2	50,9	3,9
Lublin	62,5	45,2	4,7	64,2	51,2	2,1	73,9	44,8	6,3
Łódź	63,4	47,1	6,8	66,7	53,8	3,7	73,0	39,5	6,9
Poznań	67,2	44,6	4,4	70,8	52,9	3,0	76,2	38,6	6,6
Warszawa	65,4	42,7	4,1	69,7	43,5	3,7	79,0	44,9	9,6
Wrocław	52,4	43,4	5,8	65,9	52,5	2,9	75,2	44,0	7,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Zgony z przyczyn chorób układu krążenia w 1975 r. wynosiły od blisko 37% ogółu zgonów w Gdańsku po 47% w Łodzi. Po 20 latach udział ten wzrósł do ponad 50% w 5 z 8 miast, by ponownie spaść w 2014 r. (tab. 23). W 1975 r. zgony spowodowane chorobami układu oddechowego stanowiły od 4,1% ogółu zgonów w Warszawie do 6,8% w Łodzi. W 1995 r. ich udział w ogólnej sumie zgonów zmalał znacząco, do średniej z 8 miast poniżej 3%, zaś w ostatnich latach – wzrósł do 8% w Gdańsku i blisko 10% w Warszawie. Niejednoznaczna sytuacja cechowała Kraków, w którym wyjątkowo dużo w ostatnim czasie było zgonów z przyczyn chorób układu krążenia i wyjątkowo mało związanych z chorobami układu oddechowego, co w mieście o tak wysokim zapyleniu powietrza musi budzić wątpliwości.

W grupie przyczyn chorób układu krążenia zgony osób w wieku 65 lat i więcej stanowiły w 1975 r. średnio 76%, a w 2014 r. już blisko 86% wszystkich zgonów z powodu chorób układu krążenia. Odsetek osób 65+ wśród zgonów na choroby układu oddechowego także rósł w ciągu ostatnich 40 lat, od średnio 70% w 1975 r. w 8 miastach do blisko 85% w 2014 r. Coraz większą część zgonów według danych przyczyn stanowią zgony osób 65+, których z racji wydłużania czasu trwania życia jest w Polsce coraz więcej. Dlatego też dalsza analiza umieralności osób 65+ w powiązaniu z warunkami termicznymi obejmuje zdecydowaną większość notowanych w poszczególnych miastach przypadków zgonów (tab. 24).

Analiza rocznej liczby zgonów w przeliczeniu na 100 tys. mieszkańców przedstawia inny obraz, bez odniesienia do zmieniającej się wielkości i wieku populacji. Najwyższą średnią umieralnością ogólną w latach 1975–2014 cechowała się Łódź i Warszawa, najniższą Białystok (tab. 25). Umieralność osób w wieku 65+ powielała tę kolejność: z przyczyn chorób układu krążenia była największa w Łodzi, ale na drugim miejscu znajdował się Poznań, najmniejsza była w Gdańsku i Białymstoku. W wszystkich zgonów z powodu chorób układu oddechowego było rocznie w Łodzi ponad dwukrotnie więcej niż w Krakowie, Lublinie czy Białymstoku, podobnie było w przypadku tych zgonów w grupie osób 65+ (tab. 25).

Tabela 24. Udział (%) zgonów osób 65+ z powodu chorób układu krążenia i oddechowego w stosunku do ogólnej liczby zgonów z tych przyczyn w latach 1975, 1995 oraz 2014

Miasto	1975		1995		2014	
	Kr 65+	Odd 65+	Kr 65+	Odd 65+	Kr 65+	Odd 65+
Białystok	80,1	71,9	79,8	65,0	91,3	81,2
Gdańsk	70,6	65,0	78,9	77,4	84,0	87,0
Kraków	77,6	69,0	83,5	74,4	87,0	82,7
Lublin	76,6	73,7	78,6	67,2	84,0	79,7
Łódź	77,3	73,7	77,8	80,0	84,1	85,5
Poznań	77,5	72,4	82,6	79,8	86,5	86,1
Warszawa	79,7	72,7	82,9	81,4	84,8	87,8
Wrocław	67,3	61,5	78,3	74,2	84,5	86,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

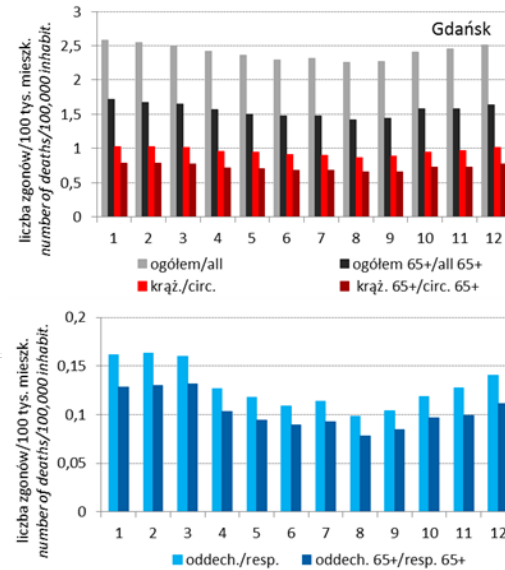
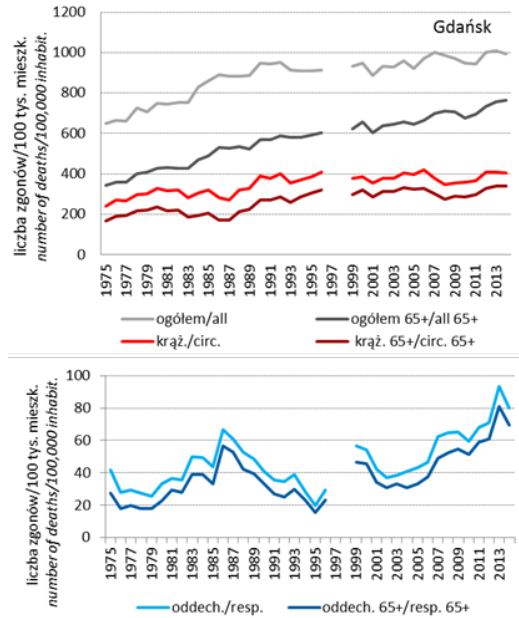
Tabela 25. Średnia liczba zgonów na 100 tys. mieszkańców z podziałem na przyczyny i wiek, 1975–2014

Miasto	Ogółem	Ogółem 65+	Ukł. krąż. ogółem	Ukł. krąż. 65+	Ukł. oddech. ogółem	Ukł. oddech. 65+
Białystok	779,0	509,4	349,7	281,8	33,7	25,3
Gdańsk	880,2	569,0	349,1	263,2	46,9	37,7
Kraków	921,9	640,9	451,9	372,2	32,8	25,5
Lublin	861,9	562,2	415,8	331,7	34,7	26,5
Łódź	1320,7	878,5	624,8	494,3	71,3	56,1
Poznań	1046,4	736,1	502,3	401,6	42,7	34,5
Warszawa	1070,2	747,5	484,2	396,1	55,0	45,0
Wrocław	903,3	581,0	443,9	341,8	36,8	26,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

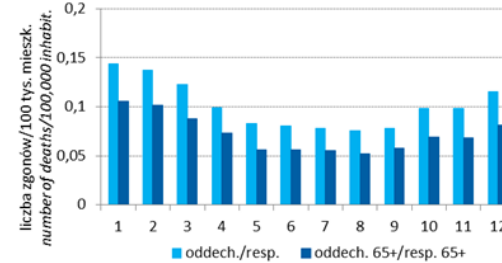
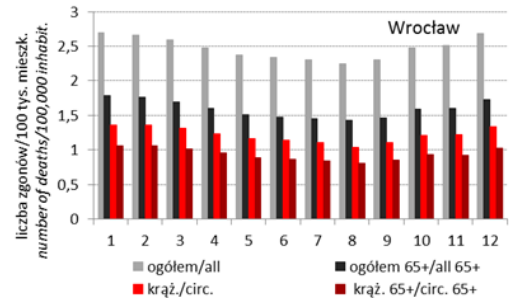
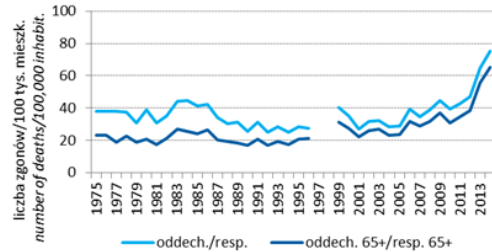
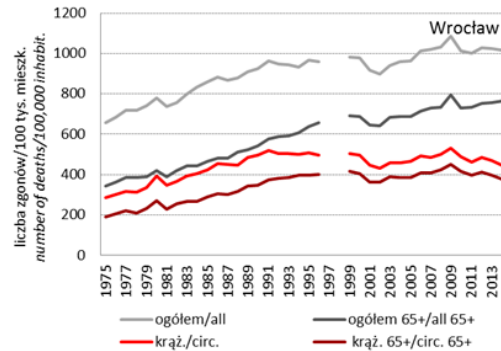
W analizowanym okresie największy przyrost umieralności dotyczył Gdańska i Wrocławia (ryc. 65, 66), miast na nowo zasiedlanych po II wojnie światowej, z najmniejszym odsetkiem ludności 65+ w 1975 roku. W Gdańsku liczba zgonów ogółem rosła w analizowanym okresie stale od 648/100 tys. mieszkańców w 1975 r. do 1008/100 tys. w 2013 r. Jeszcze większy, bo ponad dwukrotny był przyrost liczby zgonów w grupie osób 65+: od 345/100 tys. w 1975 r. do 763/100 tys. w 2014 r. Wzrost umieralności z powodu chorób układu krążenia był znaczący od początku badanego okresu do 1996 r., po czym nastąpiło jej wyrównanie, a nawet spadek w latach 2008–2011 (ryc. 65).

W Białymstoku umieralność ogólna rosła w 40-leciu od 704/100 tys. w 1975 r. do 860/100 tys. w 1991 r., by w kolejnych latach zmaleć. Umieralność ogólna osób 65+ w tym samym czasie stale wzrastała od niespełna 430/100 tys. mieszkańców w 1975 r. do 612/100 tys. w 2004 r. W Białymstoku widoczna była różnica liczby zgonów na choroby układu krążenia i układu oddechowego przed i po 1999 r., po zmianie w orzekaniu przyczyn zgonów (ryc. 67).



Ryc. 65. Gdańsk – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

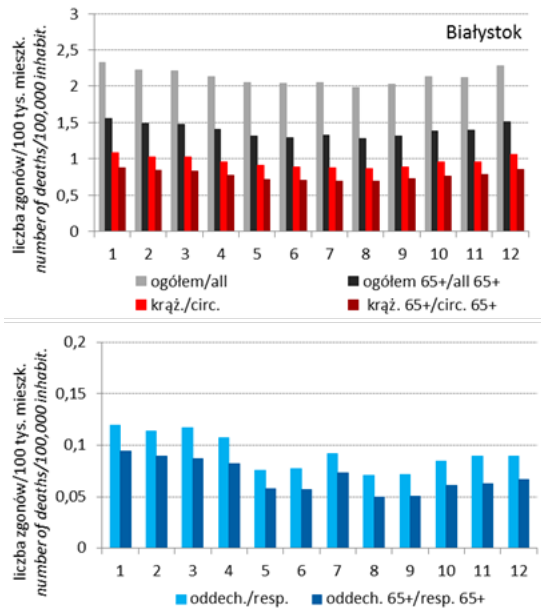
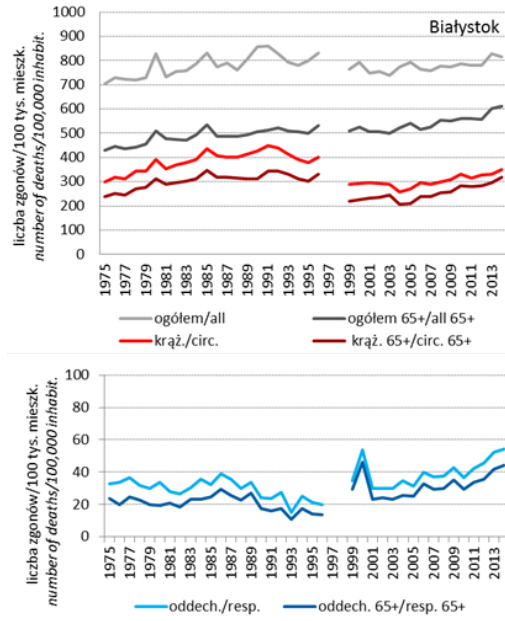
Fig. 65. Gdańsk – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014



Ryc. 66. Wrocław – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

Fig. 66. Wrocław – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014

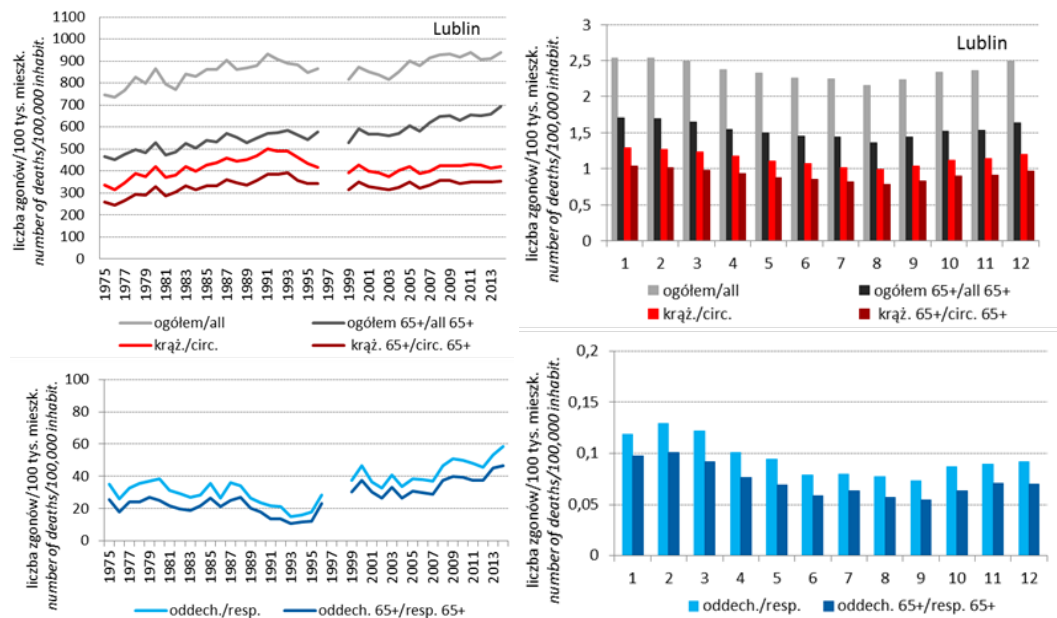




Ryc. 67. Białystok – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

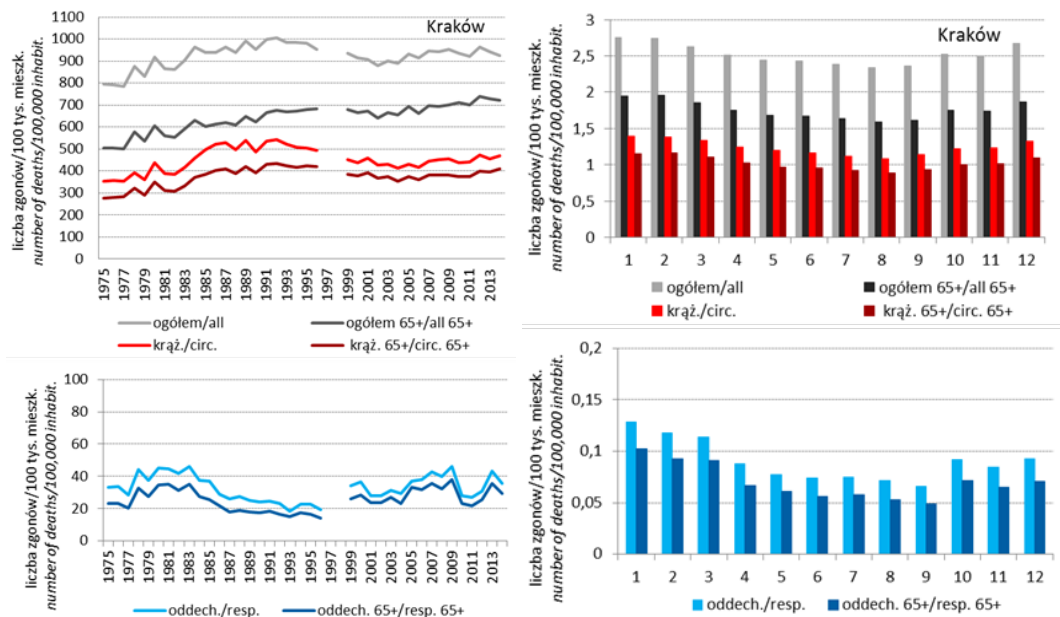
Fig. 67. Białystok – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014





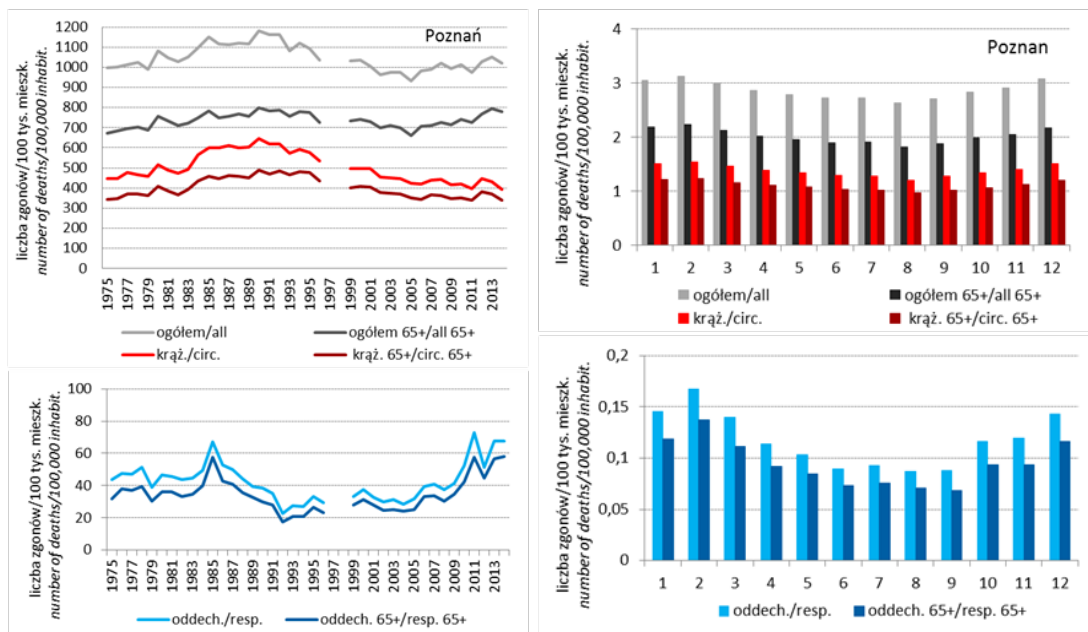
Ryc. 68. Lublin – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

Fig. 68. Lublin – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014



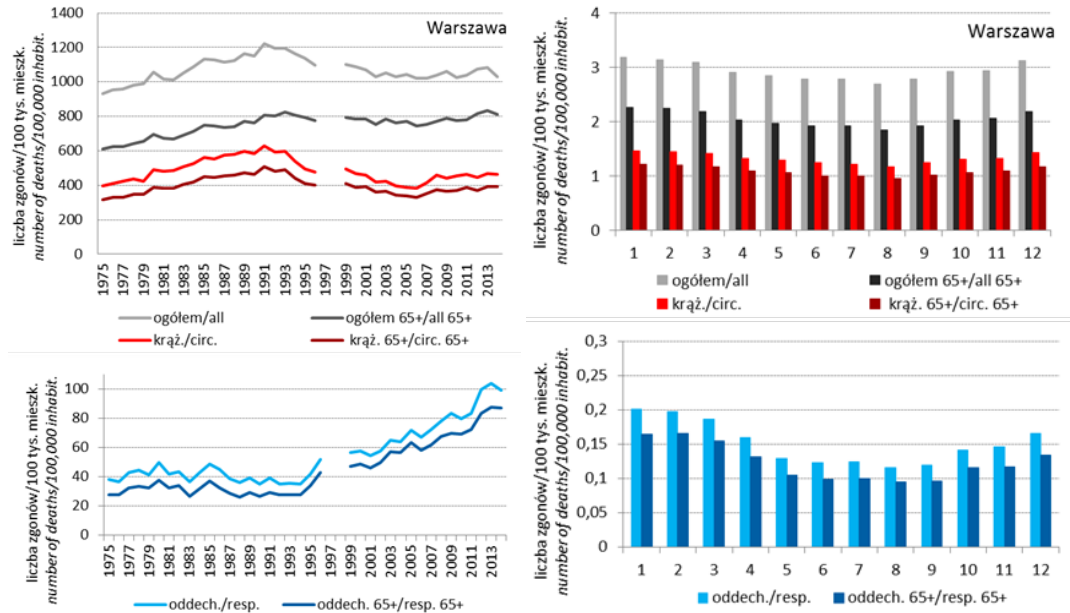
Ryc. 69. Kraków – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

Fig. 69. Cracow – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014



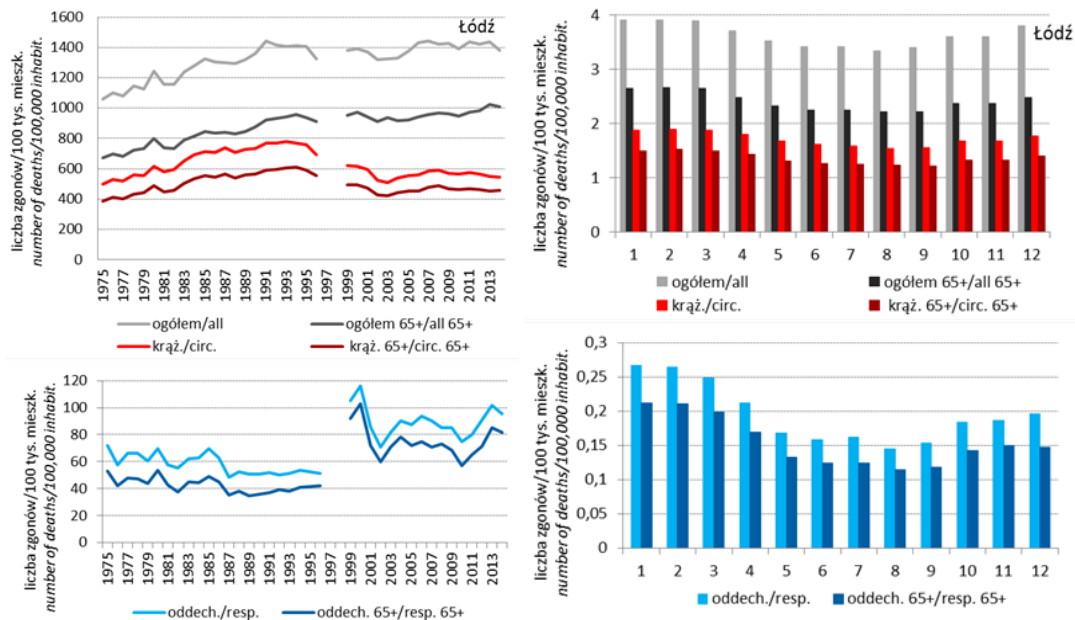
Ryc. 70. Poznań – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

Fig. 70. Poznań – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014



Ryc. 71. Warszawa – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

Fig. 71. Warsaw – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014



Ryc. 72. Łódź – średnia roczna i średnia dobowa liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) w latach 1975–2014

Fig. 72. Łódź – yearly and daily average number of deaths from all causes (all), from circulatory diseases (circ.) and respiratory diseases (resp.) and among people over 65 years of age (65+) in the period 1975–2014

Umieralność w Lublinie przypominała tę z Białegostoku, z podobnym trendem, wzrostami i spadkami w tych samych latach, z jedną różnicą - umieralność ogółem w Lublinie była wyższa o ok. 100 zgonów/100 tys. mieszkańców (ryc. 68).

W Krakowie umieralność ogółem była najwyższa w 1992 r. (1007/100 tys. mieszkańców), po czym nigdy już nie osiągnęła takiego poziomu (ryc. 69). Z kolei umieralność osób starszych, od 1975 r. stale rosła i w 2012 r. osiągnęła blisko 740/100 tys. mieszkańców. Odmienny przebieg niż w poprzednio opisywanych miastach miała umieralność na choroby układu oddechowego, z wyraźnym maksimum w latach 1980–83, kiedy liczba zgonów sięgała 46/100 tys. osób.

Poznań największą umieralność ogólną w przeliczeniu na 100 tys. mieszkańców (1181) osiągnął w 1990 r., potem wartości te malały (ryc. 70). Umieralność na choroby układu krążenia po 1990 r. także stale i wyraźnie malała do poniżej 400/100 tys. osób. W przebiegu umieralności z przyczyn chorób układu oddechowego wyraźne były dwa maksima: w 1985 r. oraz w 2011 r., pomiędzy którymi umieralność spadała do nawet poniżej 30 zgonów/100 tys.

Przebiegi umieralności ogółem i z przyczyn chorób układu krążenia w Łodzi i Warszawie były do siebie podobne (ryc. 71, 72), różniły je wyższe nieco wartości w Łodzi oraz fakt, że w Warszawie umieralność ogólna po maksimum w 1991 r. (Łódź – 1442/100 tys., Warszawa – 1220/100 tys.) istotnie zmalała, zaś w Łodzi stale utrzymywała się na wysokim poziomie. Inny był natomiast przebieg umieralności na choroby układu oddechowego: w Warszawie – wzrost od 38/100 tys. mieszkańców w 1975 r. do 104 zgonów w 2013 r. (ryc. 71). W Łodzi z kolei liczba zgonów na choroby układu oddechowego znacząca się wahała: w 1975 r. notowano blisko 2-krotnie większą umieralność niż w Warszawie (72/100 tys.), po czym nastąpiły jej spadki i wzrosty.

Przebieg roczny umieralności w badanych miastach wyglądał podobnie, a miasta różniły się w tym względzie nieznacznie (ryc. 65–72). Większa umieralność cechowała miesiące zimowe, mniejsza – letnie. W stosunku do średniej rocznej wahań wynosiły maksymalnie 8–9% na plus w miesiącach zimowych i na minus w letnich. We wszystkich miastach najmniejsza umieralność ogólna przypadała na sierpień: czasem było to bardzo wyraźne minimum jak w Lublinie (ryc. 68), ale bywało że sierpień niewiele się wyróżniał z okresu obniżonej umieralności trwającego od czerwca do września, jak w Gdańsku (ryc. 65) czy Krakowie (ryc. 69). Najwyższa średnia dobowa umieralność była zazwyczaj w styczniu, niewiele niższa w lutym i grudniu. W Poznaniu najwyższa umieralność ogólna cechowała luty i grudzień (ryc. 70). Zgony osób 65+ oraz umieralność z powodu chorób układu krążenia powielały powyżej opisane wzorce.

Większe zróżnicowanie w roku wykazywała umieralność z powodu chorób układu oddechowego, których sumarycznie było w roku niewiele (ryc. 65–72). Zimowy wzrost był nawet o 30–40% wyższy, zaś letni spadek do 25% niższy od średniej rocznej. Najniższa umieralność cechowała czasem wyraźnie sierpień (Łódź, Gdańsk), niekiedy sierpień i wrzesień (jak w Warszawie i Poznaniu), ale bywało też, że wrzesień (Kraków, Lublin). Najwyższa umieralność na choroby układu oddechowego przypadała głównie na jeden miesiąc, zazwyczaj na styczeń (Wrocław, Kraków) lub luty (Poznań, Gdańsk, Lublin), niekiedy na oba

te miesiące z niewielkim wskazaniem na styczeń (Warszawa, Łódź), albo jak w Białymstoku na styczeń i marzec.

\*\*\*

Z powodu zróżnicowania umieralności zarówno w roku, jak i w dłuższym okresie, oba trendy umieralności: roczny i długookresowy zostały uwzględnione w opisanych w kolejnych rozdziałach wskaźnikach ryzyka zgonów kształtowanych pod wpływem skrajnych warunków termicznych.





## 7. UMIERALNOŚĆ W OKRESACH GORĄCYCH

Celem zarówno przeglądu literatury w rozdziale 4. dotyczącego oddziaływania gorącego środowiska termicznego na człowieka, jak i charakterystyki samych okresów gorących przedstawionej w rozdziale 5.4 było, w dużej mierze, doprowadzenie do prawidłowej oceny wpływu okresów gorących na zgony w Polsce w latach 1975–2014, przedstawionej poniżej. W śledzeniu poniższych analiz przydatne będzie sięganie do definicji okresów gorących zawartych w rozdziale 2.2.1.

W modelu statystycznym analizującym ryzyko względne zgonu w okresach szczególnie gorących, ale także szczególnie mroźnych, opisanych w kolejnym rozdziale, uwzględnione były już zarówno zmiany roczne temperatury powietrza, jak i sezonowość dobowej liczby zgonów.

### 7.1. UMIERALNOŚĆ W POJEDYNCZYCH OKRESACH GORĄCYCH

Wstępną analizę wielkości umieralności w okresach gorących wykonano w 3 wybranych miastach i tylko w dniach konkretnego okresu, tzn. obliczono ryzyko zgonu dokładnie w czasie trwania danego okresu (patrz rozdz. 2.4). Okazało się, że w przypadku zgonów ogółem na 20–30 okresów gorących jedynie w paru notowano istotny statystycznie wzrost umieralności: w Warszawie, w zależności od definicji, dotyczył 11–17% przypadków okresów gorących, w tym najwięcej według definicji II. W Krakowie zanotowano znacznie mniej istotnych statystycznie zmian umieralności ogólnej dokładnie w okresach gorących – maksymalnie niespełna w 7% przypadków okresów według definicji IV. Nieco więcej istotnych statystycznie zmian dotyczyło umieralności ogółem wśród kobiet (w 11% okresów wg I definicji), czy umieralności mężczyzn z powodu chorób układu krążenia (w 15% okresów wg II definicji). W Białymstoku, gdzie ogólnie okresów gorących wydzielonych na podstawie stałych progów termicznych było znacznie mniej niż w innych miastach, udział istotnie statystycznie wzrostów umieralności był podobny jak w Krakowie i Warszawie: największy (w 3 okresach na 20 wydzielonych według III definicji) sięgał 15% z powodu chorób układu krążenia wśród kobiet powyżej 65 r.ż.

W okresach szczególnie wysokiej temperatury powietrza notowano podobnie niewiele istotnych statystycznie zmian umieralności z przyczyn chorób układu oddechowego. Jednak z racji niewielkich dobowych sum zgonów z tym rozpoznaniem, wszelkie dodatkowe zgony powodowały znaczące procentowo wzrosty umieralności w tej grupie, często statystycznie nieistotne.

Powyzsza próba była dowodem na to, że błędem było analizowanie wpływu okresu gorącego na zgony tylko i wyłącznie w czasie trwania danego okresu. Zwłaszcza, że okresy gorące w zależności od użytej definicji są krótkie, trwają średnio 4–7 dni, a często jedynie 3 dni. Oddziaływanie wysokiej temperatury powietrza rzadko prowadzi bezpośrednio do nagłego zgonu np. w wyniku

udarów cieplnego, występującego natychmiast po bodźcu. Najczęściej wpływ ten kumuluje się w kolejnych dniach panowania wysokiej temperatury powietrza i powoduje zaostrzenie stanu chorobowego prowadząc do zgonu nawet kilka dni po zakończeniu okresu gorącego, co zostało opisane w rozdz. 4. Także śmierć z odwodnienia, będąca bezpośrednią przyczyną wielu zgonów starszych wiekiem Francuzów w czasie fali upałów 2003 r. nie następowała w sposób nagły, a była raczej wynikiem kilkudniowego procesu.

Kolejną przesłanką za odejściem od tej formy badania było duże rozdrobienie pojedynczo analizowanych okresów gorących, co prowadziło do małej liczby zgonów w nich notowanych, a w konsekwencji do małej próby badawczej i braku istotności statystycznej wyników.

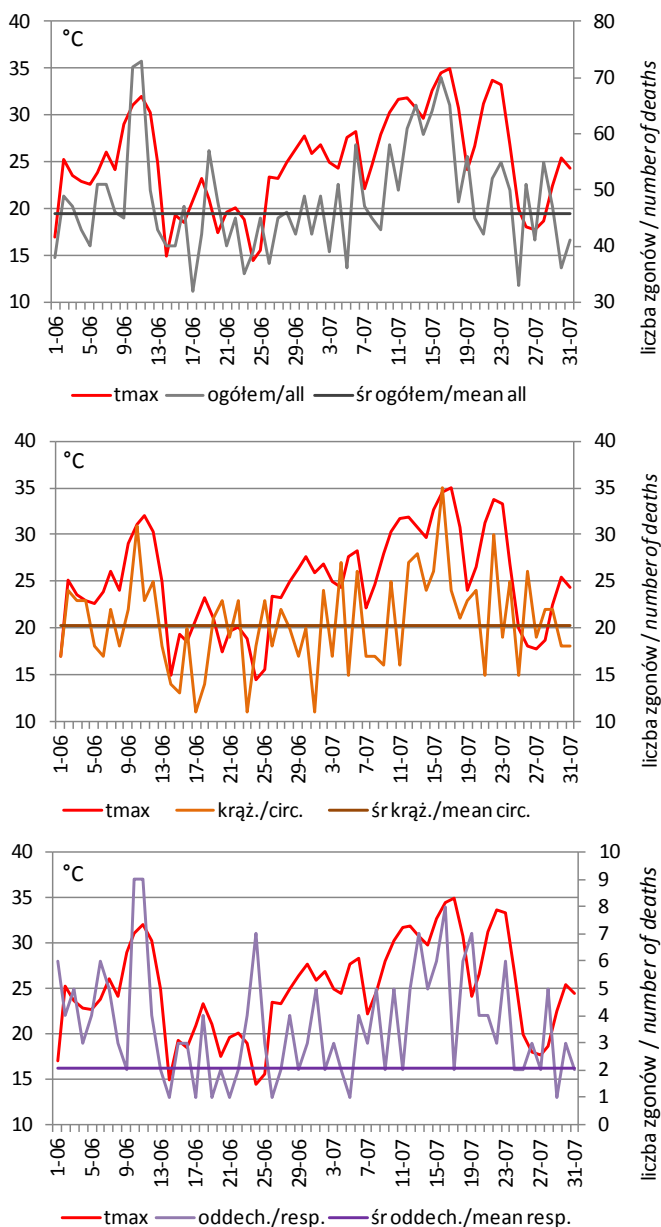
Dlatego też w dalszej części pracy zdecydowano się na analizę traktującą wszystkie okresy gorące wraz z następującymi po nich 7 dniami, wydzielone według danej definicji w konkretnym mieście jako jeden badany przypadek. Zatem np. badano łącznie wielkość umieralności z powodu chorób układu krążenia wśród mężczyzn w czasie i w ciągu 7 dni po zakończeniu danego rodzaju okresów (np. 38 okresów upalnych w Łodzi obejmujących łącznie 217 dni w 40-leciu) i otrzymywano 1 wartość ryzyka względnego zgonu. Dodatkowo analizę prowadzono z podziałem na okresy gorące wczesne (rozpoczynające się w maju i czerwcu) i okresy późniejsze (rozpoczynające się w lipcu i sierpniu), a także z podziałem na dekady, w jakich okresy gorące wystąpiły.

## 7.2. LATO 2010 ROKU W WARSZAWIE

Uzupełnieniem opisanych w poprzednim rozdziale wyników jest konkretny przykład czerwca i lipca 2010 r. z Warszawy: przebieg temperatury maksymalnej i liczby zgonów (ryc. 73) oraz zestawienie ryzyka zgonu w okresach gorących wyznaczonych na pięć sposobów (tab. 26).

W czerwcu i lipcu 2010 r. w Warszawie w zależności od przyjętej definicji wydzielono nawet 4 okresy gorące. Pierwszy rozpoczął się 9 czerwca, trzy kolejne – w lipcu. Najwyższa temperatura maksymalna wystąpiła w trzecim w kolejności okresie (według definicji I i V) – osiągając 17 lipca 35,0°C. Na rycinie 73 wyraźnie widać jak wzrost temperatury powietrza współgrał ze wzrostem umieralności znacznie powyżej średniej dobowej z 40-lecia. Dużemu wzrostowi temperatury powietrza towarzyszył nagły i znaczny wzrost liczby zgonów ogółem w dniach 10–11 czerwca o 60% w stosunku do liczby oczekiwanej, o 53% z powodu chorób układu krążenia (wzrost o 53%) i 4-5-krotny wzrost umieralności z powodu chorób układu oddechowego. Tak znaczący wzrost umieralności w pierwszych gorących dniach 2010 r. mógłby stanowić potwierdzenie wcześniejszych badań autorki, które dowodziły szczególnej uciążliwości pierwszych w roku fal upałów (Kozłowska-Szczęśna i in. 2004) (ryc. 73).

Kolejnym trzem okresom szczególnie gorącym w dniach: 10–13, 15–18 i 21–23 lipca, w tym zwłaszcza dwóm pierwszym towarzyszył także wyraźny wzrost liczby zgonów, szczególnie duży w grupie chorób układu krążenia (wzrost o 72% w stosunku do oczekiwanej w dniu 16 lipca). Jednak pomimo, że ich intensywność wyrażona temperaturą maksymalną była większa niż fali z czerwca, to wzrost umieralności ogólnej i z przyczyn układu oddechowego chociaż duży, nie był już tak spektakularny jak w czerwcu.



Ryc. 73. Lato 2010 r. w Warszawie: maksymalna temperatura powietrza (tmax), liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) wraz ze średnią (śr.) z 40-lecia z czerwca i lipca

Fig. 73. Summer 2010 in Warsaw: maximum air temperature (tmax), number of deaths from all causes (all), from circulatory (circ.) and respiratory diseases (resp.) with average number of deaths for June and July of 1975–2014

Tabela 26. Ryzyko względne zgonu w czasie okresów gorących wydzielonych według pięciu definicji w Warszawie latem 2010 roku

Definicja	Data rozp.	Dł.	t <sub>max</sub>	Ogół	Ogół 65+	Ogół M	Ogół K	Kr	Kr 65+	Kr M	Kr K	Odd	Odd 65+	Odd M	Odd K
I	10.06	3	31,1	<b>1,31</b>	<b>1,38</b>	<b>1,27</b>	<b>1,32</b>	1,24	1,20	1,15	1,18	<b>2,00</b>	<b>1,84</b>	<b>2,07</b>	<b>1,94</b>
	10.07	4	31,2	<b>1,15</b>	1,10	1,14	1,15	1,06	0,93	1,13	0,96	1,26	1,16	<b>1,80</b>	0,77
	15.07	4	33,2	<b>1,17</b>	1,16	<b>1,24</b>	1,11	1,11	1,00	1,20	1,02	1,48	1,42	1,65	1,32
	21.07	3	32,7	0,94	0,88	1,04	0,86	0,90	0,89	1,02	0,80	1,14	0,88	1,26	1,03
II	9.06	4	30,6	<b>1,22</b>	<b>1,28</b>	1,20	<b>1,21</b>	1,21	1,24	1,09	1,17	<b>1,61</b>	1,49	1,75	1,48
	9.07	10	31,5	<b>1,13</b>	1,10	<b>1,18</b>	1,08	1,05	0,95	1,11	0,97	1,27	1,19	1,72	0,87
	20.07	5	30,3	0,95	0,89	1,11	<b>0,80</b>	1,00	0,98	1,20	0,80	1,01	0,76	1,40	0,68
III	15.07	3	32,1	<b>1,18</b>	1,14	<b>1,27</b>	1,12	1,14	1,04	1,28	1,03	1,29	1,29	1,50	1,11
IV	10.07	9	31,4	<b>1,13</b>	1,10	<b>1,17</b>	1,10	1,07	0,97	1,16	0,98	1,29	1,23	<b>1,73</b>	0,90
V	10.06	3	31,1	<b>1,28</b>	<b>1,35</b>	<b>1,26</b>	1,27	1,23	1,19	1,13	1,18	<b>2,04</b>	<b>1,86</b>	<b>2,16</b>	<b>1,90</b>
	11.07	3	31,4	1,10	1,07	1,19	1,03	1,01	0,89	1,12	0,88	1,24	1,06	1,90	0,65
	15.07	4	33,2	1,13	1,12	<b>1,21</b>	1,06	1,10	0,99	1,17	1,01	1,51	1,45	1,73	1,30
	20.07	5	30,3	0,94	0,88	1,10	<b>0,79</b>	0,99	0,97	1,18	0,81	1,05	0,79	1,42	0,72

Data rozp. – data początku okresu, Dł. – długość okresu, t<sub>max</sub> – intensywność okresu gorącego wyrażona średnią maksymalną temperaturą powietrza, **pogrubione** – istotne statystycznie na poziomie p=0,05

Ogół – zgony ogółem, M – zgony mężczyzn, K – zgony kobiet, 65+ – zgony osób powyżej 65 roku życia

Przebieg liczby zgonów ogółem wyraźnie pokazuje „efekt zniwa”: podczas czwartej fali upałów, pomimo utrzymującej się bardzo wysokiej temperatury powietrza – umieralność spada nawet poniżej średniej. Prawdopodobnie osoby, których stan zdrowia predystynował do zgonu w najbliższym czasie – zmarły podczas wcześniejszych upałów i w kolejnym okresie gorącym nie tylko nie notuje się znaczącego wzrostu umieralności, lecz nawet jej spadek.

Zarówno duży wzrost liczby zgonów w czasie okresu gorącego z czerwca, jak i spadek podczas ostatniego z okresów znajdują odzwierciedlenie we wzrostach i spadkach ryzyka względnego zgonu (tab. 26). Okres gorący w czerwcu wyznaczony został według I, II i V definicji. W każdym przypadku notowano w nim istotny statystycznie wzrost umieralności ogółem sięgający 31%, i 38% wśród osób powyżej 65 r.ż., a z powodu chorób układu oddechowego sięgające 116%.

W pierwszym i drugim okresie gorącym w lipcu (według I, II i V definicji) także notowano wzrosty ryzyka zgonu, zazwyczaj jednak nie były one statystycznie istotne. W czasie czwartego okresu gorącego, jako potwierdzenie naturalnego spadku umieralności po okresie wzmożonego wzrostu, stwierdzono spadki ryzyka zgonu.

### **7.3. UMIERALNOŚĆ W OKRESACH GORĄCYCH W POSZCZEGÓLNYCH MIASTACH**

W drugim podejściu badawczym, w analizie wpływu okresów szczególnie gorących na ryzyko względne zgonu uwzględniono możliwe rozłożenie niekorzystnego efektu w ciągu kolejnych 7 dni po wystąpieniu tych warunków. Obliczenia wykonano zarówno dla całego okresu od maja do sierpnia, jak i w krótszych okresach maj-czerwiec (wczesne okresy gorące) i lipiec-sierpień, a także w kolejnych dekadach badanego 40-lecia: 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014.

Do opisu wybrano przede wszystkim, podobnie jak w rozdz. 5.4, okresy gorące wyznaczone według definicji I i III.

#### **7.3.1. ZGONY WEDŁUG PRZYCZYN W PEŁNYM OKRESIE OD MAJA DO SIERPANIA**

Potraktowanie wszystkich okresów gorących wydzielonych według danej definicji w konkretnym mieście jako jeden przypadek, pozwoliło na identyfikację definicji okresu gorącego, której towarzyszy największe ryzyko zgonu.

W tabelach 27–29 przedstawiono ryzyko względne zgonu (RR) ogółem, z powodu chorób układu krążenia i układu oddechowego w podziale na wiek i płeć w 8 miastach, według pięciu testowanych definicji. Kolorem zaznaczono wyniki statystycznie istotne na poziomie  $<0,05$ . Intensywniejszą barwą te wzrosty/spadki RR, które przekraczały 30%. Tak pokolorowane tabele niosły widoczną od razu waluację danej definicji.

W grupie umieralności ogólnej (tab. 27) widać, iż najczęściej istotnych statystycznie i znacznych wzrostów ryzyka zgonu notowano w okresach zdefiniowanych według definicji III, opartej na 99 centylny temperatury maksymalnej. Aż 69% wszystkich rodzajów rozpoznania była statystycznie istotna, a 35% to wzrosty ryzyka zgonu powyżej 30% w stosunku do oczekiwanej. Najwyższe RR notowano w Poznaniu, sięgało 1,66 wśród kobiet powyżej 65 r.ż., a 1,5 w grupie zgonów ogółem. W Białymstoku i Lublinie wzrost RR ogółem wynikał ze wzrostu umieralności wśród kobiet, podczas gdy RR wśród mężczyzn było znacznie mniejsze lub statystycznie nieistotne.

Drugie w kolejności pod względem liczby statystycznie istotnych wzrostów były fale upałów wydzielane według kryteriów I definicji. W tym przypadku 64% wzrostów wśród rodzajów rozpoznania była istotna statystycznie, ale tylko 11% to duże wzrosty ryzyka zgonu w stosunku do oczekiwanej. W przypadku fal upałów jeszcze wyraźniej widać, że szczególnie wrażliwe na upały są starsze kobiety (tab. 27).

Tabela 27. Ryzyko zgonu z ogółu przyczyn (ogółem) w okresach gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) w poszczególnych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), poniżej (0–64) i powyżej 65 r.ż. (65+)

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
ogółem	I	1,25	0,75	1,17	1,32	1,19	1,27	1,19	1,14
ogółem 0–64		1,24	0,45	1,13	1,14	1,04	1,16	1,11	1,13
ogółem 65+		1,24	0,86	1,19	1,42	1,27	1,32	1,22	1,14
ogółem M		1,23	0,75	1,12	1,16	1,08	1,20	1,14	1,14
ogółem M 0–64		1,28	0,33	1,05	1,06	0,99	1,17	1,12	1,16
ogółem M 65+		1,18	1,00	1,15	1,24	1,15	1,22	1,15	1,13
ogółem K		1,26	0,69	1,22	1,50	1,30	1,35	1,24	1,14
ogółem K 0–64		1,15	0,33	1,28	1,30	1,15	1,12	1,08	1,08
ogółem K 65+		1,29	0,65	1,21	1,56	1,35	1,41	1,29	1,16
ogółem	II	1,22	0,95	1,09	1,17	1,12	1,18	1,11	1,07
ogółem 0–64		1,21	0,82	1,05	1,09	1,01	1,09	1,06	1,09
ogółem 65+		1,22	0,98	1,11	1,22	1,17	1,22	1,12	1,06
ogółem M		1,20	1,05	1,07	1,07	1,05	1,14	1,08	1,09
ogółem M 0–64		1,21	0,80	1,02	1,08	1,00	1,13	1,09	1,12
ogółem M 65+		1,19	1,16	1,09	1,06	1,10	1,14	1,08	1,07
ogółem K		1,23	0,85	1,12	1,29	1,18	1,23	1,13	1,05
ogółem K 0–64		1,20	0,82	1,13	1,10	1,03	1,02	1,00	1,03
ogółem K 65+	1,24	0,82	1,12	1,35	1,23	1,28	1,16	1,06	
ogółem	III	1,34	0,98	1,24	1,22	1,32	1,50	1,17	1,25
ogółem 0–64		1,29	0,75	1,22	1,13	1,08	1,37	1,10	1,22
ogółem 65+		1,36	1,08	1,25	1,27	1,45	1,56	1,20	1,26
ogółem M		1,29	0,93	1,16	1,08	1,16	1,40	1,12	1,18
ogółem M 0–64		1,31	0,68	1,08	1,08	0,97	1,36	1,14	1,14
ogółem M 65+		1,26	1,05	1,21	1,09	1,32	1,43	1,11	1,21
ogółem K		1,40	1,00	1,32	1,38	1,50	1,60	1,23	1,32
ogółem K 0–64		1,23	0,90	1,53	1,21	1,31	1,38	1,03	1,39
ogółem K 65+	1,44	1,03	1,27	1,42	1,55	1,66	1,28	1,29	

ogółem	IV	1,12	1,07	1,07	1,09	1,12	1,11	1,06	1,10
ogółem 0-64		1,13	1,04	1,06	1,07	1,09	1,00	1,03	1,10
ogółem 65+		1,12	1,08	1,08	1,10	1,14	1,16	1,08	1,11
ogółem M		1,08	1,05	1,07	1,04	1,05	1,10	1,04	1,12
ogółem M 0-64		1,12	1,08	1,08	1,11	1,08	1,01	1,07	1,12
ogółem M 65+		1,04	1,02	1,06	0,99	1,02	1,16	1,03	1,12
ogółem K		1,17	1,09	1,08	1,14	1,20	1,12	1,08	1,09
ogółem K 0-64		1,13	0,97	1,02	0,99	1,12	0,99	0,96	1,08
ogółem K 65+		1,18	1,13	1,09	1,19	1,23	1,15	1,12	1,10
ogółem	V	1,29	1,09	1,29	1,34	1,25	1,22	1,09	1,18
ogółem 0-64		1,33	1,07	1,58	1,23	1,10	0,95	1,07	1,20
ogółem 65+		1,27	1,10	1,20	1,37	1,34	1,33	1,09	1,17
ogółem M		1,18	1,08	1,32	1,05	1,16	1,10	1,09	0,92
ogółem M 0-64		0,59	1,13	1,49	0,97	1,09	0,87	1,12	1,44
ogółem M 65+		1,66	1,03	1,23	1,06	1,21	1,24	1,07	0,67
ogółem K		1,32	1,11	1,26	1,65	1,35	1,34	1,09	1,49
ogółem K 0-64		2,53	0,96	1,76	1,83	1,11	1,08	0,98	0,66
ogółem K 65+		0,97	1,15	1,17	1,59	1,42	1,41	1,11	1,74

Wzrost RR istotny stat.  $\leq 1,3$

Wzrost RR istotny stat.  $> 1,3$

Wśród zgonów z powodu chorób układu krążenia zwraca uwagę, mniejsza w porównaniu do zgonów ogółem, liczba istotnych statystycznie wzrostów RR (tab. 28). Ponadto pojawiły się istotne statystycznie spadki umieralności, choć jedynie w grupie kobiet i mężczyzn w wieku poniżej 65 lat. Podobnie jak w przypadku zgonów ogółem, w kontekście liczby istotnych wzrostów RR, wyróżniały się I i III definicja okresów gorących.

W okresach wyznaczonych według III definicji w połowie wszystkich rozpoznań notowano istotne wzrosty (jeden spadek) ryzyka zgonu. Duży wzrost ryzyka zgonu w okresach gorących z przyczyn chorób układu krążenia, sięgający 66% wśród kobiet 65+ występował w Poznaniu, Wrocławiu czy w Łodzi (tab. 28).

W Białymstoku zwracał uwagę bardzo wysoki, 168%, wzrost ryzyka zgonów z powodu chorób układu krążenia wśród kobiet w wieku poniżej 65 lat. Wzrost ów był następstwem sytuacji z 1994 r., kiedy to w lipcu i sierpniu w ciągu kilku dni wystąpiło parę dodatkowych zgonów w tej grupie. Przy oczekiwanej liczbie poniżej 0,2 zgonu na dobę, średnia wzrosła do 0,78, co stanowiło 630% średniej wartości z okresu letniego.

Tabela 28. Ryzyko zgonu z powodu chorób układu krążenia (kr) w okresach gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) w poszczególnych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), poniżej (0-64) i powyżej 65 r.ż. (65+)

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
kr	I	1,22	0,62	1,18	1,52	1,21	1,29	1,18	1,18
kr 0-64		1,32	0,01	1,16	1,23	0,93	1,22	1,00	1,20
kr 65+		1,21	0,90	1,19	1,60	1,29	1,31	1,23	1,17
kr M		0,99	0,89	1,20	1,41	1,06	1,15	1,12	1,18
kr M 0-64		0,96	0,03	1,11	1,25	0,85	1,21	1,03	1,21
kr M 65+		1,00	1,35	1,23	1,49	1,16	1,12	1,16	1,16
kr K		1,45	0,22	1,17	1,62	1,34	1,42	1,24	1,18
kr K 0-64		2,61	.	1,27	1,10	1,11	1,22	0,93	1,11
kr K 65+		1,34	0,30	1,15	1,68	1,37	1,45	1,27	1,19
kr	II	1,18	1,07	1,06	1,27	1,11	1,20	1,10	1,11
kr 0-64		1,29	0,48	1,04	1,03	0,86	1,15	0,97	1,03
kr 65+		1,15	1,16	1,06	1,34	1,18	1,20	1,12	1,13
kr M		1,06	1,57	1,08	1,10	1,01	1,10	1,05	1,12
kr M 0-64		1,05	0,71	1,03	1,08	0,83	1,20	1,01	1,07
kr M 65+		1,06	1,83	1,09	1,11	1,10	1,06	1,07	1,14
kr K		1,30	0,70	1,04	1,43	1,21	1,28	1,13	1,11
kr K 0-64		2,07	0,01	1,05	0,88	0,94	1,03	0,88	0,93
kr K 65+		1,22	0,76	1,04	1,50	1,24	1,31	1,16	1,13
kr	III	1,32	1,00	1,21	1,30	1,33	1,52	1,17	1,36
kr 0-64		1,40	0,37	1,11	1,01	0,89	1,36	0,92	1,40
kr 65+		1,31	1,18	1,23	1,37	1,46	1,55	1,22	1,35
kr M		1,02	1,22	1,16	1,05	1,13	1,41	1,07	1,31
kr M 0-64		1,00	0,60	1,03	0,94	0,70	1,39	0,95	1,33
kr M 65+		1,00	1,46	1,20	1,09	1,36	1,39	1,12	1,30
kr K		1,64	0,72	1,26	1,52	1,51	1,61	1,25	1,42
kr K 0-64		2,68	0,02	1,29	1,15	1,36	1,22	0,85	1,58
kr K 65+		1,53	0,85	1,25	1,56	1,53	1,66	1,29	1,39
kr	IV	1,09	1,01	1,04	1,13	1,12	1,11	1,05	1,14
kr 0-64		0,98	0,87	1,03	1,09	0,97	1,03	0,98	1,09
kr 65+		1,12	1,05	1,05	1,14	1,16	1,13	1,06	1,16
kr M		0,92	0,96	1,10	1,02	0,99	1,08	1,03	1,12
kr M 0-64		0,86	0,98	1,11	1,14	0,92	1,00	1,03	1,11
kr M 65+		0,95	0,95	1,10	0,97	1,03	1,11	1,03	1,13
kr K		1,26	1,06	1,00	1,23	1,23	1,13	1,06	1,16
kr K 0-64		1,38	0,65	0,82	0,87	1,07	1,07	0,85	1,02
kr K 65+		1,24	1,12	1,01	1,26	1,25	1,14	1,08	1,18



kr	V	1,31	1,06	1,16	1,61	1,28	1,29	1,05	1,24
kr 0-64		1,10	0,86	1,47	1,36	0,90	0,99	0,93	1,35
kr 65+		1,35	1,11	1,09	1,67	1,36	1,35	1,09	1,21
kr M		1,78	0,97	1,53	1,38	1,09	1,22	1,07	0,78
kr M 0-64		0,89	0,98	1,81	1,45	0,82	1,00	1,00	1,21
kr M 65+		2,25	0,95	1,42	1,33	1,20	1,29	1,11	0,62
kr K		0,92	1,16	0,88	1,75	1,43	1,35	1,04	1,76
kr K 0-64		1,16	0,58	0,58	0,83	1,07	0,90	0,72	1,10
kr K 65+		0,85	1,23	0,88	1,84	1,47	1,39	1,07	1,79

Wzrost RR istotny stat. $\leq 1,3$	Wzrost RR istotny stat. $> 1,3$
Spadek RR istotny stat. 0,7-0,9	Spadek RR istotny stat. $< 0,7$

· brak zgonów

Zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego było niewiele. Ich ogólna średnia dobowa liczba w analizowanych miastach waha się od 0,25 w Białymstoku, przez 1,6 w Łodzi do 2,5 w Warszawie. W poszczególnych podgrupach tego rozpoznania w zależności od płci i wieku zgonów tych było jeszcze mniej. Zatem każdy, nawet niewielki wzrost liczby zgonów w tej grupie, prowadził do znaczącej procentowej różnicy ryzyka zgonów.

W zestawieniu zmian RR z powodu chorób układu oddechowego pod wpływem okresów gorących (tab. 29) zwracała uwagę duża liczba istotnych statystycznie, choć nie najwyższych wzrostów RR w Łodzi i w Warszawie oraz bardzo silne wzrosty RR w Białymstoku. W Gdańsku i Lublinie widoczny był też odwrotny trend, w postaci znacznych spadków RR, zwłaszcza w falach ciepła (definicja IV). Podobnie we Wrocławiu, z wyjątkiem okresów wyznaczony na podstawie I definicji, w okresach gorących i po nich często rejestrowano zmniejszoną umieralność na choroby układu oddechowego. Następową wyraźną zbieżność liczby istotnych wzrostów RR z ogólną liczbą notowanych zgonów z powodu chorób układu oddechowego, która w Łodzi i Warszawie była największa spośród analizowanych miast, zaś w Lublinie i Wrocławiu – najmniejsza. W Białymstoku w okresach gorących występował znaczny wzrost umieralności, co świadczyć może o wyjątkowo dużym negatywnym oddziaływaniu wysokiej temperatury powietrza na mieszkańców najchłodniejszych regionów w Polsce.

Najwięcej istotnych i wysokich wartości RR z powodu chorób układu oddechowego obliczono dla fal upałów (definicja I). Wzrost RR w tej grupie sięgał 36% w Warszawie, 76% w Krakowie i aż 231% w Białymstoku. W Krakowie i Białymstoku zwracał uwagę bardzo duży wzrost umieralności wśród kobiet 65+, w Poznaniu, Warszawie i Wrocławiu zaznaczył się duży wzrost umieralności wśród mężczyzn 65+ (tab. 29).

W Warszawie ciągi bardzo ciepłych nocy (definicja V) nie prowadziły do wzrostu umieralności z przyczyn chorób układu krążenia, za to przyczyniły się do 30%-wego wzrostu częstości zgonów rejestrowanych z przyczyn chorób układu oddechowego, w tym wysokiego zwłaszcza wśród osób poniżej 65 r.ż. Jeszcze większe wzrosty RR obliczono dla Łodzi, a także dla Poznania wśród mężczyzn 65+ (tab. 29).

Tabela 29. Ryzyko zgonu z powodu chorób układu oddechowego (odd) w okresach gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) w poszczególnych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), poniżej (0-64) i powyżej 65 r.ż. (65+)

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
odd	I	3,31	1,92	1,76	1,27	1,50	1,48	1,37	1,48
odd 0-64		2,10	.	0,70	0,64	1,37	0,63	1,39	0,93
odd 65+		3,34	2,76	2,11	1,41	1,54	1,70	1,36	1,66
odd M		1,73	0,47	1,31	0,85	1,38	1,61	1,39	1,60
odd M 0-64		1,26	.	0,69	0,20	1,47	0,72	1,20	0,69
odd M 65+		1,56	0,71	1,52	1,13	1,35	1,98	1,44	2,01
odd K		5,67	4,71	2,26	1,55	1,57	1,31	1,33	1,27
odd K 0-64		9,46	.	0,47	1,37	1,16	0,36	1,81	1,37
odd K 65+		5,62	6,45	2,58	1,40	1,66	1,44	1,28	1,14
odd	II	2,35	0,80	1,38	1,49	1,30	1,34	1,26	1,12
odd 0-64		2,64	0,03	0,93	1,05	1,20	1,10	1,49	0,73
odd 65+		2,27	0,99	1,50	1,58	1,33	1,40	1,22	1,22
odd M		1,35	0,42	1,05	1,25	1,23	1,27	1,41	1,28
odd M 0-64		1,71	.	0,73	0,52	1,28	1,34	1,45	0,66
odd M 65+		1,16	0,60	1,17	1,47	1,21	1,23	1,41	1,55
odd K		4,12	1,19	1,81	1,76	1,37	1,40	1,10	0,87
odd K 0-64		7,38	.	1,36	2,31	1,04	0,60	1,54	0,89
odd K 65+		3,97	1,40	1,87	1,58	1,44	1,52	1,03	0,84
odd	III	3,50	0,74	1,89	1,29	2,05	1,47	1,39	1,42
odd 0-64		2,07	.	1,20	0,98	1,58	0,50	1,61	0,81
odd 65+		3,92	1,01	2,09	1,34	2,20	1,74	1,35	1,69
odd M		2,05	0,15	1,40	1,08	1,64	1,33	1,36	1,06
odd M 0-64		0,99	.	0,73	0,48	1,41	0,35	1,55	0,50
odd M 65+		2,39	0,20	1,66	1,26	1,76	1,87	1,28	1,29
odd K		4,99	1,52	2,52	1,38	2,48	1,54	1,39	1,86
odd K 0-64		8,41	.	2,09	1,03	1,71	0,90	1,51	1,19
odd K 65+		4,78	1,93	2,52	1,35	2,64	1,51	1,32	1,91
odd	IV	1,66	1,18	1,29	0,60	1,43	1,87	1,22	1,19
odd 0-64		0,63	0,94	0,89	0,38	1,47	1,32	1,22	0,70
odd 65+		2,05	1,19	1,40	0,66	1,43	2,01	1,22	1,34
odd M		1,38	1,25	0,93	0,68	1,31	1,90	1,22	1,08
odd M 0-64		0,40	0,93	0,75	0,51	1,28	1,25	1,19	0,39
odd M 65+		1,90	1,31	0,98	0,70	1,33	2,04	1,23	1,34
odd K		1,96	1,09	1,73	0,47	1,64	1,84	1,22	1,26
odd K 0-64		1,47	0,95	1,20	0,13	2,00	1,37	1,26	0,83
odd K 65+		2,01	1,07	1,80	0,57	1,59	1,89	1,21	1,29

odd	V	1,03	1,12	1,71	0,42	1,86	1,46	1,30	0,70
odd 0–64		.	1,13	1,01	.	1,91	0,38	1,59	0,05
odd 65+		0,68	1,08	1,54	0,69	1,76	1,76	1,26	0,79
odd M		.	1,17	0,82	0,27	1,75	1,66	1,31	0,27
odd M 0–64		.	1,52	0,98	.	1,80	0,55	1,36	.
odd M 65+		.	1,03	0,63	0,52	1,65	2,05	1,29	0,36
odd K		1,75	1,04	2,76	0,44	1,71	1,18	1,26	0,87
odd K 0–64		.	0,39	.	.	1,39	0,06	1,84	.
odd K 65+		.	1,09	2,67	0,67	1,63	1,40	1,19	0,93

Wzrost RR istotny stat. $\leq 1,3$	Wzrost RR istotny stat. $> 1,3$
Spadek RR istotny stat. 0,7–0,9	Spadek RR istotny stat. $< 0,7$

· brak zgonów

\*\*\*

Wzrost RR niezależnie od rozpoznania był w okresach gorących znaczący w większości miast, z wyjątkiem Gdańska. Najwyższe wzrosty umieralności notowano w okresach gorących wyznaczonych według III definicji, w drugiej kolejności określonych według I definicji i to one dwie są najbardziej adekwatne w tego typu badaniach. Wykorzystanie 99 centyla temperatury maksymalnej powoduje wyznaczenie podobnej liczby okresów gorących we wszystkich miastach, ale różniących się intensywnością i to także jest przesłanką za wykorzystywaniem w badaniach tej definicji.

### 7.3.2. ZGONY WEDŁUG PRZYCZYN W OKRESACH WIOSENNYCH I LETNICH ORAZ POSZCZEGÓLNYCH DEKADACH

W tej części porównano ryzyko zgonu w tzw. wiosennych, wczesnych okresach gorących, rozpoczynających się w maju i czerwcu z tymi, które występują w najcieplejszych miesiącach w roku – lipcu i sierpniu. Ponadto ważna była odpowiedź na pytanie, w których dekadach w danym mieście wzrost ryzyka zgonu w okresach gorących był najwyższy. W ten sposób można było stwierdzić czy następuje proces adaptacji mieszkańców do warunków gorąca (tab. 31–38). Podział na definicje, choć konieczny w obliczeniach, nie był w tej części przedmiotem zainteresowania. Pomocą w ocenie ryzyka zgonu była tabela 30, w której przedstawiono liczbę analizowanych okresów gorących w kolejnych dekadach, wiosną i latem.

W regionie bioklimatycznym Północno-wschodnim (ryc. 1; tab. 30), który reprezentowany jest przez Białystok, wiosną wystąpiła tylko jedna fala upałów (w czerwcu 2000 r.) i nie spowodowała ona istotnego wzrostu umieralności. Wszystkie inne notowano w lipcu i sierpniu, a wzrost RR był wyraźnie najwyższy w okresach gorących wyznaczonych według III definicji i sięgał 1,33 wśród zgonów ogółem oraz aż 3,03 z powodu chorób układu oddechowego (tab. 31). W pierwszej dekadzie (1975–1984) fal upałów i okresów upalnych tu nie było, w trzeciej zaś (1995–2004) były nieliczne i nie powodowały istotnego wzrostu RR. W dekadzie 1985–1994 okresy gorące wydzielone na podstawie definicji I i III cechowały się najwyższą średnią maksymalną temperaturą powietrza i prowadziły do istotnego wzrostu RR ogółem i z powodu chorób układu

krążenia. W latach 2005–2014 istotny wzrost umieralności odnotowano z kolei w okresach gorących wyznaczonych według III definicji, które w tej dekadzie objęły najwięcej dni. W Białymstoku, podobnie jak w Gdańsku czy Lublinie zdarzało się, że w nielicznych okresach gorących, głównie wiosną nie notowano żadnych zgonów z w grupie chorób układu oddechowego.

W Regionie Nadmorskim, w Gdańsku, wiosną nie odnotowano fal upałów (I) ani okresów gorących wyznaczonych według III definicji (tab. 30, 32). Latem, fal upałów i okresów gorących było zaledwie kilka i także nie doprowadziły one do wzrostu ryzyka zgonu. Jedynie w okresach gorących (III) notowano wzrost RR z powodu chorób układu krążenia (sięgający 68% wśród mężczyzn 65+). Okresy gorące wydzielone według IV i V notowano we wszystkich dekadach, ale wzrost umieralności ogólnej cechował jedynie dwie ostatnie dekady.

W Krakowie, reprezentującym Region Świętokrzysko-małopolski (ryc. 1), w wiosennych okresach gorących (definicja I i II) notowano większe wzrosty RR ogółem (odpowiednio o 31% i 23%) i z powodu chorób układu krążenia (43% i 31%) niż w okresach letnich (tab. 33). Okresy gorące, pomimo, że pojawiały się sporadycznie w Krakowie w pierwszej analizowanej dekadzie – nie prowadziły do istotnego wzrostu ryzyka zgonu. Największe wzrosty umieralności notowano w latach 1995–2004 (RR ogółem sięgało 1,71), pomimo, że okresy gorące w ostatniej z dekad odznaczały się podobną intensywnością. Brak tak wysokich wzrostów umieralności w ostatnich latach sugeruje proces przystosowania się ludności do okresów gorących.

W Regionie Południowo-wschodnim reprezentowanym przez Lublin okresów gorących było mniej niż w Krakowie (tab. 30, 34). Znaczący wzrost RR obserwowano tylko latem, a w zależności od definicji wahał się on ogółem od 11% do 33%, a z powodu chorób układu krążenia od 17% do 69%. We wszystkich dekadach, w zależności od definicji okresu gorącego, notowano istotne statystycznie wzrosty RR: najczęściej istotnych wzrostów RR w latach 1985–1994, najwyższe RR w okresie 1995–2004, najmniejsze zaś w ostatniej dekadzie.

W Łodzi (Region Centralny), cechującej się najwyższą umieralnością spośród analizowanych miast (patrz ryc. 72) i najwyższym udziałem osób powyżej 65 r.ż., w okresach gorących i po nich w większości rozpoznani i grup osób wystąpił wzrost ryzyka zgonu (tab. 35). W czasie wiosennych okresów gorących (definicja I i II) wzrost umieralności ogólnej i w grupie kobiet był wyższy niż w okresach letnich, zaś w okresach gorących wydzielonych według pozostałych trzech definicji – odwrotnie. Zdecydowanie najwyższe RR obliczono w dekadzie 1985–1994, na co wpłynął przede wszystkim wysoki wzrost umieralności latem 1994 r. W latach 2005–2014, pomimo największej liczby okresów gorących (tab. 30) i tylko nieco mniejszej ich intensywności w porównaniu do lat 1985–1994 wzrost ryzyka zgonu był znacząco niższy, często statystycznie nieistotny. Wyniki z Łodzi jasno sugerują proces adaptacji mieszkańców do warunków gorąca, jaki nastąpił między dekadą 1985–1994 i 2005–2014.

W Poznaniu (Region Centralny) podczas wiosennych okresów gorących notowano podobnie dużo niewielkich wzrostów, jak i spadków umieralności (tab. 36). Z kolei w letnich okresach gorących wystąpiły tylko bardzo duże wzrosty RR, w większości rozpoznani, niezależnie od płci i wieku, sięgając 58% ogółem i 63% z powodu chorób układu krążenia, a jeszcze więcej wśród osób starszych. W przypadku układu oddechowego często wzrosty RR, pomimo że

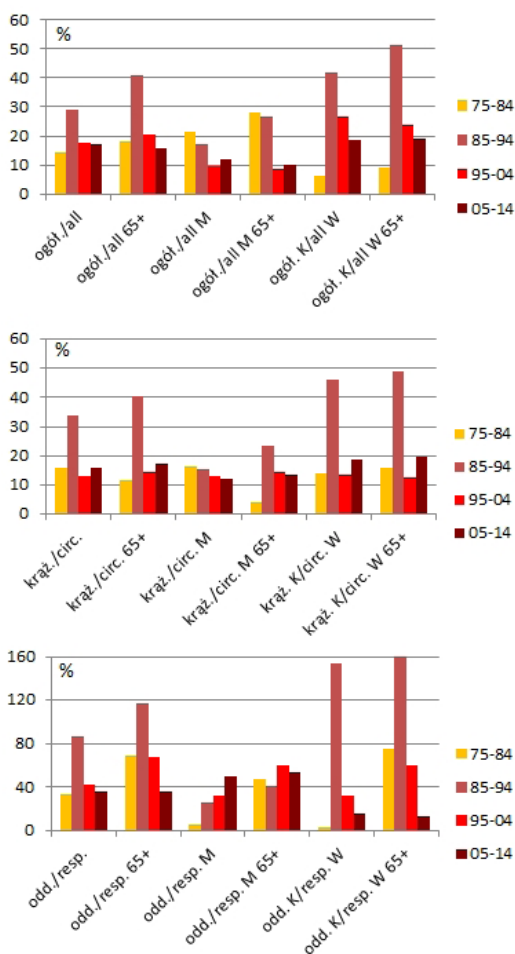
duże, nie były statystycznie istotne. Podobnie jak w Łodzi, tak i w Poznaniu okresy gorące charakteryzowały się najwyższą umieralnością w dekadzie 1985–1994, wtedy gdy zaczęły się pojawiać w obecnie znanej nam intensywności. Na te silne wzrosty złożyły się głównie dwa okresy: 8–11.08.1992 r. i 24.07–2.08.1994 r., w tym w szczególności jedyny ciąg bardzo ciepłych nocy w tej dekadzie na początku sierpnia, kiedy to wzrost ryzyka zgonu ogółem sięgnął 300%. W ostatnich dwóch dekadach, pomimo częstszych i bardzo intensywnych okresów gorących, notowany wzrost umieralności w Poznaniu był niższy w porównaniu z latami 90. XX wieku, co jest przesłanką procesu adaptacji mieszkańców Poznania do warunków gorąca.

W Warszawie (Region Centralny), podobnie jak w Poznaniu wiosenne okresy gorące w porównaniu do letnich cechowała znacznie mniejsza umieralność (tab. 37). W lipcu i sierpniu okresy gorące niezależnie od użytej do ich określenia definicji, powodowały istotny i bardzo duży wzrost umieralności w większości grup przyczyn, płci i wieku. W falach upałów (I definicja) wzrost RR był najwyższy i sięgnął 22% ogółem, 24% z powodu chorób układu krążenia i 51% z powodu chorób układu oddechowego. Porównanie umieralności w kolejnych dekadach pokazało, że największe wzrosty RR notowano w drugiej dekadzie, zaś najwięcej istotnych statystycznie wzrostów RR w grupach rozpoznania, wieku i płci w czwartej dekadzie (tab. 30). Mniejsze RR w okresach gorących w ostatniej dekadzie w stosunku do lat 90. XX wieku sugeruje, podobnie jak w poprzednio omawianych miastach, proces adaptacji.

We Wrocławiu, najcieplejszym z analizowanych miast, położonym w zachodniej części Regionu Centralnego pomimo, że notowane tu okresy gorące były średnio najbardziej intensywne, wzrost umieralności był znacznie mniejszy niż w porównywalnie ciepłym Poznaniu (tab. 38). Wiosenne okresy gorące nie znalazły prawie żadnego odzwierciedlenia w liczbie zgonów, a często sprzyjały jej zmniejszeniu. Latem z kolei wszystkie okresy gorące, niezależnie od sposobu zdefiniowania, prowadziły do wzrostu RR z różnych przyczyn. Podobnie jak w większości badanych miast, z wyjątkiem Gdańska i Krakowa, RR podczas okresów gorących rosło istotnie statystycznie w drugiej i czwartej dekadzie, z tym, że w drugiej zazwyczaj było wyższe.

Analiza sumaryczna uwzględniająca ryzyko względne zgonu we wszystkich 8 miastach łącznie wykazała, że najwyższe RR występowało w latach 1985–1994, kiedy pod koniec dekady zaczęły pojawiać się pierwsze długie i intensywne fale upałów. W ostatniej dekadzie, pomimo bardzo gorących miesięcy letnich w 2006 i 2010 r. oraz statystycznie istotnego wzrostu umieralności w okresach gorących niezależnie od sposobu definiowania, ryzyko względne zgonu wyraźnie zmalało w stosunku do lat 1990. (tab. 39). Na rycinie 74 przedstawiono dodatkowo ryzyko względne zgonu w kolejnych dekadach w falach upałów, czyli co najmniej 3-dniowych okresach z  $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$  – stosowanej definicji okresu gorącego. Średnio umieralność ogółem wśród osób 65+ w falach upałów w latach 1985–1994 była o 41% wyższa od oczekiwanej, zaś w latach 2005–2014 wzrost ten wyniósł 16%. Jeszcze większe różnice w nadwyżce umieralności dotyczyły zgonów na choroby układu krążenia i choroby układu oddechowego, zwłaszcza wśród kobiet.

Powyższe wyniki jednoznacznie świadczą o adaptacji Polaków do warunków gorących, w tym zwłaszcza kobiet, a w nieco mniejszym stopniu mężczyzn.



Ryc. 74. Ryzyko względne zgonu (%) ogółem (ogół.), z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (odd.) we wszystkich analizowanych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), w tym powyżej 65 r.ż. (65+) w falach upałów (definicja I) w kolejnych dekadach

Fig. 74. The relative risk of death (RR) from all causes (all), from circulatory disease (circ.) and respiratory diseases (resp.) of 8 analysed cities among women (W) and men (M), also above 65 years of age (65+) during heat waves (definition I) in the following decades

\*\*\*

W regionach bioklimatycznych Północno-wschodnim i Południowo-wschodnim wiosenne okresy gorące występowały sporadycznie i w ich czasie nie notowano wzrostu RR. W letnich okresach gorących wzrost RR w większości typów rozpoznania był wysoki, sięgał wśród zgonów ogółem 29% w Białymstoku i 33% w Lublinie. W Regionie Nadmorskim w nielicznych okresach gorących, tylko latem i głównie w ostatniej dekadzie notowano istotne statystycznie wzrosty RR ogółem sięgające 15%, a 25% wśród kobiet powyżej

65 r.ż. W Regionie Świętokrzysko-małopolskim w przeciwieństwie do powyżej opisanych, w czasie wiosennych okresów gorących występował istotny, sięgający 31% wzrost RR ogółem i 43% z przyczyn chorób układu krążenia. W Regionie Centralnym podczas wiosennych okresów gorących wzrosty RR ogółem sięgały w Łodzi 30% oraz blisko 100% wśród osób powyżej 65 r.ż. We wszystkich czterech analizowanych miastach tego regionu umieralność w czasie letnich okresów gorących była wyższa w porównaniu do wiosennych.

We wszystkich miastach umieralność ogółem oraz z przyczyn chorób układu krążenia wśród kobiet była w okresach gorących znacząco wyższa niż wśród mężczyzn. Wzrost RR ogółem wśród kobiet 65+ w czasie okresów gorących wyznaczonych według III definicji sięgał 67% w Łodzi i 73% w Poznaniu.

W 6 na 8 analizowanych miast (z wyjątkiem Białegostoku i Gdańska) w ostatniej dekadzie zaznaczyła się wyraźna adaptacja do warunków gorących. Wniosek ten znalazł potwierdzenie w metaanalizie, która wykazała, że umieralność w okresach gorących była znacznie wyższa w latach 1985-1994 w porównaniu do lat 2005-2014.

Tabela 30. Liczba okresów gorących (l.o.) zdefiniowanych na 5 różnych sposobów (I-V) występujących wiosną (V-VI), latem (VII-VIII) i w kolejnych dekadach okresu 1975-2014 oraz liczba dni nimi objęta (l.dni)

		V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14	
		l.o.	l.dni	l.o.	l.dni	l.o.	l.dni	l.o.	l.dni	l.o.	l.dni	l.o.	l.dni
Białystok	I	1	3	12	54	0	0	4	21	3	12	6	24
	II	2	8	12	74	0	0	3	25	6	28	5	29
	III	2	7	18	75	4	13	4	21	4	15	8	33
	IV	5	32	20	164	5	36	7	59	7	54	6	48
	V	0	0	2	7	0	0	0	0	1	4	1	3
Gdańsk	I	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	3
	II	1	3	3	11	0	0	0	0	0	0	4	14
	III	0	0	5	17	0	0	0	0	2	7	3	10
	IV	2	12	24	207	9	61	4	43	5	47	8	68
	V	0	0	35	163	1	3	5	24	15	66	14	70
Kraków	I	5	18	23	96	0	0	10	41	6	20	12	53
	II	9	46	24	175	1	4	8	67	8	40	16	110
	III	2	7	18	66	3	10	4	19	5	16	8	28
	IV	11	65	19	146	5	37	8	58	10	64	7	52
	V	0	0	5	16	0	0	0	0	1	4	4	12
Lublin	I	1	3	18	72	0	0	5	23	4	12	10	40
	II	1	12	17	110	0	0	4	36	4	17	10	69
	III	2	6	14	60	3	10	4	20	2	6	7	30
	IV	7	44	21	165	7	48	7	56	8	55	6	50
	V	0	0	4	14	0	0	0	0	0	0	4	14
Łódź	I	6	22	21	102	1	4	9	48	6	19	11	53
	II	9	44	29	173	2	8	12	79	10	41	14	89
	III	2	7	12	53	2	10	5	23	2	6	5	21
	IV	5	32	19	146	5	35	6	47	7	46	6	50
	V	1	3	11	38	1	3	2	8	2	7	7	23



Poznań	I	6	19	29	122	7	24	7	30	7	23	13	64
	II	7	28	27	189	6	33	5	45	10	44	13	95
	III	3	10	12	51	4	15	3	16	3	10	5	20
	IV	5	32	24	194	11	78	5	50	8	54	5	44
	V	0	0	14	52	1	5	1	3	1	4	11	40
Warszawa	I	7	22	26	109	1	4	9	40	8	27	15	60
	II	8	40	22	164	1	5	10	73	6	30	13	96
	III	1	4	17	70	3	13	5	23	3	11	7	27
	IV	8	46	21	172	6	48	7	52	9	66	7	52
	V	2	6	14	67	1	3	1	3	2	10	12	57
Wrocław	I	7	24	26	117	6	19	8	43	7	22	12	57
	II	13	60	25	172	6	33	7	51	11	47	14	101
	III	4	13	12	47	6	19	4	19	2	6	4	16
	IV	5	31	19	149	8	55	4	36	7	48	5	41
	V	2	6	3	9	0	0	1	3	0	0	4	12

Tabela 31. Białystok – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	I	0,72		1,21	*	-		1,38	*	1,07		1,16	
ogółem 65+		0,86		1,21		-		1,37	*	1,03		1,17	
ogółem M		1,05		1,19		-		1,40	*	1,22		1,05	
ogółem M 65+		1,05		1,19		-		1,50		1,06		0,94	
ogółem K		0,41		1,22		-		1,33		0,91		1,26	
ogółem K 65+		0,60		1,23		-		1,26		1,02		1,38	
kr		0,17		1,29		-		1,50	*	0,73		1,10	
kr 65+		0,12		1,25		-		1,41		0,73		1,14	
kr M		0,16		1,07		-		1,27		0,58		0,85	
kr M 65+		0,04		1,11		-		1,32		0,58		0,83	
kr K		0,06		1,50	*	-		1,63	*	0,75		1,40	
kr K 65+		0,12		1,34		-		1,40		0,74		1,43	
odd		.		2,50	*	-		5,15	*	3,20		2,01	
odd 65+		.		2,54	*	-		6,08	*	4,61		1,91	
odd M		.		1,34		-		4,06		1,77		0,37	
odd M 65+		.		1,36		-		5,68		2,87		.	
odd K	.		4,37	*	-		2,76		3,03		3,66		
odd K 65+	.		3,84	*	-		2,17		3,53		4,15		



ogółem	II	1,03	1,20	*	-	1,28	*	1,17	1,16		
ogółem 65+		1,25	1,21	*	-	1,25		1,16	1,19		
ogółem M		1,08	1,19		-	1,35	*	1,24	1,04		
ogółem M 65+		1,36	1,20		-	1,45	*	1,15	0,98		
ogółem K		0,93	1,22	*	-	1,20		1,09	1,30		
ogółem K 65+		1,11	1,21		-	1,10		1,19	1,40	*	
kr		0,86	1,22	*	-	1,32	*	1,06	1,08		
kr 65+		0,62	1,20		-	1,23		1,02	1,11		
kr M		0,56	1,12		-	1,26		0,91	0,90		
kr M 65+		0,23	1,18		-	1,32		0,88	0,87		
kr K		0,89	1,32	*	-	1,34		1,12	1,27		
kr K 65+		0,81	1,21		-	1,14		1,07	1,30		
odd		0,81	1,84	*	-	4,42	*	1,83	1,59		
odd 65+		0,66	1,74		-	4,67	*	1,73	1,68		
odd M		.	1,02		-	2,67		0,84	0,76		
odd M 65+		.	0,95		-	4,09		1,07	0,45		
odd K		2,03	3,59	*	-	6,06	*	2,30	3,53	*	
odd K 65+		2,00	3,06	*	-	4,22		2,26	4,38	*	
ogółem		III	1,22	1,33	*	1,25	1,36	*	1,06	1,42	*
ogółem 65+			1,44	1,36	*	1,01	1,32		1,02	1,55	*
ogółem M	1,49		1,27	*	1,51	1,37		1,10	1,20		
ogółem M 65+	1,59		1,28		1,13	1,42		1,05	1,16		
ogółem K	0,95		1,40	*	0,94	1,33		1,00	1,69	*	
ogółem K 65+	1,24		1,42	*	0,87	1,22		1,00	1,94	*	
kr	0,86		1,43	*	1,40	1,40	*	0,83	1,34		
kr 65+	1,09		1,35	*	1,26	1,30		0,88	1,38		
kr M	0,68		1,12		1,55	1,19		0,84	0,78		
kr M 65+	0,66		1,11		1,12	1,17		1,02	0,75		
kr K	1,04		1,74	*	1,25	1,54		0,77	2,10	*	
kr K 65+	1,39		1,54	*	1,28	1,33		0,73	2,07	*	
odd	0,24		3,03	*	0,79	6,08	*	2,25	3,21	*	
odd 65+	0,12		3,34	*	0,34	6,30	*	2,96	4,05	*	
odd M	.		1,66		.	3,20		1,24	0,89		
odd M 65+	.		2,05		.	5,44		2,23	0,59		
odd K	0,16		5,14	*	.	7,53	*	2,01	3,31		
odd K 65+	0,60		4,29	*	.	2,70		2,29	3,95		

ogółem	IV	0,66	1,12	*	1,00	1,14	0,94	1,33	*
ogółem 65+		0,71	1,11		1,01	1,07	0,86	1,43	*
ogółem M		0,63	1,10		1,12	1,09	0,94	1,15	
ogółem M 65+		0,79	1,07		1,26	1,00	0,90	1,09	
ogółem K		0,63	1,15	*	0,88	1,18	0,94	1,54	*
ogółem K 65+		0,62	1,15		0,85	1,12	0,82	1,76	*
kr		0,32	1,12		1,02	1,02	0,92	1,32	*
kr 65+		0,35	1,15		0,98	0,98	0,99	1,38	*
kr M		0,43	0,97		1,17	0,86	0,93	0,81	
kr M 65+		0,45	1,02		1,07	0,82	1,10	0,80	
kr K		0,22	1,27	*	0,89	1,16	0,88	1,93	*
kr K 65+		0,27	1,25	*	0,92	1,08	0,91	1,92	*
odd		0,05	1,45		0,58	1,84	0,86	2,59	*
odd 65+		0,16	1,68	*	0,69	1,75	0,79	3,49	*
odd M		.	1,24		0,45	1,48	1,48	1,36	
odd M 65+		.	1,63		0,46	1,94	1,96	1,93	
odd K		.	1,65		0,45	2,10	0,24	4,18	*
odd K 65+		.	1,57		1,01	1,53	0,00	4,86	*
ogółem		V	-	1,28	-	-	1,18	1,35	
ogółem 65+			-	1,32	-	-	0,88	1,78	
ogółem M	-		1,13	-	-	1,39	0,84		
ogółem M 65+	-		1,80	-	-	2,16	0,91		
ogółem K	-		1,39	-	-	0,69	2,04		
ogółem K 65+	-		0,98	-	-	0,25	2,88		
kr	-		1,26	-	-	0,92	1,79		
kr 65+	-		1,38	-	-	0,69	2,20		
kr M	-		1,85	-	-	2,09	1,03		
kr M 65+	-		2,74	-	-	2,09	1,40		
kr K	-		0,81	-	-	0,29	2,67		
kr K 65+	-		0,76	-	-	0,19	2,74		
odd	-		0,67	-	-	.	.		
odd 65+	-		0,39	-	-	.	.		
odd M	-		.	-	-	.	.		
odd M 65+	-		.	-	-	.	.		
odd K	-		1,12	-	-	.	.		
odd K 65+	-		.	-	-	.	.		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących, · brak zgonów

Tabela 32. Gdańsk – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	I	-		0,64		-		-		-		0,70		
ogółem 65+		-		0,74		-		-		-		0,86		
ogółem M		-		0,62		-		-		-		0,73		
ogółem M 65+		-		0,77		-		-		-		0,93		
ogółem K		-		0,61		-		-		-		0,69		
ogółem K 65+		-		0,60		-		-		-		0,66		
kr		-		0,69		-		-		-		0,62		
kr 65+		-		0,94		-		-		-		0,89		
kr M		-		1,11		-		-		-		0,90		
kr M 65+		-		1,71		-		-		-		1,39		
kr K		-		0,23		-		-		-		0,23		
kr K 65+		-		0,27		-		-		-		0,30		
odd		-		1,61		-		-		-		2,08		
odd 65+		-		2,13		-		-		-		3,05		
odd M		-		0,49		-		-		-		0,47		
odd M 65+		-		0,69		-		-		-		0,73		
odd K		-		3,21		-		-		-		5,23		
odd K 65+		-		3,57		-		-		-		7,10		
ogółem		II	0,78		0,88		-		-		-		0,95	
ogółem 65+			0,75		0,93		-		-		-		0,98	
ogółem M	0,80			0,98		-		-		-		1,03		
ogółem M 65+	0,79			1,07		-		-		-		1,13		
ogółem K	0,66			0,79		-		-		-		0,85		
ogółem K 65+	0,59			0,80		-		-		-		0,83		
kr	1,02			1,15		-		-		-		1,07		
kr 65+	0,93			1,24		-		-		-		1,15		
kr M	1,11			1,95	*	-		-		-		1,59		
kr M 65+	0,93			2,41	*	-		-		-		1,84	*	
kr K	0,81			0,64		-		-		-		0,70		
kr K 65+	0,72			0,69		-		-		-		0,75		
odd	0,48			0,74		-		-		-		0,82		
odd 65+	0,66			0,89		-		-		-		1,03		
odd M	.			0,59		-		-		-		0,42		
odd M 65+	.			0,74		-		-		-		0,60		
odd K	.			0,92		-		-		-		1,27		
odd K 65+	.			0,97		-		-		-		1,47		
ogółem	III		-		0,91		-		-		0,95		0,98	
ogółem 65+			-		1,02		-		-		0,83		1,12	
ogółem M		-		0,85		-		-		0,59		1,00		

ogółem M 65+	III	-	0,96	-	-	0,45	1,16			
ogółem K		-	0,95	-	-	1,56	0,90			
ogółem K 65+		-	1,00	-	-	1,21	1,01			
kr		-	1,08	-	-	0,49	1,13			
kr 65+		-	1,24	-	-	0,60	1,30			
kr M		-	1,40	-	-	0,36	1,47			
kr M 65+		-	1,68	-	-	0,32	1,77			
kr K		-	0,73	-	-	0,55	0,77			
kr K 65+		-	0,83	-	-	0,71	0,88			
odd		-	0,66	-	-	2,98	0,54			
odd 65+		-	0,87	-	-	5,78	0,72			
odd M		-	0,16	-	-	0,30	0,13			
odd M 65+		-	0,20	-	-	0,58	0,17			
odd K		-	1,19	-	-	4,51	1,13			
odd K 65+		-	1,34	-	-	7,96	1,37			
ogółem	IV	0,81	1,07	*	0,97	0,98	1,12	*	1,13	*
ogółem 65+		0,81	1,08	*	0,98	1,00	1,12	1,12	1,13	*
ogółem M		0,87	1,03		1,01	0,90	1,03	1,03	1,16	*
ogółem M 65+		0,81	1,01		0,92	0,88	0,98	1,15		
ogółem K		0,72	1,12	*	0,93	1,07	1,24	*	1,10	
ogółem K 65+		0,80	1,14	*	1,03	1,10	1,25	*	1,12	
kr		0,81	1,04		0,93	0,92	1,08	1,06		
kr 65+		0,69	1,08		0,94	0,95	1,11	1,09		
kr M		0,91	0,99		0,95	0,85	0,81	1,11		
kr M 65+		0,64	1,00		0,95	0,83	0,82	1,10		
kr K		0,70	1,09		0,87	0,99	1,32	*	1,01	
kr K 65+		0,70	1,14		0,93	1,07	1,31	*	1,09	
odd		0,07	1,27		0,40	*	0,86	1,47	1,46	*
odd 65+		0,05	1,26		0,30	*	0,83	1,43	1,44	
odd M		0,05	1,54	*	0,38	0,96	1,83	1,39		
odd M 65+	.	1,58	*	0,32	0,99	1,75	1,31			
odd K	.	1,04		0,43	0,53	1,07	1,54			
odd K 65+	.	0,99		0,27	0,45	1,02	1,60			
ogółem	V	-	1,08	*	2,24	*	0,98	1,03	1,15	*
ogółem 65+		-	1,09		2,09	0,99	1,01	1,17	1,17	*
ogółem M		-	1,07		2,02	0,93	1,04	1,12		
ogółem M 65+		-	1,03		1,36	0,82	1,01	1,09		
ogółem K		-	1,11		2,13	1,03	1,03	1,18	1,18	*
ogółem K 65+		-	1,15	*	2,62	1,14	1,02	1,25	1,25	*
kr		-	1,08		2,34	0,88	0,97	1,16		
kr 65+		-	1,13		3,80	*	0,89	1,03	1,21	*
kr M		-	0,98		2,52	0,82	0,82	1,06		
kr M 65+		-	0,97		2,45	0,68	0,88	1,05		
kr K		-	1,18		1,61	0,93	1,11	1,24		
kr K 65+		-	1,25	*	3,30	1,09	1,13	1,30	1,30	*

odd	V	-	1,10	1,39	0,89	0,89	1,19
odd 65+		-	1,02	0,31	0,66	0,87	1,18
odd M		-	1,31	0,51	1,67	1,29	0,97
odd M 65+		-	1,09	.	1,50	1,17	0,89
odd K		-	0,94	1,96	0,13	0,50	1,44
odd K 65+		-	0,95	3,56	0,10	0,62	1,53

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących, · brak zgonów

Tabela 33. Kraków – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	I	1,31	*	1,19	*	-		1,14	*	1,44	*	1,14	*	
ogółem 65+		1,38	*	1,22	*	-		1,19	*	1,56	*	1,12	*	
ogółem M		1,16		1,16	*	-		1,02		1,31		1,17	*	
ogółem M 65+		1,27		1,20	*	-		1,01		1,53	*	1,19	*	
ogółem K		1,44	*	1,24	*	-		1,28	*	1,54	*	1,12		
ogółem K 65+		1,45	*	1,25	*	-		1,33	*	1,57	*	1,06		
kr		1,43	*	1,26	*	-		1,19	*	1,50	*	1,11		
kr 65+		1,52	*	1,26	*	-		1,20	*	1,50	*	1,11		
kr M		1,35		1,29	*	-		1,05		1,89	*	1,23	*	
kr M 65+		1,57		1,32	*	-		1,02		1,95	*	1,30	*	
kr K		1,33		1,23	*	-		1,29	*	1,23		1,01		
kr K 65+		1,36		1,23	*	-		1,31	*	1,24		1,00		
odd		0,28		1,80	*	-		1,83		2,02		1,57		
odd 65+		0,36		2,05	*	-		2,57	*	1,57		1,82	*	
odd M		0,15		1,28		-		0,69		2,35		1,44		
odd M 65+		0,24		1,36		-		1,24		1,46		1,39		
odd K		0,20		2,46	*	-		3,58	*	0,37		1,41		
odd K 65+		0,04		2,86	*	-		4,00	*	0,01		1,68		
ogółem		II	1,23	*	1,10	*	1,16		1,05		1,38	*	1,07	*
ogółem 65+			1,34	*	1,13	*	1,29		1,07		1,45	*	1,08	*
ogółem M	1,11			1,10	*	1,22		1,00		1,26	*	1,08		
ogółem M 65+	1,19			1,13	*	1,53		1,00		1,39	*	1,09		
ogółem K	1,35		*	1,12	*	1,10		1,09		1,48	*	1,06		
ogółem K 65+	1,46		*	1,13	*	1,07		1,13		1,48	*	1,05		
kr	1,31		*	1,11	*	1,05		1,04		1,47	*	1,00		
kr 65+	1,41		*	1,10	*	1,19		1,04		1,46	*	1,00		
kr M	1,14			1,15	*	1,08		0,98		1,59	*	1,07		
kr M 65+	1,30			1,15	*	1,13		0,97		1,62	*	1,08		
kr K	1,43		*	1,07		1,01		1,08		1,37	*	0,94		

kr K 65+	II	1,53	*	1,07		1,13		1,09		1,35	*	0,94	
odd		0,89		1,38	*	0,62		1,53		2,21	*	1,23	
odd 65+		0,84		1,48	*	0,49		1,81	*	1,81		1,36	
odd M		0,33		1,09		0,28		0,74		1,93		1,04	
odd M 65+		0,41		1,18		0,75		0,95		1,21		1,10	
odd K		1,75		1,75	*	0,59		2,93	*	2,43		1,45	
odd K 65+		1,44		1,80	*	0,00		2,97	*	2,29		1,61	*
ogółem	III	1,21		1,29	*	1,17		1,23	*	1,39	*	1,23	*
ogółem 65+		1,32		1,30	*	1,23		1,28	*	1,34		1,24	*
ogółem M		1,22		1,21	*	1,05		1,14		1,23		1,20	*
ogółem M 65+		1,49		1,25	*	1,14		1,23		1,11		1,23	
ogółem K		1,17		1,38	*	1,29		1,33	*	1,53	*	1,26	*
ogółem K 65+		1,16		1,36	*	1,27		1,34	*	1,46		1,18	
kr		1,04		1,33	*	1,16		1,20		1,38		1,18	
kr 65+		1,18		1,34	*	1,27		1,23		1,36		1,17	
kr M		0,93		1,24	*	0,75		1,15		1,41		1,19	
kr M 65+		1,06		1,29	*	0,85		1,13		1,26		1,25	
kr K		1,10		1,39	*	1,51		1,23		1,30		1,17	
kr K 65+		1,15		1,38	*	1,54		1,29		1,33		1,12	
odd		1,14		1,82	*	0,67		2,68	*	1,35		1,70	
odd 65+		0,87		1,88	*	0,38		3,59	*	0,72		2,10	*
odd M		0,59		1,46		0,45		0,90		1,66		1,43	
odd M 65+		1,66		1,48		0,52		1,59		0,63		1,59	
odd K		0,96		2,22	*	0,58		4,49	*	0,34		1,92	
odd K 65+		0,00		2,26	*	0,00		4,67	*	0,00		2,33	
ogółem		1,05		1,11	*	1,01		1,08		1,08		1,09	*
ogółem 65+		1,02		1,13	*	1,05		1,10		1,06		1,13	*
ogółem M		0,99		1,13	*	1,06		1,07		1,03		1,10	
ogółem M 65+		0,94		1,13	*	1,16		1,03		0,99		1,10	
ogółem K		1,09		1,10	*	0,93		1,09		1,13		1,08	
ogółem K 65+	1,07		1,14	*	0,91		1,15	*	1,12		1,10		
kr	IV	1,05		1,11	*	0,94		1,03		1,12		1,03	
kr 65+		1,01		1,12	*	0,96		1,01		1,12		1,06	
kr M		1,13		1,17	*	1,32	*	0,97		1,14		1,14	
kr M 65+		1,07		1,17	*	1,31		0,88		1,14		1,18	
kr K		0,96		1,05		0,72	*	1,07		1,10		0,94	
kr K 65+		0,94		1,09		0,75	*	1,08		1,11		0,97	
odd		0,54		1,57	*	1,43		1,80	*	0,93		1,02	
odd 65+		0,62		1,68	*	1,41		2,24	*	0,94		1,15	
odd M		0,27	*	1,20		1,04		1,44		0,60		0,60	
odd M 65+		0,42		1,16		0,88		1,85		0,67		0,63	
odd K		0,96		1,92	*	1,76		2,25	*	1,27		1,21	
odd K 65+		0,83		2,14	*	1,78		2,61	*	1,19		1,35	
ogółem		-		1,30	*	-		-		1,71	*	1,17	
ogółem 65+		-		1,20		-		-		1,66	*	1,11	

ogółem M	IV	-	1,34	*	-	-	1,33	1,30
ogółem M 65+		-	1,24		-	-	1,40	1,18
ogółem K		-	1,30		-	-	2,05	* 1,05
ogółem K 65+		-	1,21		-	-	1,83	* 0,99
kr	V	-	1,29		-	-	1,80	* 0,97
kr 65+		-	1,20		-	-	1,62	0,94
kr M		-	1,67	*	-	-	1,98	1,40
kr M 65+		-	1,50		-	-	1,68	1,34
kr K		-	0,99		-	-	1,63	0,67
kr K 65+		-	0,99		-	-	1,51	0,70
odd		-	1,86		-	-	8,63	* 0,62
odd 65+		-	1,62		-	-	3,65	0,89
odd M		-	0,91		-	-	11,96	* 0,04
odd M 65+		-	0,68		-	-	6,77	0,06
odd K		-	2,95		-	-	1,94	1,64
odd K 65+		-	2,75		-	-	.	2,11

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących, · brak zgonów

Tabela 34. Lublin – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	I	1,23		1,33	*	-		1,39	*	1,49		1,24	*
ogółem 65+		1,59		1,46	*	-		1,53	*	1,60		1,32	*
ogółem M		1,16		1,16		-		1,22		0,94		1,14	
ogółem M 65+		2,02		1,27	*	-		1,27		1,09		1,23	
ogółem K		1,15		1,53	*	-		1,58	*	2,24	*	1,35	*
ogółem K 65+		1,29		1,61	*	-		1,72	*	2,07	*	1,39	*
kr		1,58		1,58	*	-		1,82	*	1,46		1,31	*
kr 65+		1,63		1,68	*	-		1,79	*	1,79		1,52	*
kr M		2,42		1,49	*	-		1,67	*	0,58		1,35	
kr M 65+		3,11		1,57	*	-		1,62	*	0,84		1,45	
kr K		0,94		1,66	*	-		1,90	*	2,71	*	1,28	
kr K 65+		0,95		1,75	*	-		1,84	*	2,79	*	1,44	*
odd		·		1,31		-		1,83		1,34		1,04	
odd 65+		·		1,37		-		1,86		0,81		1,30	
odd M		·		0,88		-		0,66		5,18		0,63	
odd M 65+		·		1,05		-		0,79		3,38		0,89	
odd K	·		1,58		-		6,06	*	0,00		1,09		
odd K 65+	·		1,43		-		4,08		0,00		1,07		
ogółem	II	-		1,18	*	-		1,22	*	1,47	*	1,13	*
ogółem 65+		-		1,25	*	-		1,27	*	1,58	*	1,17	*
ogółem M		-		1,08		-		1,12		0,90		1,06	
ogółem M 65+		-		1,11		-		1,04		0,90		1,08	

ogółem K		-	1,29	*	-	1,33	*	2,26	*	1,20	*
ogółem K 65+		-	1,36	*	-	1,43	*	2,27	*	1,23	*
kr		-	1,34	*	-	1,45	*	1,47		1,15	
kr 65+		-	1,43	*	-	1,40	*	1,82	*	1,32	*
kr M		-	1,20		-	1,35	*	0,43		1,02	
kr M 65+		-	1,24		-	1,18		0,63		1,09	
kr K		-	1,46	*	-	1,50	*	3,05	*	1,25	*
kr K 65+		-	1,55	*	-	1,50	*	3,20	*	1,36	*
odd		-	1,38		-	1,71		2,11		1,32	
odd 65+		-	1,40		-	2,36		2,26		1,40	
odd M		-	1,24		-	0,66		2,46		1,18	
odd M 65+		-	1,40		-	1,16		2,69		1,40	
odd K		-	1,47		-	5,19	*	0,45		1,42	
odd K 65+		-	1,29		-	5,20	*	0,60		1,25	
ogółem		1,10	1,20	*	0,93	1,35	*	1,65	*	1,10	
ogółem 65+		1,03	1,30	*	0,74	1,50	*	1,71		1,15	
ogółem M		1,15	1,04		0,92	1,16		0,84		1,06	
ogółem M 65+		0,54	1,13		0,33	1,21		0,88		1,17	
ogółem K		1,05	1,39	*	0,94	1,58	*	3,04	*	1,16	
ogółem K 65+		1,54	1,45	*	1,13	1,69	*	2,62	*	1,14	
kr		0,91	1,33	*	0,76	1,75	*	1,53		0,99	
kr 65+		0,92	1,43	*	0,75	1,73	*	1,98		1,11	
kr M		0,26	1,14		0,20	1,53	*	0,26		0,98	
kr M 65+		0,07	1,25	*	0,07	1,53		0,40		1,10	
kr K		2,04	1,50	*	1,47	1,88	*	4,19	*	1,00	
kr K 65+		2,59	1,55	*	1,65	1,80	*	4,29	*	1,12	
odd		1,06	1,19		2,00	2,24		3,77		0,68	
odd 65+		.	1,18		2,14	2,48		2,60		0,82	
odd M		9,63	0,89		3,16	0,82		12,53	*	0,51	
odd M 65+		.	1,04		1,54	1,14		10,53		0,76	
odd K		.	1,41		0,14	7,50	*	.		0,63	
odd K 65+		.	1,31		0,35	5,02		.		0,68	
ogółem		0,95	1,11	*	0,91	1,15	*	1,18	*	1,06	
ogółem 65+		1,08	1,11	*	0,84	1,14		1,22	*	1,09	
ogółem M		0,98	1,06		0,99	1,05		1,08		0,98	
ogółem M 65+		1,02	1,01		0,96	0,90		1,10		0,94	
ogółem K		0,90	1,17	*	0,81	1,26	*	1,28	*	1,15	
ogółem K 65+		1,11	1,19	*	0,74	1,34	*	1,32	*	1,22	
kr		1,05	1,17	*	0,92	1,33	*	1,11		1,05	
kr 65+		0,97	1,20	*	0,89	1,34	*	1,10		1,09	
kr M		1,04	1,04		0,80	1,13		0,96		1,01	
kr M 65+		0,82	1,01		0,78	1,04		0,89		0,98	
kr K		0,98	1,28	*	0,97	1,48	*	1,24		1,08	
kr K 65+		1,03	1,32	*	0,92	1,54	*	1,27		1,15	
odd		0,58	0,55	*	0,58	1,01		0,98		0,23	*



odd 65+	IV	0,83	0,56	*	0,58	1,00	1,13	0,28	*
odd M		0,62	0,60		1,13	0,61	1,26	0,20	*
odd M 65+		0,66	0,58		1,10	0,48	1,27	0,29	
odd K		0,02	0,41	*	0,05	1,45	0,62	0,24	*
odd K 65+		0,04	0,42		0,09	1,03	0,84	0,26	
ogółem	V	-	1,33		-	-	-	1,35	*
ogółem 65+		-	1,29		-	-	-	1,37	
ogółem M		-	1,09		-	-	-	1,05	
ogółem M 65+		-	1,04		-	-	-	1,03	
ogółem K		-	1,57	*	-	-	-	1,66	*
ogółem K 65+		-	1,47		-	-	-	1,61	*
kr		-	1,69	*	-	-	-	1,63	*
kr 65+		-	1,70	*	-	-	-	1,92	*
kr M		-	1,71		-	-	-	1,39	
kr M 65+		-	1,60		-	-	-	1,33	
kr K		-	1,61		-	-	-	1,77	*
kr K 65+		-	1,69		-	-	-	1,86	*
odd		-	0,37		-	-	-	0,43	
odd 65+		-	0,54		-	-	-	0,71	
odd M		-	0,22		-	-	-	0,27	
odd M 65+		-	0,31		-	-	-	0,51	
odd K		-	0,42		-	-	-	0,46	
odd K 65+	-	0,72		-	-	-	0,74		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących, · brak zgonów

Tabela 35. Łódź – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	I	1,30	*	1,24	*	1,16		1,27	*	1,12		1,13	*
ogółem 65+		1,40	*	1,35	*	1,51	*	1,49	*	1,13		1,11	*
ogółem M		1,14		1,11	*	1,21		1,12	*	0,98		1,06	
ogółem M 65+		1,31		1,20	*	1,95	*	1,32	*	1,08		0,99	
ogółem K		1,47	*	1,38	*	1,09		1,48	*	1,27	*	1,22	*
ogółem K 65+		1,47	*	1,46	*	1,21		1,63	*	1,16		1,21	*
kr		1,19		1,31	*	1,04		1,32	*	1,11		1,12	
kr 65+		1,17		1,42	*	1,00		1,47	*	1,12		1,16	*
kr M		0,93		1,14	*	1,06		1,13		1,00		0,98	
kr M 65+		0,82		1,30	*	1,02		1,27	*	1,13		1,03	
kr K		1,43	*	1,46	*	1,01		1,50	*	1,22		1,23	*
kr K 65+		1,42	*	1,49	*	0,96		1,55	*	1,12		1,25	*
odd		1,86		1,42	*	2,89		1,81	*	0,71		1,38	*

odd 65+	I	1,96		1,47	*	3,05		2,09	*	0,92		1,30		
odd M		1,05		1,28		0,10		1,41		0,38		1,58	*	
odd M 65+		1,00		1,22		0,08		1,52		0,43		1,39		
odd K		2,36		1,54	*	2,86		2,61	*	0,85		1,20		
odd K 65+		2,75		1,67	*	4,03		3,15	*	1,05		1,17		
ogółem	II	1,18	*	1,17	*	1,23		1,17	*	1,03		1,08	*	
ogółem 65+		1,22	*	1,25	*	1,41	*	1,33	*	1,06		1,08	*	
ogółem M		1,06		1,10	*	1,26		1,08		0,96		1,04		
ogółem M 65+		1,17		1,14	*	1,58	*	1,20	*	1,01		1,02		
ogółem K		1,30	*	1,25	*	1,19		1,30	*	1,11		1,13	*	
ogółem K 65+		1,27	*	1,32	*	1,29		1,40	*	1,09		1,13	*	
kr		1,10		1,20	*	1,18		1,19	*	1,03		1,06		
kr 65+		1,08		1,30	*	1,17		1,31	*	1,05		1,12	*	
kr M		0,92		1,07		1,13		1,06		0,90		0,98		
kr M 65+		0,87		1,20	*	1,20		1,18	*	0,94		1,05		
kr K		1,27	*	1,31	*	1,20		1,32	*	1,14		1,12		
kr K 65+		1,23		1,36	*	1,13		1,36	*	1,13		1,16	*	
odd		1,55		1,32	*	1,87		1,58	*	0,88		1,21		
odd 65+		1,74		1,35	*	2,62		1,77	*	0,94		1,16		
odd M		0,93		1,24		0,83		1,28		0,83		1,30		
odd M 65+		1,11		1,17		1,14		1,28		0,86		1,23		
odd K		2,11	*	1,40	*	2,59		2,12	*	0,80		1,18		
odd K 65+		2,29	*	1,52	*	2,88		2,64	*	0,85		1,15		
ogółem		III	1,18		1,38	*	1,09		1,53	*	1,10		1,18	*
ogółem 65+			1,65	*	1,53	*	1,24		1,85	*	1,15		1,12	
ogółem M	1,26			1,17	*	0,98		1,27	*	0,88		1,13		
ogółem M 65+	1,97		*	1,35	*	1,22		1,59	*	0,88		1,06		
ogółem K	1,09			1,60	*	1,20		1,89	*	1,33		1,24	*	
ogółem K 65+	1,37			1,67	*	1,22		2,02	*	1,34		1,16		
kr	0,97			1,43	*	1,03		1,55	*	1,20		1,08		
kr 65+	1,06			1,58	*	1,06		1,74	*	1,32		1,20		
kr M	0,98			1,19	*	0,91		1,22		1,03		1,06		
kr M 65+	1,10			1,48	*	0,99		1,52	*	1,30		1,25		
kr K	0,96			1,64	*	1,14		1,85	*	1,34		1,17		
kr K 65+	1,03			1,64	*	1,08		1,88	*	1,30		1,16		
odd	2,43			1,91	*	1,39		2,70	*	0,50		1,94	*	
odd 65+	2,34			2,08	*	1,42		3,26	*	0,56		1,84	*	
odd M	0,48			1,61	*	0,71		1,60		0,45		2,58	*	
odd M 65+	0,58			1,72	*	0,72		1,83		0,35		2,61	*	
odd K	3,61			2,18	*	2,15		5,00	*	0,39		1,35		
odd K 65+	4,36			2,36	*	2,00		5,97	*	0,45		1,25		
ogółem	IV		1,02		1,19	*	1,09		1,29	*	0,99		1,07	
ogółem 65+			1,01		1,23	*	1,06		1,41	*	1,00		1,06	
ogółem M		0,98		1,08	*	1,05		1,16	*	0,96		1,01		
ogółem M 65+		1,00		1,06		1,03		1,21	*	0,91		0,95		

ogółem K	IV	1,06	1,30	*	1,13	1,51	*	1,03	1,14	*		
ogółem K 65+		1,02	1,36	*	1,06	1,56	*	1,07	1,14	*		
kr		1,03	1,22	*	1,02	1,35	*	0,96	1,04			
kr 65+		0,99	1,29	*	1,02	1,43	*	0,99	1,11			
kr M		0,94	1,05		0,87	1,16	*	0,85	0,99			
kr M 65+		0,88	1,13		0,85	1,23	*	0,84	1,08			
kr K		1,10	1,37	*	1,16	1,53	*	1,06	1,11			
kr K 65+		1,07	1,40	*	1,08	1,58	*	1,09	1,12			
odd		1,01	1,53	*	1,31	2,11	*	0,98	1,36	*		
odd 65+		1,16	1,54	*	1,43	2,27	*	1,01	1,27			
odd M		1,09	1,34	*	1,26	1,46		0,88	1,49	*		
odd M 65+		1,78	1,29		1,63	1,34		0,85	1,40			
odd K		0,92	1,74	*	1,64	3,23	*	1,04	1,24			
odd K 65+		0,67	1,77	*	1,05	5,13	*	1,11	1,13			
ogółem	V	1,25	1,34	*	1,20	1,86	*	1,04	1,13	*		
ogółem 65+		1,96	*	1,42	*	1,65	*	2,40	*	1,27	1,06	
ogółem M		1,25		1,23	*	1,29		1,53	*	1,05	1,06	
ogółem M 65+		2,38	*	1,26	*	2,13	*	1,75	*	1,30	0,96	
ogółem K		1,21		1,44	*	1,09		2,22	*	1,04	1,20	*
ogółem K 65+		1,57		1,51	*	1,27		2,80	*	1,23	1,13	
kr		1,08		1,39	*	1,02		1,98	*	0,97	1,04	
kr 65+		1,18		1,48	*	1,03		2,25	*	1,20	1,08	
kr M		1,06		1,15		1,13		1,37		0,85	0,99	
kr M 65+		1,16		1,31		1,10		1,52		1,19	1,03	
kr K		1,06		1,56	*	0,92		2,51	*	1,07	1,14	
kr K 65+		1,18		1,57	*	0,94		2,63	*	1,18	1,11	
odd		3,42		1,78	*	3,30		4,54	*	1,35	1,32	
odd 65+		4,03		1,72	*	5,04		5,15	*	1,75	1,12	
odd M	0,24		1,70		0,26		2,55		1,27	1,60		
odd M 65+	0,19		1,68		0,22		1,72		1,43	1,54		
odd K	1,28		1,71		0,54		12,89	*	1,16	1,03		
odd K 65+	2,73		1,57		1,40		21,26	*	1,63	0,81		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$

Tabela 36. Poznań – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	I	1,01		1,35	*	1,17		1,57	*	1,26	*	1,15	*
ogółem 65+		0,88		1,41	*	1,15		1,72	*	1,18		1,22	*
ogółem M		0,94		1,27	*	1,41	*	1,49	*	1,27		0,99	
ogółem M 65+		0,67		1,31	*	1,36		1,64	*	1,01		1,04	
ogółem K		1,07		1,42	*	0,96		1,64	*	1,23		1,36	*

ogółem K 65+	I	1,07		1,48	*	1,00		1,77	*	1,27		1,42	*
kr		1,12		1,37	*	1,14		1,51	*	1,22		1,21	*
kr 65+		1,00		1,37	*	1,14		1,60	*	1,11		1,21	*
kr M		0,82		1,27	*	1,12		1,33	*	1,20		1,01	
kr M 65+		0,58		1,23	*	1,08		1,43	*	0,92		0,96	
kr K		1,40		1,45	*	1,14		1,68	*	1,19		1,47	*
kr K 65+		1,40		1,47	*	1,17		1,71	*	1,24		1,40	*
odd		0,33		1,76	*	1,27		3,22	*	1,96		1,04	
odd 65+		0,55		1,88	*	1,90		4,09	*	1,74		1,16	
odd M		0,21		1,82	*	1,65		2,15		2,26		1,29	
odd M 65+		0,46		2,21	*	2,26		3,25		1,87		1,42	
odd K		0,08		1,53		0,80		4,25	*	1,36		0,73	
odd K 65+		0,11		1,49		1,19		3,95	*	1,16		0,85	
ogółem	II	1,22	*	1,21	*	1,10		1,36	*	1,24	*	1,09	*
ogółem 65+		1,19		1,25	*	1,12		1,44	*	1,24	*	1,12	*
ogółem M		1,08		1,17	*	1,19		1,29	*	1,17		1,03	
ogółem M 65+		0,87		1,16	*	1,26	*	1,29	*	1,03		1,05	
ogółem K		1,37	*	1,26	*	1,01		1,43	*	1,31	*	1,18	*
ogółem K 65+		1,48	*	1,31	*	1,02		1,56	*	1,40	*	1,20	*
kr		1,38	*	1,23	*	1,10		1,33	*	1,22	*	1,13	*
kr 65+		1,38	*	1,22	*	1,12		1,36	*	1,19		1,11	
kr M		0,98		1,18	*	1,09		1,11		1,10		1,10	
kr M 65+		0,77		1,11		1,08		1,10		0,94		1,03	
kr K		1,82	*	1,28	*	1,09		1,53	*	1,30	*	1,19	*
kr K 65+		1,97	*	1,30	*	1,12		1,55	*	1,37	*	1,17	*
odd		0,34		1,47	*	1,06		2,99	*	1,12		1,09	
odd 65+		0,49		1,43	*	0,98		3,04	*	1,25		1,17	
odd M		0,19		1,35		0,89		2,16	*	1,17		1,15	
odd M 65+		0,26		1,24		0,67		1,96		1,20		1,21	
odd K		0,37		1,49		1,16		3,92	*	0,96		1,01	
odd K 65+	0,38		1,47		1,27		3,70	*	1,31		1,11		
ogółem	III	1,22		1,58	*	1,20		1,85	*	1,59	*	1,25	*
ogółem 65+		1,11		1,65	*	1,18		2,00	*	1,50	*	1,31	*
ogółem M		1,20		1,47	*	1,36	*	1,68	*	1,41		1,09	
ogółem M 65+		0,90		1,54	*	1,35		1,85	*	1,04		1,11	
ogółem K		1,24		1,70	*	1,05		2,02	*	1,76	*	1,42	*
ogółem K 65+		1,27		1,73	*	1,04		2,11	*	1,85	*	1,44	*

kr	III	1,30	1,63	*	1,26	1,79	*	1,55	*	1,25	
kr 65+		1,19	1,64	*	1,29	1,86	*	1,40		1,27	
kr M		1,02	1,63	*	1,16	1,54	*	1,55		1,28	
kr M 65+		0,81	1,59	*	1,16	1,59	*	1,18		1,20	
kr K		1,59	1,61	*	1,34	2,02	*	1,49		1,20	
kr K 65+		1,48	1,67	*	1,35	2,03	*	1,54		1,32	
odd		0,18	1,67		1,15	3,73	*	0,55		1,06	
odd 65+		0,32	1,85		2,08	4,84	*	0,53		1,03	
odd M		0,42	1,40		1,70	0,87		0,21		1,68	
odd M 65+		1,03	1,92		3,57	1,60		0,12		1,70	
odd K		0,01	1,81		0,44	6,98	*	1,24		0,42	
odd K 65+		0,01	1,39		0,71	5,76	*	0,92		0,36	
ogółem	IV	1,00	1,16	*	1,05	1,24	*	0,98		1,12	*
ogółem 65+		0,99	1,22	*	1,09	1,32	*	0,96		1,20	*
ogółem M		1,00	1,15	*	1,07	1,18	*	1,08		1,03	
ogółem M 65+		0,89	1,25	*	1,13	1,30	*	1,05		1,12	
ogółem K		1,00	1,18	*	1,02	1,30	*	0,87		1,22	*
ogółem K 65+		1,08	1,20	*	1,05	1,33	*	0,90		1,26	*
kr		0,95	1,20	*	1,07	1,25	*	0,92		1,12	
kr 65+		0,95	1,22	*	1,09	1,29	*	0,93		1,12	
kr M		0,76	1,22	*	1,02	1,14		1,03		1,11	
kr M 65+		0,72	1,27	*	1,07	1,21		1,00		1,09	
kr K		1,15	1,18	*	1,11	1,34	*	0,82		1,11	
kr K 65+		1,14	1,18	*	1,08	1,34	*	0,87		1,14	
odd	1,03	2,06	*	1,49	3,10	*	2,23	*	1,38		
odd 65+	1,31	2,07	*	1,84	3,36	*	1,99		1,40		
odd M	0,80	2,02	*	1,84	1,93		2,59	*	1,49		
odd M 65+	1,50	2,11	*	2,16	1,94		2,34		1,59		
odd K	1,05	2,08	*	1,18	4,68	*	1,69		1,05		
odd K 65+	0,95	1,96	*	1,46	4,43	*	1,47		1,05		
ogółem	V	-	1,22	*	1,03	3,95	*	1,33		1,14	*
ogółem 65+		-	1,32	*	0,90	5,70	*	1,53		1,23	*
ogółem M		-	1,11		1,46	2,70	*	1,29		0,99	
ogółem M 65+		-	1,23	*	1,42	5,41	*	1,27		1,09	
ogółem K		-	1,34	*	0,57	5,57	*	1,31		1,30	*
ogółem K 65+		-	1,38	*	0,56	5,88	*	1,65		1,36	*
kr		-	1,33	*	0,98	4,65	*	1,00		1,20	

kr 65+	V	-	1,38	*	0,85	5,65	*	1,27	1,24	*
kr M		-	1,30	*	1,23	4,27	*	1,49	1,05	
kr M 65+		-	1,34	*	0,98	6,89	*	2,11	1,04	
kr K		-	1,35	*	0,63	4,84	*	0,60	1,39	*
kr K 65+		-	1,40	*	0,62	4,55	*	0,74	1,38	*
odd		-	1,41		0,59	15,68	*	1,71	1,33	
odd 65+		-	1,76	*	0,81	69,21	*	1,88	1,49	
odd M		-	1,55		.	.		0,06	2,06	*
odd M 65+		-	1,74		.	.		.	2,47	*
odd K		-	1,20		1,06	91,60	*	4,28	0,71	
odd K 65+		-	1,37		1,79	153,85	*	6,94	0,75	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących, . brak zgonów

Tabela 37. Warszawa – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	I	1,16	*	1,22	*	1,12		1,26	*	1,07		1,22	*	
ogółem 65+		1,09		1,27	*	1,01		1,39	*	1,10		1,23	*	
ogółem M		1,05		1,18	*	1,08		1,18	*	0,92		1,17	*	
ogółem M 65+		0,97		1,22	*	0,83		1,30	*	0,90		1,14	*	
ogółem K		1,27	*	1,25	*	1,13		1,34	*	1,24	*	1,17	*	
ogółem K 65+		1,20		1,31	*	1,09		1,45	*	1,19	*	1,20	*	
kr		1,07		1,24	*	1,16		1,27	*	0,98		1,20	*	
kr 65+		1,03		1,30	*	1,09		1,38	*	0,95		1,20	*	
kr M		0,99		1,20	*	0,99		1,12		0,90		1,19	*	
kr M 65+		0,90		1,26	*	0,66		1,25	*	0,85		1,21	*	
kr K		1,11		1,28	*	1,28		1,39	*	1,02		1,17	*	
kr K 65+		1,11		1,32	*	1,40		1,45	*	1,00		1,20	*	
odd		0,96		1,51	*	0,45		1,43	*	1,64	*	1,32	*	
odd 65+		1,10		1,47	*	0,59		1,44		2,12	*	1,23		
odd M		0,59		1,54	*	0,11		1,10		1,42		1,53	*	
odd M 65+		0,82		1,59	*	0,12		0,98		2,14	*	1,53	*	
odd K		1,43		1,46	*	1,23		1,88	*	1,68		1,13		
odd K 65+		1,37		1,36	*	1,74		1,93	*	2,00	*	1,01		
ogółem		II	1,13	*	1,12	*	1,11		1,15	*	1,03		1,13	*
ogółem 65+			1,09		1,15	*	1,01		1,21	*	1,06		1,13	*
ogółem M	1,03			1,12	*	1,07		1,13	*	0,94		1,08	*	
ogółem M 65+	0,93			1,13	*	0,83		1,18	*	0,93		1,05		
ogółem K	1,23		*	1,13	*	1,13		1,16	*	1,13		1,10	*	
ogółem K 65+	1,25		*	1,17	*	1,12		1,23	*	1,09		1,12	*	

kr	II	1,10	1,12	*	1,16	1,13	*	0,95	1,10	*		
kr 65+		1,07	1,16	*	1,08	1,20	*	0,98	1,09	*		
kr M		1,07	1,09	*	1,01	1,07		0,88	1,07			
kr M 65+		0,94	1,12	*	0,71	1,13	*	0,92	1,07			
kr K		1,12	1,15	*	1,30	1,19	*	1,00	1,10	*		
kr K 65+		1,15	1,18	*	1,37	1,23	*	1,02	1,11	*		
odd		1,06	1,36	*	0,50	1,21		1,55	*	1,25	*	
odd 65+		1,25	1,30	*	0,68	1,15		1,79	*	1,19	*	
odd M		0,76	1,56	*	0,19	1,27		1,78	*	1,43	*	
odd M 65+		0,93	1,56	*	0,25	1,12		2,26	*	1,42	*	
odd K		1,43	1,15		0,90	1,12		1,03		1,09		
odd K 65+		1,58	1,06		1,33	1,09		1,09		1,00		
ogółem		III	1,19	1,19	*	0,95	1,36	*	1,03	1,13	*	
ogółem 65+			1,07	1,23	*	0,92	1,47	*	1,07	1,11		
ogółem M	1,14		1,15	*	0,92	1,28	*	0,86	1,12			
ogółem M 65+	0,87		1,15	*	0,82	1,36	*	0,85	1,06			
ogółem K	1,21		1,22	*	0,97	1,44	*	1,22	1,08			
ogółem K 65+	1,18		1,28	*	1,00	1,55	*	1,19	1,12			
kr	1,20		1,20	*	0,85	1,33	*	0,88	1,25	*		
kr 65+	1,18		1,26	*	0,86	1,46	*	0,93	1,21	*		
kr M	0,96		1,13		0,69	* 1,13		0,83	1,32	*		
kr M 65+	0,66		1,20	*	0,62	* 1,29	*	0,87	1,29	*		
kr K	1,40		1,25	*	0,98	1,49	*	0,96	1,12			
kr K 65+	1,58		1,29	*	1,04	1,56	*	0,96	1,13			
odd	0,47		1,45	*	0,71	1,62	*	1,32	1,42	*		
odd 65+	0,61		1,38	*	0,80	1,44		1,98	1,24			
odd M	0,11	1,44	*	0,48	1,49		1,07	1,55				
odd M 65+	0,14	1,38		0,45	1,25		1,75	1,34				
odd K	1,32	1,46	*	0,98	1,78		1,31	1,27				
odd K 65+	1,58	1,37		1,15	1,59		1,83	1,12				
ogółem	IV	1,06	1,08	*	0,97	1,20	*	0,99	1,15	*		
ogółem 65+		1,07	1,10	*	0,96	1,27	*	1,04	1,14	*		
ogółem M		1,07	1,07	*	0,99	1,11	*	0,94	1,13	*		
ogółem M 65+		1,06	1,05		0,98	1,16	*	0,88	*	1,11	*	
ogółem K		1,04	1,10	*	0,94	1,29	*	1,04	1,10	*		
ogółem K 65+		1,06	1,14	*	0,98	1,35	*	1,04	1,11	*		
kr		1,07	1,08	*	0,91	1,22	*	0,91	*	1,14	*	
kr 65+		1,09	1,09	*	0,92	1,29	*	0,89	*	1,12	*	
kr M		1,20	1,06		0,98	1,10		0,85	*	1,17	*	
kr M 65+		1,28	*	1,04		0,98	1,18	*	0,79	*	1,17	*
kr K		0,97		1,09	*	0,86	*	1,31	*	0,94	1,08	
kr K 65+		0,97		1,12	*	0,88	1,35	*	0,96	1,08		
odd		1,41		1,25	*	1,16	1,11		1,04	1,38	*	
odd 65+		1,39		1,23	*	1,17	1,17		1,12	1,29	*	
odd M	0,79		1,26	*	1,01	0,90		0,94	1,58	*		

odd M 65+	IV	0,90		1,24		1,00		0,89		0,98		1,54	*
odd K		2,18	*	1,23		1,35		1,35		1,13		1,18	
odd K 65+		1,88		1,21		1,31		1,39		1,30		1,06	
ogółem	V	1,14		1,10	*	1,15		0,85		1,00		1,15	*
ogółem 65+		1,07		1,11	*	1,12		1,05		1,09		1,15	*
ogółem M		1,11		1,10	*	1,17		0,98		0,86		1,13	*
ogółem M 65+		0,98		1,10	*	1,04		1,22		0,81		1,10	*
ogółem K		1,21		1,09	*	1,12		0,72		1,16		1,09	*
ogółem K 65+		1,23		1,12	*	1,26		0,90		1,15		1,11	*
kr		0,91		1,07		1,10		0,87		1,08		1,06	
kr 65+		0,91		1,11	*	1,13		0,92		1,08		1,08	
kr M		1,02		1,09		1,23		0,96		0,86		1,10	
kr M 65+		0,94		1,13		1,03		1,03		0,72		1,16	*
kr K		0,78		1,06		0,98		0,78		1,16		1,01	
kr K 65+		0,87		1,10		1,17		0,82		1,22		1,04	
odd		1,02		1,36	*	1,20		3,60		1,22		1,29	*
odd 65+		0,87		1,32	*	0,63		2,49		1,63		1,23	
odd M		0,57		1,43	*	.		5,28		0,92		1,35	*
odd M 65+		0,58		1,43	*	.		2,66		1,53		1,30	
odd K		1,66		1,31		2,72		1,66		1,22		1,23	
odd K 65+	1,12		1,23		0,37		2,27		1,31		1,17		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ , . brak zgonów

Tabela 38. Wrocław – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących, występujących w maju-czerwcu, lipcu-sierpniu oraz w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	V-VI		VII-VIII		75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	I	0,93		1,21	*	1,10		1,19	*	1,14		1,15	*
ogółem 65+		1,03		1,23	*	1,23		1,26	*	1,24		1,05	
ogółem M		0,86		1,19	*	1,04		1,04		1,27		1,19	*
ogółem M 65+		0,96		1,19	*	1,24		1,08		1,32		1,11	
ogółem K		1,02		1,23	*	1,18		1,44	*	0,99		1,02	
ogółem K 65+		1,09		1,26	*	1,22		1,44	*	1,15		1,00	
kr		1,24		1,22	*	1,25		1,22	*	1,11		1,11	
kr 65+		1,21		1,23	*	1,17		1,27	*	1,24		1,07	
kr M		1,26		1,17	*	1,39		1,06		1,61	*	1,14	
kr M 65+		1,26		1,17		1,33		1,08		1,78	*	1,06	
kr K		1,19		1,26	*	1,10		1,42	*	0,88		1,09	
kr K 65+		1,15		1,28	*	1,05		1,44	*	0,96		1,07	
odd		0,95		1,81	*	1,51		1,31		0,79		1,59	*
odd 65+		1,06		2,27	*	1,79		1,46		0,85		1,78	*
odd M		0,94		2,05	*	1,69		0,90		0,89		1,90	*
odd M 65+		1,31		2,81	*	2,73		1,35		0,85		2,31	*



odd K	I	0,97		1,45		0,48		1,74		0,37		1,15		
odd K 65+		0,66		1,59		0,00		1,23		0,49		1,15		
ogólem	II	1,02		1,11	*	1,12		1,09		1,07		1,11	*	
ogólem 65+		1,05		1,12	*	1,08		1,13	*	1,09		1,04		
ogólem M		0,97		1,13	*	1,09		0,99		1,09		1,17	*	
ogólem M 65+		0,91		1,14	*	1,10		1,02		1,05		1,09		
ogólem K		1,08		1,10	*	1,15		1,20	*	1,04		0,98		
ogólem K 65+		1,17		1,11	*	1,07		1,23	*	1,11		0,99		
kr		1,21	*	1,15	*	1,07		1,19	*	1,06		1,09		
kr 65+		1,20		1,19	*	1,05		1,29	*	1,09		1,08		
kr M		1,16		1,15	*	1,12		1,02		1,19		1,16	*	
kr M 65+		1,15		1,19	*	1,09		1,13		1,18		1,14		
kr K		1,24		1,16	*	1,02		1,37	*	1,02		1,04		
kr K 65+		1,25		1,20	*	1,01		1,43	*	1,04		1,04		
odd		0,70		1,33	*	1,32		0,92		0,95		1,11		
odd 65+		0,67		1,61	*	1,47		1,13		1,08		1,20		
odd M		0,90		1,56	*	1,51		1,04		1,30		1,27		
odd M 65+		1,05		2,01	*	2,07		1,56		1,40		1,48		
odd K		0,47		1,01		0,88		0,73		0,50		0,91		
odd K 65+		0,30		1,17		0,36		0,58		0,69		0,91		
ogólem		III	1,13		1,32	*	1,10		1,37	*	1,04		1,26	*
ogólem 65+			1,34		1,34	*	1,23		1,46	*	1,08		1,07	
ogólem M	1,03			1,20	*	1,04		1,08		1,08		1,43	*	
ogólem M 65+	1,22			1,24	*	1,24		1,14		1,04		1,32		
ogólem K	1,29			1,45	*	1,18		1,83	*	0,98		0,99		
ogólem K 65+	1,44			1,43	*	1,22		1,76	*	1,08		0,89		
kr	1,47			1,42	*	1,25		1,47	*	1,13		1,22		
kr 65+	1,34			1,43	*	1,17		1,55	*	1,11		1,12		
kr M	1,68			1,25		1,39		1,11		1,64		1,43		
kr M 65+	1,72			1,23		1,33		1,19		1,39		1,27		
kr K	1,19			1,58	*	1,10		1,91	*	0,88		1,04		
kr K 65+	1,02			1,58	*	1,05		1,88	*	0,97		1,00		
odd	1,62			1,61		1,51		0,91		0,01		2,23		
odd 65+	1,72			2,23	*	1,79		1,23		0,01		2,27		
odd M	0,31			1,48		1,69		0,39		.		2,21		
odd M 65+	0,14			1,97		2,73		0,68		.		1,78		
odd K	5,62			1,70		0,48		1,74		.		2,08		
odd K 65+	7,55			2,21		0,00		1,27		.		2,35		
ogólem	IV		1,05		1,13	*	1,09		1,21	*	0,98		1,13	*
ogólem 65+			1,04		1,15	*	1,15		1,25	*	0,97		1,07	
ogólem M		1,01		1,13	*	1,05		1,11		1,05		1,21	*	
ogólem M 65+		0,92		1,16	*	1,10		1,15		1,05		1,13		
ogólem K		1,10		1,14	*	1,13		1,33	*	0,89		1,02		
ogólem K 65+		1,13		1,14	*	1,20		1,33	*	0,91		1,00		
kr		1,02		1,19	*	1,11		1,25	*	0,95		1,13		

kr 65+	IV	1,02	1,21	*	1,18	1,30	*	0,98	1,10		
kr M		1,03	1,13		1,14	1,09		1,08	1,11		
kr M 65+		0,97	1,16		1,23	1,17		1,05	1,04		
kr K		0,99	1,24	*	1,08	1,46	*	0,90	1,14		
kr K 65+		1,02	1,26	*	1,14	1,42	*	0,98	1,13		
odd		1,36	1,38		0,96	1,40		0,41	*	1,69	*
odd 65+		0,90	1,81	*	1,22	1,37		0,37		1,94	*
odd M		1,00	1,44		0,84	1,13		0,35		1,82	
odd M 65+		0,73	2,01	*	1,31	1,45		0,29		2,24	*
odd K		1,67	1,26		1,16	1,75		0,50		1,38	
odd K 65+		.	1,56		1,06	1,14		0,50		1,54	
ogółem	V	0,69	1,39	*	-	1,07	-		1,30	*	
ogółem 65+		0,73	1,33		-	1,05	-		1,19		
ogółem M		0,52	1,02		-	0,67	-		0,98		
ogółem M 65+		0,63	0,61		-	0,31	*	-		0,75	
ogółem K		0,81	1,92	*	-	1,66	-		1,44	*	
ogółem K 65+		0,83	2,32	*	-	2,13	-		1,66	*	
kr		0,64	1,50	*	-	1,22	-		1,24		
kr 65+		0,64	1,36		-	1,30	-		1,20		
kr M		0,50	0,96		-	0,37	-		0,91		
kr M 65+		0,47	0,65		-	0,23	-		0,76		
kr K		0,74	2,15	*	-	2,49	*	-		1,60	
kr K 65+		0,77	2,11	*	-	2,88	*	-		1,59	
odd		1,06	0,44		-	.	-		0,85		
odd 65+		1,03	0,60		-	.	-		1,02		
odd M		5,74	0,01	*	-	.	-		0,41		
odd M 65+		8,24	0,01	*	-	.	-		0,57		
odd K		.	1,52		-	.	-		1,04		
odd K 65+	.	2,91		-	.	-		1,10			

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących, . brak zgonów

Tabela 39. Ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) we wszystkich analizowanych miastach łącznie wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), w tym powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	74-84		85-94		94-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	I	1,14	*	1,29	*	1,18	*	1,17	*
ogółem 65+		1,18	*	1,41	*	1,20	*	1,16	*
ogółem M		1,22	*	1,17	*	1,10		1,12	*
ogółem M 65+		1,28		1,27	*	1,09		1,10	*
ogółem K		1,06		1,42	*	1,27	*	1,19	*
ogółem K 65+		1,09		1,51	*	1,24	*	1,19	*
kr		1,16		1,34	*	1,13		1,16	*
kr 65+		1,12		1,41	*	1,14		1,17	*
kr M		1,16		1,15	*	1,13		1,12	*

kr M 65+		1,04		1,24	*	1,15		1,14	*	
kr K		1,14		1,46	*	1,14		1,19	*	
kr K 65+		1,16		1,49	*	1,13		1,20	*	
odd		1,34		1,86	*	1,42	*	1,35	*	
odd 65+		1,69		2,17	*	1,68	*	1,36	*	
odd M		1,05		1,25		1,32		1,50	*	
odd M 65+		1,47		1,41	*	1,60		1,54	*	
odd K		1,03		2,54	*	1,32		1,16		
odd K 65+		1,75		2,61	*	1,59		1,13		
ogółem	II	1,13	*	1,17	*	1,16	*	1,10	*	
ogółem 65+		1,14	*	1,24	*	1,18	*	1,10	*	
ogółem M		1,15	*	1,11	*	1,07		1,07	*	
ogółem M 65+		1,20		1,15	*	1,06		1,06	*	
ogółem K		1,09		1,23	*	1,24	*	1,10	*	
ogółem K 65+		1,09		1,30	*	1,26	*	1,11	*	
kr		1,11		1,20	*	1,14		1,08	*	
kr 65+		1,10		1,25	*	1,16	*	1,09	*	
kr M		1,10		1,07	*	1,04		1,07	*	
kr M 65+		1,05		1,12	*	1,05		1,08	*	
kr K		1,11		1,30	*	1,23	*	1,08	*	
kr K 65+		1,13		1,32	*	1,24	*	1,10	*	
odd		1,15		1,68	*	1,33	*	1,21	*	
odd 65+		1,24		1,80	*	1,41	*	1,21	*	
odd M		0,95		1,26	*	1,38		1,30	*	
odd M 65+		1,06		1,27		1,51	*	1,32	*	
odd K		1,20		2,32	*	1,07		1,15	*	
odd K 65+		1,34		2,25	*	1,14		1,17		
ogółem		III	1,06		1,43	*	1,20	*	1,19	*
ogółem 65+			1,09		1,55	*	1,17	*	1,19	*
ogółem M	1,04			1,27	*	1,00		1,15	*	
ogółem M 65+	1,06			1,41	*	0,92		1,13	*	
ogółem K	1,08			1,63	*	1,40	*	1,21	*	
ogółem K 65+	1,10			1,68	*	1,35	*	1,20	*	
kr	1,06			1,47	*	1,12		1,19	*	
kr 65+	1,05			1,55	*	1,14		1,20	*	
kr M	0,91			1,22	*	1,03		1,21	*	
kr M 65+	0,88			1,36	*	1,02		1,23	*	
kr K	1,15			1,68	*	1,23		1,17	*	
kr K 65+	1,17			1,69	*	1,25		1,18	*	
odd	1,05			2,39	*	1,24		1,55	*	
odd 65+	1,18			2,69	*	1,56		1,60	*	
odd M	0,91			1,38		1,10		1,55	*	
odd M 65+	1,17			1,53		1,35		1,49	*	
odd K	1,03			3,92	*	1,16		1,34		
odd K 65+	1,25			3,39	*	1,59		1,34		

ogółem	IV	1,01	1,17	*	1,03	1,12	*	
ogółem 65+		1,02	1,20	*	1,03	1,14	*	
ogółem M		1,03	1,10	*	0,99	1,10	*	
ogółem M 65+		1,05	1,10	*	0,95	1,08	*	
ogółem K		0,99	1,26	*	1,05	1,14	*	
ogółem K 65+		1,00	1,30	*	1,05	1,17	*	
kr		0,98	1,18	*	0,98	1,10	*	
kr 65+		0,99	1,21	*	1,00	1,11	*	
kr M		1,02	1,07		0,95	1,10	*	
kr M 65+		1,03	1,08		0,93	1,10	*	
kr K		0,96	1,30	*	1,02	1,12	*	
kr K 65+		0,96	1,31	*	1,05	1,14	*	
odd		1,06	1,59	*	1,07	1,33	*	
odd 65+		1,15	1,68	*	1,09	1,40	*	
odd M		1,06	1,22		1,08	1,29		
odd M 65+		1,21	1,27		1,08	1,38	*	
odd K		1,22	2,02	*	1,07	1,32		
odd K 65+		1,19	1,97	*	1,18	1,35		
ogółem		V	1,24	1,45		1,11	1,15	*
ogółem 65+			1,27	1,72		1,17	1,16	*
ogółem M	1,37		1,21	*	1,01	1,10	*	
ogółem M 65+	1,44		1,32		1,06	1,08	*	
ogółem K	1,03		1,70		1,16	1,20	*	
ogółem K 65+	1,14		2,01	*	1,19	1,23	*	
kr	1,12		1,52		1,04	1,11	*	
kr 65+	1,16		1,67		1,10	1,16	*	
kr M	1,30		1,17		1,00	1,09		
kr M 65+	1,11		1,22		1,05	1,12	*	
kr K	0,90		1,80		1,11	1,19	*	
kr K 65+	1,03		1,91	*	1,16	1,21	*	
odd	1,56		3,10	*	1,48	1,25	*	
odd 65+	1,40		3,93		1,34	1,21	*	
odd M	0,37	2,43	*	1,58	1,25			
odd M 65+	-	1,74		1,51	1,30			
odd K	1,69	4,50		0,93	1,19			
odd K 65+	1,52	6,03		1,07	1,16			

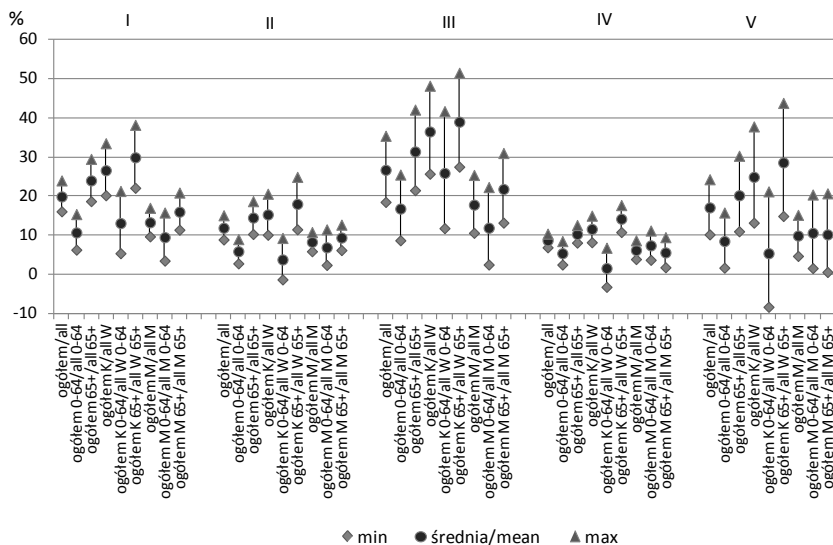
\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; - brak okresów gorących

#### 7.4. ANALIZA SUMARYCZNA WPŁYWU OKRESÓW GORĄCYCH NA ZGONY

Podrozdział ten stanowi uogólnienie, podsumowanie analizy wpływu okresów gorących na zgony. Łączna analiza wielkości umieralności w czasie okresów gorących i po nich we wszystkich miastach, z podziałem na zastosowane definicje, pozwala zarówno ostatecznie ocenić przydatność tych definicji

w badaniach oddziaływania upałów na zgony, jak i podać uogólnione na poziomie kraju wyniki tego oddziaływania.

Na rycinach 75–77 przedstawiono średnie ryzyko względne zgonu z 8 analizowanych miastach, według kryteriów wyznaczających pięć definicji i dla wszystkich analizowanych rodzajów rozpoznania. W przypadku, gdy wartość minimalna RR była niższa od 0 – było ono statystycznie nieistotne.



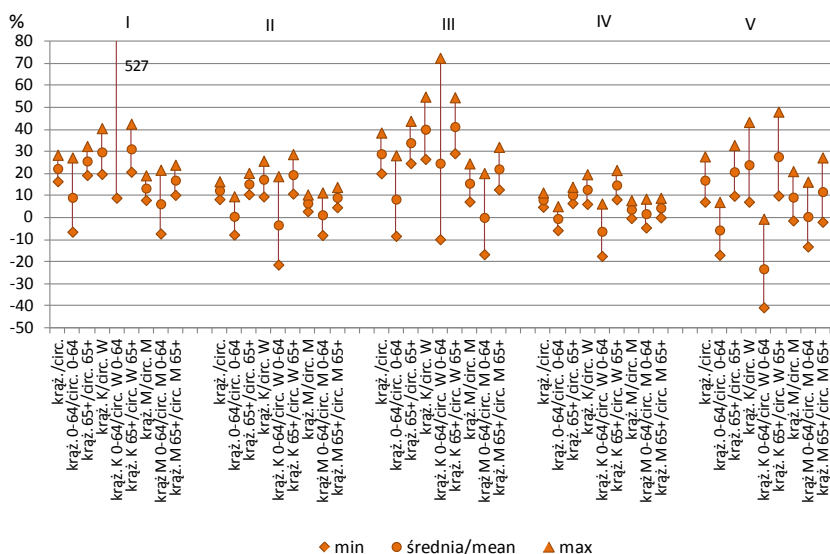
Ryc. 75. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu ogółem (%) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących wyznaczonych za pomocą różnych definicji (I-V)

Fig. 75. Meta-analysis – minimum, mean and maximum relative risk of death (%) from all causes (all) among women (W) and men (M) below (0–64) and above 65 years of age (65+) during hot periods defined in 5 different ways (I-V)

Umieralność ogólna w okresach gorących, niezależnie od definicji, w latach 1975–2014 była zazwyczaj wyraźnie wyższa od średniej. Zdecydowanie najwyższy średni wzrost umieralności obliczono w okresach gorących zdefiniowanych według definicji III. Średni wzrost ryzyka względnego zgonu wyniósł 26,7% (16,8% wśród osób poniżej 65 lat, a 31,4% wśród osób 65+), wśród kobiet 36,5% (39% wśród kobiet 65+), zaś wśród mężczyzn 17,8% (21,8% wśród mężczyzn 65+). W drugiej kolejności najwyższy średni wzrost RR (o 19,9%) wśród 8 miast dotyczył fal upałów (definicja I). Wśród kobiet 65+ wzrost umieralności sięgnął 29,9%, wśród mężczyzn 65+ był znacznie niższy (16%). Średni wzrost ryzyka zgonu ogółem według pozostałych definicji wyniósł: II – 11,9%, IV – 8,7%, V – 17,1%. Jedynie wzrosty liczby zgonów wśród kobiet poniżej 65 r.ż. nie wykazywały w niektórych typach rozpoznania istotności statystycznej (ryc. 75).

Wśród zgonów z powodu chorób układu krążenia najwyższe wzrosty RR odnotowano także w okresach gorących zdefiniowanych na podstawie III definicji: 29% ogółem (34% wśród osób 65+), 40,1% wśród kobiet i 15,6% wśród

mężczyzn (22,1% wśród mężczyzn 65+) (ryc. 76). Bardzo wiele zmian RR z powodu chorób układu krążenia wśród osób w wieku do 65 lat niezależnie od płci było statystycznie nieistotnych, a średnia zmiana RR była zbliżona do 0 lub ujemna, co oznaczało, że podczas okresów gorących i po nich w tej grupie osób i rozpoznań notowano spadek umieralności. Drugie, w kontekście wielkości notowanego RR z przyczyn chorób układu krążenia były fale upałów zdefiniowane wartością  $t_{max} 30^{\circ}C$ . W czasie ich trwania i w okresie 7 dni po ich zakończeniu notowany był średnio w Polsce 22,3% wzrost zgonów, 31,2% wśród kobiet 65+ i 17% wśród starszych mężczyzn. Okresy gorące zdefiniowane według pozostałych definicji prowadziły do następującego średniego wzrostu ryzyka zgonu z powodu chorób układu krążenia: II – 12,4%, IV – 8,1%, V – 17%.



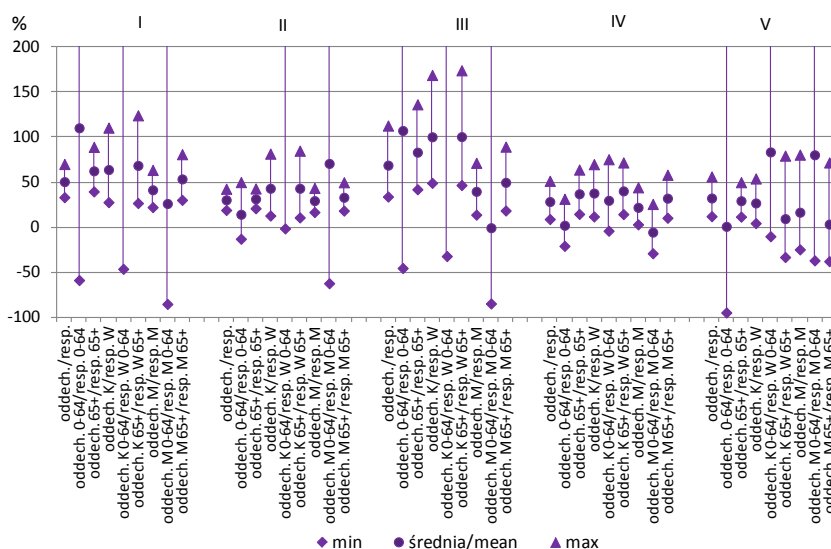
Ryc. 76. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu z powodu chorób układu krążenia (%) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących wyznaczonych za pomocą różnych definicji (I–V)

Fig. 76. Meta-analysis – minimum, mean and maximum relative risk of death (%) from circulatory diseases (circ.) among women (W) and men (M) below (0–64) and above 65 years of age (65+) during hot periods defined in 5 different ways (I–V)

Wzrost ryzyka zgonu z powodu chorób układu oddechowego osiągał wyższe procentowe wartości niż w przypadku zgonów ogółem czy z powodu chorób układu krążenia, jednak często zmiany umieralności, zwłaszcza wśród osób młodszych nie były statystycznie istotne (ryc. 77). Największy wzrost ryzyka zgonu obliczony został w okresach gorących określonych na podstawie definicji III i wyniósł: 68,8% wśród wszystkich zgonów (88,3% wśród osób 65+), 100,5% wśród kobiet i 39,7% wśród mężczyzn. Podobnie jak poprzednio, drugi w kolejności średni wzrost RR z powodu chorób układu oddechowego

dotyczył fal upałów i równał się 50,5% (68,5 wśród kobiet 65+ i 53,5% wśród mężczyzn 65+) W pozostałych okresach gorących średni wzrost RR z powodu chorób układu oddechowego był statystycznie istotny i wyniósł: 30,3% w okresach upalnych, 28,4% w falach ciepła i 32,3% podczas ciągów bardzo ciepłych nocy.

Wyniki analizy sumarycznej wpływu okresów gorących na umieralność po raz kolejny wskazują na największą adekwatność do tego typu badań definicji opartej na wartości 99 centyla temperatury maksymalnej oraz na większą podatność na wpływ środowiska termicznego osób starszych, w tym w szczególności kobiet.



Ryc. 77. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu z powodu chorób układu oddechowego (%) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach gorących wyznaczonych za pomocą różnych definicji (I–V)

Fig. 77. Meta-analysis – minimum, mean and maximum relative risk of death (%) from respiratory diseases (resp.) among women (W) and men (M) below (0–64) and above 65 years of age (65+) during hot periods defined in 5 different ways (I–V)





## 8. UMIERALNOŚĆ W OKRESACH ZIMNYCH

### 8.1. UMIERALNOŚĆ W OKRESACH ZIMNYCH W POSZCZEGÓLNYCH MIASTACH

Wpływ okresów szczególnie zimnych, choć nie tak spektakularny i natychmiastowy, jak w przypadku okresów upalnych (patrz rozdz. 4), gdyż rozciągnięty w czasie, bywa silniejszy i bardziej tragiczny w skutkach.

W przeciwieństwie do okresów gorących, w przypadku okresów zimnych nie zdecydowano się na obliczenia umieralności w pojedynczych okresach, a potraktowano je od razu łącznie. Przesłanką za taką decyzją była przeprowadzona na potrzeby projektu Adaptcity analiza umieralności mieszkańców Warszawy w warunkach zimna, która nie dała satysfakcjonujących wyników (Rabczenko i in. 2015, 2016). Wpływ okresów zimnych na umieralność był badany w okresie potencjalnego ich występowania, od listopada do końca lutego. Wzrosty/spadki ryzyka względnego zgonu (%) w czasie i w ciągu 7 dni od zakończenia danego okresu zimnego definiowanego na pięć różnych sposobów przedstawiono w tabelach 40-42.

Całościowe spojrzenie na ryzyko względne zgonu ogółem w okresach zimnych pokazuje, że najwyższe wzrosty RR notowano w falach mrozów wydzielonych według definicji A, zaś najwięcej istotnych statystycznie wzrostów RR stwierdzono w przypadku definicji C – opartej na 1 centylu  $t_{\min}$ . I te dwa rodzaje okresów zostaną opisane w kontekście umieralności w nich notowanej, pozostałe informacje są zawarte w tabelach (40-52). Wydzielone na podstawie powyższych, restrykcyjnych definicji okresy zimne były krótkie (średnia 4,4–4,6 dnia) i bardzo mroźne (ze średnią  $t_{\min}$  odpowiednio  $-20,8^{\circ}\text{C}$  i  $-19,7^{\circ}\text{C}$ ). Najwyższe wzrosty RR ogółem stwierdzono w Krakowie, Białymstoku, Łodzi i Warszawie. W każdym z miast, z wyjątkiem Łodzi i Warszawy, w okresach zimnych notowano także przypadki spadku umieralności.

Tabela 40. Ryzyko zgonu z ogółu przyczyn (ogółem) w okresach zimnych definiowanych na 5 sposobów (A-E) w poszczególnych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), poniżej (0-64) i powyżej 65 r.ż. (65+)

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
ogółem	A	1,23	1,08	1,23	1,02	1,16	1,14	1,13	1,06
ogółem 0-64		1,20	1,37	1,15	0,97	1,13	1,04	1,25	0,98
ogółem 65+		1,25	0,84	1,25	1,03	1,15	1,16	1,08	1,11
ogółem M		1,16	1,01	1,16	0,91	1,17	1,06	1,14	1,02
ogółem M 0-64		1,21	1,39	1,25	0,90	1,13	1,02	1,26	0,99
ogółem M 65+		1,17	0,71	1,11	0,92	1,18	1,10	1,09	1,06
ogółem K		1,31	1,07	1,26	1,13	1,10	1,22	1,11	1,03
ogółem K 0-64		1,19	1,26	0,96	1,09	1,10	1,10	1,23	0,89
ogółem K 65+		1,32	0,98	1,31	1,13	1,09	1,28	1,09	1,05

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
ogółem	B	1,21	1,12	1,14	1,06	1,16	1,09	1,10	1,05
ogółem 0-64		1,17	1,12	1,04	1,00	1,13	0,91	1,12	1,01
ogółem 65+		1,23	1,08	1,15	1,08	1,15	1,17	1,09	1,07
ogółem M		1,16	1,05	1,05	0,96	1,17	1,09	1,10	1,04
ogółem M 0-64		1,16	1,12	0,99	0,91	1,13	0,97	1,17	1,02
ogółem M 65+		1,19	0,99	1,08	1,01	1,21	1,17	1,08	1,05
ogółem K		1,27	1,13	1,18	1,16	1,11	1,07	1,09	1,03
ogółem K 0-64		1,17	1,12	1,12	1,20	1,13	0,80	1,05	0,98
ogółem K 65+		1,28	1,13	1,18	1,15	1,10	1,15	1,11	1,06
ogółem	C	1,14	1,09	1,23	1,10	1,18	1,14	1,12	1,12
ogółem 0-64		0,99	0,92	1,13	1,02	1,16	1,01	1,16	1,02
ogółem 65+		1,23	1,16	1,26	1,14	1,18	1,20	1,11	1,15
ogółem M		1,04	0,97	1,12	0,98	1,19	1,15	1,14	1,09
ogółem M 0-64		0,95	0,87	1,11	0,96	1,13	1,06	1,17	1,02
ogółem M 65+		1,14	1,04	1,12	1,02	1,24	1,23	1,13	1,15
ogółem K		1,26	1,22	1,33	1,23	1,16	1,13	1,11	1,12
ogółem K 0-64		1,05	1,03	1,16	1,15	1,23	0,91	1,12	1,03
ogółem K 65+	1,31	1,28	1,35	1,25	1,15	1,19	1,11	1,14	
ogółem	D	1,13	1,12	1,07	1,08	1,12	1,08	1,06	1,06
ogółem 0-64		1,09	1,01	1,03	0,98	1,08	0,99	1,07	0,99
ogółem 65+		1,15	1,16	1,08	1,14	1,14	1,13	1,06	1,09
ogółem M		1,07	1,04	1,04	1,04	1,13	1,09	1,07	1,06
ogółem M 0-64		1,06	1,01	0,99	1,01	1,08	1,05	1,10	1,01
ogółem M 65+		1,10	1,05	1,08	1,06	1,16	1,13	1,06	1,12
ogółem K		1,19	1,19	1,09	1,13	1,11	1,06	1,05	1,03
ogółem K 0-64		1,15	0,99	1,10	0,92	1,10	0,90	1,06	0,95
ogółem K 65+		1,19	1,26	1,09	1,20	1,11	1,11	1,06	1,05
ogółem	E	1,18	1,07	1,05	1,06	1,09	1,06	1,04	1,05
ogółem 0-64		1,06	0,97	1,02	0,96	1,07	0,99	1,05	0,98
ogółem 65+		1,25	1,12	1,07	1,11	1,09	1,09	1,04	1,09
ogółem M		1,10	1,05	1,04	1,03	1,09	1,07	1,07	1,04
ogółem M 0-64		0,99	0,99	1,01	0,98	1,08	1,02	1,06	0,98
ogółem M 65+		1,22	1,08	1,07	1,07	1,09	1,11	1,08	1,09
ogółem K		1,28	1,10	1,07	1,10	1,08	1,04	1,03	1,07
ogółem K 0-64		1,19	0,93	1,04	0,91	1,07	0,95	1,04	0,97
ogółem K 65+		1,28	1,15	1,07	1,15	1,10	1,07	1,02	1,09

Wzrost RR istotny stat.  $\leq 1,3$ Wzrost RR istotny stat.  $> 1,3$

Tabela 41. Ryzyko zgonu z powodu chorób układu krążenia (kr) w okresie zimnych definiowanych na 5 sposobów (A-E) w poszczególnych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), poniżej (0-64) i powyżej 65 r.ż. (65+)

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
kr	A	1,44	0,88	1,27	1,00	1,14	1,27	1,13	1,06
kr 0-64		1,72	0,95	1,12	0,92	1,11	1,06	1,42	1,11
kr 65+		1,36	0,78	1,29	1,02	1,13	1,34	1,08	1,06
kr M		1,42	0,71	1,20	0,91	1,19	1,50	1,20	0,83
kr M 0-64		1,71	1,00	1,19	1,01	1,01	1,30	1,38	0,84
kr M 65+		1,31	0,49	1,18	0,87	1,25	1,60	1,14	0,86
kr K		1,46	1,13	1,30	1,11	1,09	1,14	1,10	1,19
kr K 0-64		1,77	0,76	0,80	0,67	1,27	0,57	1,48	1,42
kr K 65+		1,42	1,12	1,33	1,15	1,04	1,22	1,04	1,14
kr	B	1,39	1,09	1,19	1,10	1,18	1,11	1,12	1,13
kr 0-64		1,53	1,13	1,09	1,08	1,25	0,89	1,24	1,26
kr 65+		1,33	1,04	1,20	1,10	1,17	1,17	1,09	1,08
kr M		1,31	1,07	1,14	1,05	1,24	1,19	1,17	1,01
kr M 0-64		1,50	1,24	1,10	1,07	1,21	0,96	1,27	1,18
kr M 65+		1,22	0,96	1,14	1,04	1,29	1,30	1,13	0,94
kr K		1,45	1,15	1,21	1,15	1,14	1,07	1,09	1,18
kr K 0-64		1,51	0,86	1,03	1,06	1,32	0,72	1,11	1,45
kr K 65+		1,45	1,19	1,22	1,16	1,11	1,12	1,07	1,13
kr	C	1,39	1,14	1,24	1,16	1,24	1,24	1,15	1,28
kr 0-64		1,04	0,87	1,05	1,00	1,28	1,02	1,29	1,29
kr 65+		1,48	1,22	1,27	1,20	1,24	1,31	1,13	1,27
kr M		1,32	1,12	1,12	1,07	1,27	1,30	1,23	1,24
kr M 0-64		0,90	0,93	1,10	0,93	1,23	1,10	1,30	1,25
kr M 65+		1,54	1,20	1,12	1,12	1,33	1,40	1,20	1,25
kr K		1,44	1,21	1,33	1,26	1,23	1,24	1,11	1,27
kr K 0-64		1,36	0,71	0,90	1,06	1,40	0,79	1,23	1,35
kr K 65+		1,43	1,30	1,36	1,28	1,21	1,30	1,10	1,25
kr	D	1,19	1,13	1,05	1,12	1,14	1,14	1,06	1,11
kr 0-64		1,09	1,08	0,99	0,96	1,11	1,04	1,15	1,13
kr 65+		1,22	1,14	1,06	1,17	1,14	1,16	1,04	1,11
kr M		1,14	1,06	1,05	1,09	1,16	1,22	1,07	1,09
kr M 0-64		1,11	1,10	0,99	1,02	1,14	1,13	1,13	1,08
kr M 65+		1,15	1,03	1,08	1,12	1,19	1,25	1,06	1,11
kr K		1,24	1,20	1,06	1,17	1,12	1,11	1,06	1,10
kr K 0-64		0,99	1,02	0,99	0,82	1,05	0,83	1,21	1,21
kr K 65+		1,27	1,23	1,07	1,22	1,12	1,15	1,04	1,08
kr	E	1,30	1,09	1,06	1,12	1,11	1,10	1,05	1,10
kr 0-64		1,09	1,06	1,03	1,01	1,11	1,08	1,10	1,10
kr 65+		1,34	1,09	1,06	1,16	1,12	1,11	1,04	1,11
kr M		1,21	1,08	1,07	1,11	1,12	1,16	1,09	1,09
kr M 0-64		1,06	1,08	1,04	1,06	1,14	1,15	1,10	1,09

kr M 65+	E	1,29	1,07	1,08	1,14	1,13	1,16	1,09	1,10
kr K		1,38	1,12	1,06	1,15	1,11	1,08	1,04	1,13
kr K 0-64		1,09	0,99	0,99	0,89	1,05	0,92	1,08	1,11
kr K 65+		1,39	1,14	1,06	1,18	1,12	1,10	1,03	1,14

Wzrost RR istotny stat.  $\leq 1,3$ Wzrost RR istotny stat.  $> 1,3$ 

Tabela 42. Ryzyko zgonu z powodu chorób układu oddechowego (odd) w okresach zimnych definiowanych na 5 sposobów (A-E) w poszczególnych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), poniżej (0-64) i powyżej 65 r.ż. (65+)

Rozpoznanie	Def.	Biał.	Gd.	Krak.	Lubl.	Łódź	Pozn.	Wwa	Wro.
odd	A	0,80	0,76	1,56	0,79	1,04	1,11	1,06	0,89
odd 0-64		1,41	.	0,93	1,02	1,01	1,51	1,33	0,63
odd 65+		0,62	1,00	1,67	0,64	1,05	0,98	1,00	1,11
odd M		0,35	0,96	1,03	0,48	1,32	0,84	0,96	0,69
odd M 0-64		0,82	.	1,96	0,10	1,36	0,25	1,44	0,38
odd M 65+		0,19	1,45	0,53	0,47	1,33	0,89	0,80	0,97
odd K		1,63	0,45	1,95	0,77	0,75	0,99	1,08	0,26
odd K 0-64		2,10	.	0,00	1,36	0,42	2,78	1,01	0,19
odd K 65+		1,42	0,35	2,88	0,66	0,77	0,85	1,06	0,00
odd	B	0,87	1,54	1,11	0,85	1,16	1,13	1,03	1,05
odd 0-64		1,08	0,62	0,89	0,90	1,06	0,73	0,99	1,39
odd 65+		0,80	1,82	1,13	0,80	1,22	1,21	1,05	0,85
odd M		0,61	1,98	0,86	0,56	1,44	1,07	1,04	1,16
odd M 0-64		0,64	0,82	1,32	0,43	1,43	0,49	1,24	1,53
odd M 65+		0,56	2,21	0,65	0,56	1,53	1,22	0,99	0,94
odd K		1,15	0,93	1,24	1,12	0,97	1,27	0,94	0,79
odd K 0-64		1,74	0,18	0,11	1,93	0,47	1,07	0,68	0,82
odd K 65+		0,95	1,09	1,56	0,95	1,07	1,29	0,98	0,75
odd	C	0,89	1,14	1,03	0,94	1,18	1,15	1,13	1,37
odd 0-64		1,17	0,52	0,80	0,94	1,10	1,06	1,23	2,17
odd 65+		0,72	1,30	1,08	0,91	1,25	1,14	1,08	1,00
odd M		0,56	1,25	0,86	0,38	1,50	1,18	1,09	1,13
odd M 0-64		0,39	0,91	1,43	0,45	1,27	0,93	1,34	2,23
odd M 65+		0,40	1,31	0,64	0,34	1,62	1,23	0,97	0,71
odd K		1,33	0,89	1,09	1,69	1,03	1,14	1,13	1,50
odd K 0-64		2,16	0,07	0,11	2,09	0,69	1,22	1,03	1,64
odd K 65+		1,07	1,09	1,47	1,68	1,07	1,11	1,13	1,31
odd	D	1,01	1,37	1,00	0,92	1,13	1,11	1,17	1,32
odd 0-64		1,26	1,00	0,85	0,83	1,06	0,77	1,13	1,48
odd 65+		0,92	1,46	1,03	0,92	1,18	1,15	1,17	1,19
odd M		0,82	1,45	0,90	0,70	1,30	1,16	1,17	1,31
odd M 0-64		0,87	1,41	0,91	0,72	1,21	0,77	1,24	1,61
odd M 65+		0,80	1,44	0,88	0,68	1,41	1,25	1,14	1,15

odd K	D	1,23	1,23	1,10	1,16	1,04	1,05	1,12	1,16
odd K 0–64		1,99	0,35	0,72	1,03	0,80	0,68	0,94	1,15
odd K 65+		1,04	1,35	1,19	1,18	1,08	1,10	1,13	1,17
odd	E	1,09	1,23	0,97	0,84	1,11	1,05	1,07	1,18
odd 0–64		1,35	0,96	0,90	0,60	1,06	0,84	1,16	1,14
odd 65+		1,00	1,28	0,98	0,88	1,14	1,10	1,05	1,18
odd M		0,78	1,34	0,93	0,67	1,18	1,10	1,13	1,15
odd M 0–64		0,75	1,35	0,91	0,44	1,15	0,84	1,25	1,19
odd M 65+		0,78	1,34	0,94	0,71	1,25	1,17	1,08	1,10
odd K		1,51	1,14	0,99	1,02	1,11	1,04	0,99	1,25
odd K 0–64		2,60	0,37	0,87	0,84	0,88	0,81	0,97	1,03
odd K 65+		1,25	1,27	1,03	1,03	1,15	1,09	0,98	1,32

Wzrost RR istotny stat. $\leq 1,3$	Wzrost RR istotny stat. $> 1,3$
Spadek RR istotny stat. 0,7–0,9	Spadek RR istotny stat. $< 0,7$

· brak zgonów

W falach mrozów (definicja A) wzrost RR ogółem sięgał 23% w Białymstoku i Krakowie (wśród osób 65+ wynosił 25%) i 13% w Warszawie (tab. 40). Wśród kobiet wynosił 31–32%. W okresach zimnych wyznaczonych według wartości 1 centyla  $t_{\min}$  (definicja C) najwyższy wzrost RR dla zgonów ogółem stwierdzono w Krakowie (23%) i Łodzi (18%), ale we wszystkich miastach z wyjątkiem Lublina odnotowano wtedy istotny wzrost umieralności ogólnej wśród osób powyżej 65 r.ż., od 11% do 26%.

Wzrost umieralności z przyczyn chorób układu krążenia w okresach zimnych był wyższy niż w przypadku umieralności ogólnej. Fale mrozów (A) zaznaczyły się najwyraźniej we wzroście umieralności w Białymstoku (do 44%) oraz w Krakowie i Poznaniu – wzrost o 27%. W Poznaniu umieralność z powodu chorób układu krążenia wśród wszystkich mężczyzn wzrosła o 50%, zaś w grupie powyżej 65 r.ż. o 60%. W okresach zimnych według kryterium C, drugich pod względem „ostrości” warunków termicznych, w Łodzi, Warszawie i Wrocławiu, ale także Gdańsku czy Lublinie względne ryzyko zgonu było wyższe w porównaniu z falami mrozów – sięgało 28% (tab. 41).

Oddziaływanie okresów silnych mrozów na zgony spowodowane chorobami układu oddechowego wydaje się być oczywiste, jednak mała liczba takich zgonów powoduje, że obliczone wartości RR budzą wątpliwości (tab. 42). Istotnych statystycznie wzrostów ryzyka zgonu stwierdzono niewiele, a jeśli już się pojawiły, były zazwyczaj bardzo wysokie. Istotne wzrosty RR wystąpiły głównie w Gdańsku, Wrocławiu i Łodzi (do 123% wśród mężczyzn, w okresach zimnych według definicji C).

Najwyższe ryzyko względne zgonu obliczono w okresach wyznaczonych według definicji C i A. Jednak bardzo duża liczba istotnych statystycznie wzrostów RR w okresach określonych na podstawie definicji D i E, czyli w minimum 6-dniowych okresach zimnych (oraz 7 dni od ich zakończenia), jest kolejną przesłanką za badaniem oddziaływania zimna na ludzi w dłuższych przedziałach czasu.

*ZGONY WEDŁUG PRZYCZYN W POSZCZEGÓLNYCH DEKADACH*

Porównanie wielkości ryzyka zgonów w okresach zimnych pomiędzy poszczególnymi dekadami daje obraz procesu adaptacji u ludzi bądź jej braku do warunków zimnych (tab. 44–51). Dodatkowo w tabeli 43 przedstawiono liczbę okresów zimnych w kolejnych dekadach oraz liczbę dni w nich zawartych.

W Białymstoku w pierwszej analizowanej dekadzie, okresów zimnych w zależności od definicji było od 1 (definicja A) do 13 (definicja D), cechowały się najmniejszą średnią intensywnością (określoną temperaturą minimalną) i nie notowano w nich wzrostu umieralności. W kolejnej dekadzie okresy zimne cechowała większa intensywność, a istotne wzrosty RR pojawiały się nielicznie i dotyczyły głównie przyczyn układu krążenia wśród mężczyzn. Najwyższe i statystycznie istotne wzrosty umieralności, sięgające 86–87% umieralności ogólnej zanotowano w latach 1995–2004. W tej dekadzie duży wpływ na wyniki miał wyraźny wzrost umieralności zimą 1995/96, przedstawiony w kolejnym rozdziale. W latach 2005–2014 liczba istotnych wzrostów RR była podobna i zazwyczaj dotyczyła tych samych rodzajów rozpoznania, jednak były one znacząco niższe. Wyniki z Białegostoku wskazują na rosnący wpływ okresów zimnych na ryzyko zgonu, choć należy pamiętać, że od czasu tuż po II wojnie światowej do 2014 r. populacja Białegostoku wzrosła ponad 5-krotnie. Społeczeństwo Białegostoku w latach 70. i 80. XX wieku było dość młode, a w ostatnich dekadach rośnie liczba osób starszych, bardziej podatnych na negatywne oddziaływanie skrajnych warunków pogodowych (tab. 43, 44).

W Gdańsku w okresach zimnych rzadko notowano statystycznie istotny wzrost umieralności, a mała liczba dni doprowadziła nawet do stwierdzenia znaczących spadków RR w tych okresach. Jedynie w dekadzie 1985–1994, w szczególności w okresach określonych na podstawie definicji D i E istotny statystycznie wzrost RR ogółem sięgnął 18%, a z powodu chorób układu oddechowego 90%. Stało się tak, gdyż w miesiącach styczeń i luty w ciągu trzech kolejnych lat od 1985 r. do 1987 r. zanotowano w Gdańsku 6 fal zimna (łącznie objęły 58 dni) oraz 5 fal chłodu (objęły aż 97 dni) (tab. 45).

Podczas okresów zimnych w Krakowie największy wzrost umieralności odnotowano w latach 1985–1994, niezależnie od przyjętej definicji był statystycznie istotny i wyniósł od 10% do 33%, wśród osób starszych był w każdym przypadku o 2–7% wyższy niż wśród całej populacji. W latach 2005–2014 zarówno liczba okresów zimnych, jak i dni wchodzących w ich skład była tylko nieznacznie mniejsza niż w latach 1985–1994, jednakże wzrost RR, choć istotny statystycznie wyniósł 9–23%. Powyższe wyniki pokazują odmienną zależność niż w Białymstoku. W Krakowie charakterystyka demograficzna społeczeństwa była dość jednorodna w badanym okresie, a oddziaływanie warunków zimna na umieralność mało, co dokonało się szczególnie poprzez poprawę warunków grzewczych w domach oraz wyższe standardy opieki zdrowotnej (tab. 46).

W Lublinie niewiele było statystycznie istotnych wzrostów RR, żaden nie dotyczył umieralności ogółem, kilka – osób powyżej 65 r.ż. Niektóre z obliczonych istotnych statystycznie zmian to spadki RR, szczególnie w ostatniej dekadzie i na choroby układu oddechowego. Fale zimna i chłodu (definicja D i E), obejmowały najwięcej dni (tab. 42) i prawdopodobnie dlatego

zdiagnozowano dla nich istotne wzrosty RR, sięgające 14-15% ogółem wśród osób 65+, szczególnie w dekadzie 1985–1994 (tab. 47).

W Łodzi widoczny był rosnący w ostatnich latach negatywny wpływ okresów zimnych na umieralność. Najmniej oczywisty wpływ wywierały fale mrozów (definicja A), jednak wynikało to przede wszystkim z ich małej liczby. Gdy w ostatniej dekadzie wystąpiły 4 takie fale (tab. 42) natychmiast widoczny był statystycznie istotny wzrost RR ogółem sięgający 47%, pomimo, że były średnio mniej intensywne niż te z dekady 1985–1994. W okresach zimnych zdefiniowanych na pozostałe sposoby, obejmujących znacznie więcej dni, istotne statystycznie wzrosty ryzyka zgonów ogółem oraz z powodu choroby układu krążenia obliczono w większości definicji i dekad. Najwyższe RR były w ostatnich latach, dotyczyły szczególnie mężczyzn i okresów zimnych wyznaczonych według kryteriów definicji C. Wyniki z Łodzi wskazywały na brak adaptacji do warunków skrajnego zimy szybko starzejącej się społeczności tego miasta (tab. 48).

W Poznaniu największą liczbę statystycznie istotnych wzrostów ryzyka zgonu obliczono w dekadzie 1985–1994, okresie z najostrzejszymi okresami zimnymi i obejmującymi największą liczbę dni. Bardzo wysoki wzrost RR z powodu chorób układu oddechowego w latach 1975–1984 podczas fal mrozów i po nich dotyczył tylko jednego przypadku fali mrozów, trwającej 3–dni, od 30 grudnia 1978 r. do 1 stycznia 1979 r., kiedy w czasie 3 dni i kolejnych 7 wystąpiło łącznie 15 zgonów, a średnia umieralność dwukrotnie przewyższyła oczekiwaną z tego okresu. W ostatniej dekadzie, pomimo, że notowano w Poznaniu obciążające organizm człowieka okresy zimne, wzrost RR nie występował lub był statystycznie nieistotny. Wyniki te mogą być przesłanką tezy o pewnej adaptacji do warunków zimy mieszkańców Wielkopolski (tab. 49).

W Warszawie negatywne oddziaływanie okresów zimnych widoczne było przede wszystkim w latach 1985–1994 i 2005–2014. W pierwszej dekadzie, okresy zimne określone według definicji A i C występowały rzadko i notowano w nich istotny spadek liczby zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego. Z kolei w dekadzie 1995–2004 najdłuższa i najostrzejsza fala mrozów wystąpiła pod koniec 1996 r., a tuż po niej nastąpiła dwuletnia przerwa w notowaniu przyczyn zgonów, stąd brak dowiedzionych wzrostów RR w okresach zimnych w tej dekadzie. Jedyne znaczące wzrosty umieralności podczas i w ciągu 7 dni po okresach zimnych odnotowano w drugiej (najbardziej intensywne okresy zimne), a w szczególności w czwartej (najliczniejsze okresy zimne) z analizowanych dekad. Wyniki z Warszawy, podobnie jak z Łodzi nie wskazują na proces adaptacji mieszkańców miasta do warunków skrajnego zimy, a wręcz przeciwnie, negatywne oddziaływanie zdaje się rosnąć (tab. 50).

We Wrocławiu, jednym z cieplejszych miast w Polsce, okresów zimnych zdefiniowanych według zadanego progu temperatury powietrza było niewiele (tab. 42). Ciągi dni bardzo mroźnych (definicja A) wystąpiły zaledwie dwukrotnie w drugiej z analizowanych dekad i nie doprowadziły do wzrostu umieralności. Okresy zimne (definicja C) prowadziły w dwóch ostatnich dekadach do wzrostu RR ryzyka zgonu ogółem i z powodu chorób układu krążenia większego w latach 1995–2004 w porównaniu do 2005–2014. We Wrocławiu, zapewne z racji dość młodego wieku mieszkańców miasta, wpływ fal zimy na



umieralność nie był znaczący, ale wzrastał w ostatnich latach wraz z procesem starzenia się społeczności miasta (tab. 51).

Wyniki analizy sumarycznej ryzyka zgonu w okresach zimnych w kolejnych dekadach dają obraz braku adaptacji mieszkańców Polski do warunków skrajnego zimy. W zależności od wykorzystanej definicji okresu zimnego RR było najwyższe w dekadzie 1975-1984 (A), w dekadzie 2005-2014 (B i E), czy na podobnym poziomie we wszystkich dekadach (C i D). W żadnym przypadku umieralność ogólna i z powodu chorób układu krążenia nie malała z czasem. Spadek umieralności był widoczny jest wśród zgonów z powodu chorób układu oddechowego, jednak wyniki te były statystycznie nieistotne (tab. 52; ryc. 78).

\*\*\*

W Regionie Świętokrzysko-małopolskim najwyższe ryzyko zgonów w okresach zimnych wystąpiło w dekadzie z najsroźszymi zimami (1985–1994) oraz w 2005–2014. W ostatnich latach wzrosty umieralności w okresach zimnych, pomimo, że wciąż wysokie i statystycznie istotne były jednak znacząco niższe w porównaniu z latami 1985–1994, sugerując proces adaptacji do warunków zimy.

W Regionie Centralnym, w Łodzi i Warszawie największy wzrost umieralności notowano w okresach zimnych w ostatniej dekadzie. W Poznaniu z kolei w ostatnich latach nie stwierdzono podwyższonego ryzyka zgonu w okresach zimnych, a najwyższe notowano w latach 1985–1994. Wrocław, najcieplejsze z badanych miast Regionu Centralnego, cechowała podwyższona umieralność w okresach zimnych. W niektórych miastach, jak Kraków czy Poznań zaznaczał się pewien proces adaptacji do warunków zimy, zaś w innych, jak Białystok, Łódź czy Warszawa – nie. Ogólnie w Polsce adaptacja do skrajnego zimy nie była widoczna

Tabela 43. Liczba okresów zimnych (l.o.) zdefiniowanych na 5 różnych sposobów (A-E) występujących w kolejnych dekadach okresu 1975-2014 oraz liczba dni nimi objęta

		75-84		85-94		95-04		05-14	
		l.o.	l.dni	l.o.	l.dni	l.o.	l.dni	l.o.	l.dni
Białystok	A	1	4	7	42	4	19	5	26
	B	6	20	5	33	5	23	5	29
	C	3	14	4	23	3	18	4	18
	D	13	106	10	125	12	105	10	103
	E	4	41	8	100	8	70	9	79
Gdańsk	A	1	3	3	10	0	0	1	3
	B	3	14	5	29	5	17	5	23
	C	5	16	5	24	7	26	5	24
	D	4	30	7	64	2	13	4	35
	E	7	61	6	106	7	64	9	94
Kraków	A	0	0	2	12	3	12	3	14
	B	5	20	6	28	4	21	4	26
	C	2	6	7	30	3	13	7	28
	D	6	54	10	102	6	48	5	50
	E	6	65	9	105	6	47	6	60



Lublin	A	1	3	4	23	3	14	4	21
	B	4	18	4	27	6	26	7	36
	C	5	17	7	31	4	14	5	24
	D	10	78	11	126	9	79	9	78
	E	8	70	9	113	9	78	7	70
Łódź	A	0	0	2	14	2	11	4	16
	B	4	16	4	25	5	24	8	33
	C	3	10	3	21	6	23	7	29
	D	4	29	8	84	7	54	7	63
	E	7	75	10	119	7	68	9	83
Poznań	A	1	3	3	13	1	5	2	6
	B	6	24	5	29	6	28	7	30
	C	5	18	7	41	5	20	5	25
	D	4	28	7	63	5	36	6	48
	E	8	81	8	117	7	67	9	82
Warszawa	A	1	3	3	17	2	10	4	18
	B	5	21	6	32	7	29	4	23
	C	2	8	5	24	5	19	4	23
	D	3	25	8	98	7	59	7	62
	E	8	77	8	100	7	67	9	78
Wrocław	A	0	0	2	10	0	0	0	0
	B	5	21	5	31	6	26	6	27
	C	6	20	7	29	7	24	7	27
	D	2	16	8	91	3	26	4	31
	E	9	96	10	100	6	56	8	59

Tabela 44. Białystok – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	A	0,85		1,09		1,86	*	1,37	*
ogółem 65+		0,71		1,06		1,82	*	1,45	*
ogółem M		0,67		1,12		1,44		1,21	
ogółem M 65+		0,53		1,12		1,33		1,30	
ogółem K		0,79		1,05		2,60	*	1,35	
ogółem K 65+		0,63		1,04		2,69	*	1,40	
kr		0,70		1,34	*	2,12	*	1,43	*
kr 65+		0,88		1,17		2,09	*	1,42	
kr M		0,71		1,59	*	1,48		1,18	
kr M 65+		1,34		1,28		1,46		1,19	
kr K		0,09		1,14		2,81	*	1,70	*
kr K 65+		0,08		1,08		2,74	*	1,64	*
odd		0,04		0,74		0,81		0,43	

odd 65+	A	.	0,71	0,43	0,23		
odd M		.	0,22 *	0,18	0,39		
odd M 65+		.	0,23	0,03	0,04		
odd K		.	2,12	1,73	0,35		
odd K 65+		.	1,86	1,24	0,31		
ogólem	B	1,07	1,00	1,87 *	1,38 *		
ogólem 65+		1,12	0,97	1,71 *	1,47 *		
ogólem M		1,06	1,06	1,51 *	1,18		
ogólem M 65+		1,07	1,07	1,33	1,30		
ogólem K		1,03	0,95	2,65 *	1,40 *		
ogólem K 65+		1,12	0,91	2,57 *	1,43 *		
kr		1,11	1,22	2,28 *	1,45 *		
kr 65+		1,32	1,08	2,12 *	1,44 *		
kr M		0,91	1,40	1,64	1,20		
kr M 65+		1,15	1,15	1,49	1,19		
kr K		1,20	1,06	3,11 *	1,70 *		
kr K 65+		1,34	1,01	2,89 *	1,66 *		
odd		0,75	0,71	0,97	0,65		
odd 65+		0,52	0,65	0,70	0,51		
odd M		0,24	0,41	0,77	0,56		
odd M 65+		0,34	0,47	0,33	0,24		
odd K		0,58	1,20	1,16	0,60		
odd K 65+		0,22	0,87	0,81	0,63		
ogólem		C	1,15	1,10	0,94	1,36 *	
ogólem 65+			1,27	1,16	0,87	1,51 *	
ogólem M	1,05		1,19	0,73	0,95		
ogólem M 65+	1,41		1,30	0,57	1,13		
ogólem K	1,18		1,00	1,33	1,54 *		
ogólem K 65+	1,10		1,07	1,28	1,61 *		
kr	1,34		1,31	1,26	1,56 *		
kr 65+	1,56		1,29	1,32	1,76 *		
kr M	1,26		1,64 *	0,92	1,18		
kr M 65+	2,03		1,60 *	1,15	1,45		
kr K	1,25		1,04	1,61	1,98 *		
kr K 65+	1,09		1,07	1,43	2,08 *		
odd	0,71		0,91	0,14	0,85		
odd 65+	0,64		0,80	0,11	0,66		
odd M	0,42		0,59	0,00	0,71		
odd M 65+	0,74		0,52	0,00	0,28		
odd K	0,15		1,37	0,65	0,92		
odd K 65+	0,08		1,11	0,42	0,96		
ogólem	D		1,05	1,09	1,18 *	1,16 *	
ogólem 65+			1,09	1,03	1,17	1,19 *	
ogólem M		1,04	1,09	1,14	1,00		

ogółem M 65+	D	1,09	1,09	1,13		1,04		
ogółem K		1,06	1,07	1,36	*	1,30	*	
ogółem K 65+		1,09	1,01	1,40	*	1,30	*	
kr		1,05	1,12	1,43	*	1,22	*	
kr 65+		1,11	1,06	1,49	*	1,26	*	
kr M		1,08	1,20	1,28		0,97		
kr M 65+		1,13	1,06	1,43	*	1,02		
kr K		1,02	1,04	1,59	*	1,45	*	
kr K 65+		1,08	1,05	1,60	*	1,45	*	
odd		1,11	1,03	0,75		0,84		
odd 65+		0,96	0,95	0,72		0,75		
odd M		0,96	0,72	0,65		0,72		
odd M 65+		1,04	0,76	0,89		0,51		
odd K		1,19	1,66	0,70		0,90		
odd K 65+		0,81	1,22	0,38		0,94		
ogółem		E	1,04	1,12	*	1,32	*	1,24
ogółem 65+	1,20		1,12	1,37	*	1,33	*	
ogółem M	0,97		1,11	1,22		1,04		
ogółem M 65+	1,33		1,15	1,30		1,20		
ogółem K	1,11		1,10	1,52	*	1,39	*	
ogółem K 65+	1,10		1,11	1,59	*	1,39	*	
kr	1,10		1,23	*	1,62	*	1,25	*
kr 65+	1,32		1,18		1,72	*	1,32	*
kr M	1,08		1,29	*	1,26		1,05	
kr M 65+	1,51		1,17		1,46		1,14	
kr K	1,13		1,17		1,98	*	1,42	*
kr K 65+	1,15		1,18		1,95	*	1,45	*
odd	1,03		0,96		0,90		0,93	
odd 65+	0,68		0,90		0,79		0,87	
odd M	0,67		0,56		0,77		0,74	
odd M 65+	0,63		0,61		1,10		0,56	
odd K	1,18	1,80		1,06		1,15		
odd K 65+	0,29	1,25		0,50		1,20		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; · brak zgonów

Tabela 45. Gdańsk – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach okresu 1975-2014

Rozpoznanie	Def.	75–84		85–94		95–04		05–14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	A	1,62		1,02		–		0,61		
ogółem 65+		1,17		0,85		–		0,49		
ogółem M		1,65		0,99		–		0,54		
ogółem M 65+		1,03		0,67		–		0,45		
ogółem K		1,44		1,03		–		0,65		
ogółem K 65+		1,14		1,04		–		0,51		
kr		1,33		0,69		–		0,86		
kr 65+		1,46		0,45		–		0,81		
kr M		0,69		0,47		–		1,03		
kr M 65+		0,60		0,24	*	–		0,71		
kr K		1,57		0,70		–		0,70		
kr K 65+		1,05		0,71		–		0,69		
odd		3,72		1,29		–		.		
odd 65+		.		2,06		–		.		
odd M		.		1,94		–		.		
odd M 65+		.		2,85		–		.		
odd K		26,59		0,42		–		.		
odd K 65+		.		0,64		–		.		
ogółem		B	1,23		1,08		1,25		1,00	
ogółem 65+			1,12		1,00		1,02		1,05	
ogółem M			1,30		1,02		1,39		0,88	
ogółem M 65+			1,19		0,85		1,35		0,92	
ogółem K			1,10		1,14		1,00		1,11	
ogółem K 65+	0,95			1,16		0,80		1,12		
kr	1,34			0,90		1,08		1,25		
kr 65+	1,32			0,69	*	0,97		1,29		
kr M	1,27			0,74		1,48		1,22		
kr M 65+	0,92			0,56	*	1,21		1,21		
kr K	1,40			0,91		0,76		1,27		
kr K 65+	1,31			0,86		0,79		1,35		
odd	3,67			1,66		1,25		1,09		
odd 65+	3,55			2,10	*	0,85		1,24		
odd M	1,85			1,68		2,91		1,54		
odd M 65+	3,16			1,92		2,53		2,17		
odd K	2,71			1,27		0,35		0,40		
odd K 65+	1,67			1,58		0,52		0,38		

ogółem	C	1,17	1,07	1,09	1,05		
ogółem 65+		1,31	1,09	1,05	1,11		
ogółem M		1,25	0,90	1,01	0,91		
ogółem M 65+		1,77	*	0,79	1,15	0,96	
ogółem K		1,06	1,28	1,09	1,22		
ogółem K 65+		0,91	1,42	*	1,03	1,25	
kr		1,39	1,08	1,20	1,15		
kr 65+		1,66	0,84	1,29	1,22		
kr M		1,57	0,79	1,20	1,14		
kr M 65+		1,94	0,72	1,24	1,19		
kr K		1,16	1,04	1,19	1,15		
kr K 65+		1,10	1,01	1,32	1,24		
odd		0,55	1,73	0,42	1,13		
odd 65+		0,45	2,30	*	0,43	1,08	
odd M		0,55	1,10	0,63	1,48		
odd M 65+		0,55	1,04	0,54	1,66		
odd K		0,46	1,97	0,37	0,32		
odd K 65+		0,19	2,79	*	0,59	0,30	
ogółem		D	1,11	1,18	*	1,10	1,02
ogółem 65+			1,18	1,19	*	1,04	1,07
ogółem M	1,07		1,10	1,08	0,93		
ogółem M 65+	1,23		1,00	1,19	0,96		
ogółem K	1,18		1,26	*	1,08	1,10	
ogółem K 65+	1,10		1,40	*	1,03	1,13	
kr	1,17		1,20	1,25	1,01		
kr 65+	1,26		0,98	1,42	1,06		
kr M	1,03		1,06	1,38	0,97		
kr M 65+	1,13		0,91	1,65	0,93		
kr K	1,33		1,16	1,08	1,03		
kr K 65+	1,26		1,09	1,13	1,13		
odd	1,12		1,92	*	0,01	0,88	
odd 65+	1,09		2,12	*	.	1,03	
odd M	1,27		1,75	*	0,04	1,28	
odd M 65+	1,41		1,75	*	.	1,54	
odd K	0,98		2,11	*	.	0,50	
odd K 65+	0,56		2,41	*	.	0,53	
ogółem	E		0,99	1,14	*	1,06	1,05
ogółem 65+			1,02	1,20	*	1,16	1,06
ogółem M		1,00	1,11	0,96	1,05		
ogółem M 65+		1,07	1,12	1,06	1,05		
ogółem K		0,97	1,18	*	1,14	1,05	
ogółem K 65+		0,96	1,29	*	1,22	1,08	
kr		1,03	1,14	1,07	1,11		
kr 65+		1,03	1,03	1,10	1,13		

kr M	E	1,09		1,06		1,02		1,11	
kr M 65+		0,99		1,02		1,12		1,13	
kr K		0,96		1,11		1,11		1,12	
kr K 65+		0,98		1,07		1,12		1,14	
odd		0,88		1,90 *		0,58		0,97	
odd 65+		0,71		2,13 *		0,60		0,93	
odd M		0,93		1,95 *		0,50		1,22	
odd M 65+		0,81		2,17 *		0,40		1,04	
odd K		0,80		1,86 *		0,80		0,76	
odd K 65+		0,49		2,11 *		0,98		0,83	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; – brak okresów zimnych, · brak zgonów

Tabela 46. Kraków – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	A	–		1,33 *		0,99		1,23 *		
ogółem 65+		–		1,40 *		1,00		1,18		
ogółem M		–		1,28		0,92		1,07		
ogółem M 65+		–		1,33		0,88		0,90		
ogółem K		–		1,35 *		1,04		1,34 *		
ogółem K 65+		–		1,44 *		1,15		1,33 *		
kr		–		1,56 *		1,06		1,20		
kr 65+		–		1,60 *		0,99		1,24		
kr M		–		1,32		1,03		0,95		
kr M 65+		–		1,33		0,87		0,91		
kr K		–		1,69 *		1,22		1,35		
kr K 65+		–		1,71 *		1,20		1,46 *		
odd		–		2,99 *		0,16		0,67		
odd 65+		–		3,19 *		·		0,52		
odd M		–		3,22 *		1,02		0,14		
odd M 65+		–		2,55		·		·		
odd K		–		2,23		·		1,40		
odd K 65+		–		3,55		·		1,68		
ogółem		B	1,11		1,22 *		0,93		1,17 *	
ogółem 65+			1,11		1,25 *		0,89		1,17 *	
ogółem M	0,86			1,20 *		0,94		1,09		
ogółem M 65+	0,99			1,26		0,97		1,02		
ogółem K	1,24			1,22 *		0,95		1,23 *		
ogółem K 65+	1,15			1,17		0,92		1,21 *		
kr	1,24			1,28 *		1,02		1,19 *		
kr 65+	1,28			1,33 *		0,97		1,21 *		
kr M	1,07			1,19		1,04		1,11		

kr M 65+	B	1,08	1,22	0,99	1,10		
kr K		1,28	1,25	1,13	1,21		
kr K 65+		1,15	1,36 *	1,10	1,26 *		
odd		0,95	1,54	0,83	0,90		
odd 65+		0,92	1,90	0,31	0,82		
odd M		0,55	1,87	1,45	0,28 *		
odd M 65+		0,78	1,75	0,56	0,04 *		
odd K		1,06	1,10	0,22	1,57		
odd K 65+		0,93	1,57	0,34	1,90		
ogółem	C	0,86	1,27 *	1,14	1,22 *		
ogółem 65+		0,84	1,34 *	1,16	1,21 *		
ogółem M		0,86	1,12	1,14	1,13		
ogółem M 65+		0,87	1,21	1,35	1,00		
ogółem K		0,90	1,41 *	1,13	1,30 *		
ogółem K 65+		0,84	1,44 *	1,09	1,31 *		
kr		0,79	1,31 *	1,03	1,28 *		
kr 65+		0,79	1,42 *	0,98	1,28 *		
kr M		0,70	1,15	1,08	1,07		
kr M 65+		0,88	1,18	1,22	0,98		
kr K		0,97	1,45 *	1,06	1,42 *		
kr K 65+		0,97	1,56 *	0,93	1,46 *		
odd		1,23	1,18	1,87	0,63		
odd 65+		0,67	1,51	3,40	0,53		
odd M		1,67	1,13	0,85	0,49		
odd M 65+		0,11	1,34	0,73	0,22 *		
odd K		1,15	1,10	5,62	0,49		
odd K 65+		0,78	1,43	16,72 *	0,63		
ogółem		D	0,98	1,10 *	1,06	1,09 *	
ogółem 65+			0,99	1,12 *	1,06	1,08	
ogółem M	0,92		1,07	1,06	1,10		
ogółem M 65+	1,01		1,11	1,11	1,07		
ogółem K	1,01		1,13 *	1,07	1,08		
ogółem K 65+	0,98		1,14 *	1,10	1,08		
kr	1,00		1,07	1,02	1,09		
kr 65+	1,02		1,10 *	1,00	1,12		
kr M	0,94		1,03	1,00	1,11		
kr M 65+	0,95		1,06	0,99	1,13		
kr K	1,06		1,04	1,13	1,09		
kr K 65+	1,02		1,12 *	1,11	1,11		
odd	0,82		1,14	1,14	0,92		
odd 65+	0,83		1,34	0,65	0,84		
odd M	0,67		1,14	1,36	0,66		
odd M 65+	0,81		1,42	0,92	0,39 *		
odd K	0,98		1,07	1,23	0,85		
odd K 65+	0,90		1,19	1,18	1,02		

ogółem	E	0,96	1,13	*	1,05	1,03	
ogółem 65+		0,98	1,17	*	1,06	1,01	
ogółem M		0,96	1,11	*	1,07	1,03	
ogółem M 65+		1,02	1,17	*	1,12	0,98	
ogółem K		0,95	1,14	*	1,06	1,04	
ogółem K 65+		0,93	1,14	*	1,08	1,11	
kr		0,99	1,10	*	1,02	1,06	
kr 65+		0,98	1,15	*	0,99	1,04	
kr M		0,95	1,09		1,03	1,06	
kr M 65+		0,94	1,14		1,02	1,04	
kr K		1,01	1,06		1,12	1,08	
kr K 65+		0,99	1,16	*	1,09	1,07	
odd		0,91	1,15		1,20	0,79	
odd 65+		0,83	1,38		0,68	0,72	
odd M		0,77	1,19		1,41	0,69	
odd M 65+		0,80	1,63		0,94	0,47	*
odd K		0,94	1,07		1,30	0,74	
odd K 65+		0,83	1,16		1,25	0,84	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; – brak okresów zimnych, · brak zgonów

Tabela 47. Lublin – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	A	2,01		1,07		0,56	*	0,93	
ogółem 65+		4,11	*	1,06		0,62		0,93	
ogółem M		1,19		0,89		0,38	*	0,93	
ogółem M 65+		2,48		0,77		0,43		0,96	
ogółem K		2,39		1,32		0,70		0,92	
ogółem K 65+		3,21	*	1,31		0,75		0,89	
kr		0,83		1,13		0,67		0,88	
kr 65+		1,46		1,27		0,74		0,85	
kr M		0,48		0,81		0,54		0,93	
kr M 65+		1,13		0,76		0,53		0,75	
kr K		1,04		1,39		0,74		0,84	
kr K 65+		1,63		1,49		0,83		0,83	
odd		4,38		0,92		0,37		0,48	
odd 65+		·		0,85		0,60		0,33	
odd M		·		1,13		·		0,13	
odd M 65+		·		1,41		·		0,08	
odd K		·		0,51		0,22		0,66	
odd K 65+		·		0,19		0,27		0,51	



ogółem	B	1,15	1,07	0,94	1,02		
ogółem 65+		1,36	1,11	0,90	1,05		
ogółem M		1,07	0,87	0,77	1,03		
ogółem M 65+		1,32	0,76	0,74	1,12		
ogółem K		1,21	1,34 *	1,12	0,99		
ogółem K 65+		1,17	1,39 *	1,00	0,97		
kr		1,03	1,19	0,98	1,06		
kr 65+		1,08	1,30	1,00	1,04		
kr M		1,18	0,82	0,85	1,19		
kr M 65+		1,24	0,77	0,80	1,08		
kr K		0,89	1,49 *	1,08	0,95		
kr K 65+		0,95	1,55 *	1,09	0,93		
odd		1,15	1,24	0,66	0,58		
odd 65+		0,76	1,29	0,60	0,60		
odd M		0,78	0,77	0,05	0,40		
odd M 65+		.	0,96	0,10	0,46		
odd K		1,44	1,69	1,08	0,68		
odd K 65+		1,57	1,47	0,72	0,69		
ogółem		C	1,12	1,13	1,02	0,98	
ogółem 65+			1,34	1,12	1,07	1,00	
ogółem M	1,17		0,91	0,69	1,00		
ogółem M 65+	1,37		0,77	0,94	1,06		
ogółem K	1,03		1,40 *	1,38	0,93		
ogółem K 65+	1,35		1,41 *	1,13	0,94		
kr	1,21		1,20	1,27	0,94		
kr 65+	1,44		1,25	1,42	0,92		
kr M	1,09		0,87	1,33	1,11		
kr M 65+	1,51		0,85	1,57	0,94		
kr K	1,22		1,47 *	1,20	0,83		
kr K 65+	1,39		1,45 *	1,27	0,85		
odd	1,21		1,35	0,95	0,45		
odd 65+	0,81		1,61	0,75	0,39		
odd M	0,87		0,64	0,00	0,09	*	
odd M 65+	0,41		0,75	0,00	0,05		
odd K	1,44		2,61	1,86	0,92		
odd K 65+	1,01		2,71	1,32	0,97		
ogółem	D		1,04	1,09	1,04	1,05	
ogółem 65+			1,16	1,15 *	1,07	1,08	
ogółem M		1,03	1,02	0,95	1,10		
ogółem M 65+		1,16	0,96	0,95	1,15		
ogółem K		1,01	1,18 *	1,16	1,00		
ogółem K 65+		1,11	1,30 *	1,16	1,03		
kr		1,01	1,15 *	1,12	1,12		
kr 65+		1,07	1,20 *	1,18	1,16		
kr M		0,99	1,04	1,03	1,25	*	

kr M 65+	D	1,04	0,98	1,06	1,29	*	
kr K		1,10	1,24	*	1,24	1,00	
kr K 65+		1,13	1,29	*	1,28	*	1,01
odd		1,45	0,87	1,02	0,66		
odd 65+		0,82	0,99	1,13	0,66		
odd M		1,33	0,60	0,49	0,43	*	
odd M 65+		0,84	0,66	0,65	0,39	*	
odd K		1,12	1,17	1,43	0,85		
odd K 65+		0,74	1,33	1,51	0,88		
ogółem		E	1,01	1,07	1,04	1,03	
ogółem 65+	1,03		1,14	*	1,09	1,08	
ogółem M	1,02		1,03	0,91	1,07		
ogółem M 65+	1,03		1,03	0,93	1,14		
ogółem K	0,96		1,12	1,20	*	0,98	
ogółem K 65+	1,01		1,22	*	1,22	*	1,03
kr	0,98		1,15	*	1,13	1,14	
kr 65+	0,98		1,21	*	1,21	1,14	
kr M	0,94		1,07	1,01	1,32	*	
kr M 65+	0,88		1,08	1,07	1,29	*	
kr K	1,05		1,21	*	1,28	*	0,99
kr K 65+	1,05		1,25	*	1,31	*	1,01
odd	1,07		0,94	0,99	0,53	*	
odd 65+	0,64		0,98	1,12	0,63		
odd M	1,03		0,82	0,40	0,38	*	
odd M 65+	0,65		0,84	0,55	0,51		
odd K	0,80		1,03	1,58	0,69		
odd K 65+	0,58		1,12	1,62	0,75		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; · brak zgonów

Tabela 48. Łódź – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem	A	-		1,12		0,87		1,47	*
ogółem 65+		-		1,15		0,94		1,36	*
ogółem M		-		1,05		0,61	*	1,53	*
ogółem M 65+		-		1,18		0,65		1,45	*
ogółem K		-		1,03		1,03		1,23	*
ogółem K 65+		-		1,12		0,93		1,23	
kr		-		1,05		0,75		1,54	*
kr 65+		-		1,04		0,83		1,44	*
kr M		-		1,14		0,37	*	1,65	*

kr M 65+		-	1,27	0,47	1,49	*		
kr K		-	0,98	0,94	1,31			
kr K 65+		-	0,92	0,88	1,33			
odd		-	0,99	1,44	1,18			
odd 65+		-	1,27	0,79	1,14			
odd M		-	1,48	0,66	1,39			
odd M 65+		-	1,49	0,13	1,65			
odd K		-	0,51	1,28	0,94			
odd K 65+		-	0,68	0,55	0,75			
ogółem		1,27	*	1,05	1,17	1,30	*	
ogółem 65+		1,22		1,09	1,09	1,29	*	
ogółem M		1,15		1,02	1,23	1,28	*	
ogółem M 65+		1,08		1,19	1,04	1,29	*	
ogółem K		1,28	*	0,97	1,05	1,20	*	
ogółem K 65+		1,28		1,03	0,98	1,21	*	
kr		1,42	*	1,05	1,02	1,38	*	
kr 65+		1,37	*	1,05	0,96	1,38	*	
kr M		1,33		1,18	0,97	1,32	*	
kr M 65+	B	1,40		1,32	*	0,89	1,30	*
kr K		1,36	*	0,96	0,90	1,31	*	
kr K 65+		1,15		0,93	0,89	1,34	*	
odd		1,10		0,72	1,92	1,23		
odd 65+		1,32		0,90	1,59	1,23		
odd M		1,19		0,96	3,19	*	1,39	
odd M 65+		1,19		1,01	2,84	*	1,53	
odd K		1,14		0,45	1,07	1,04		
odd K 65+		1,74		0,59	1,02	0,98		
ogółem		1,34	*	1,05	1,31	*	1,31	*
ogółem 65+		1,37	*	1,08	1,28	*	1,29	*
ogółem M		1,35	*	1,06	1,25	*	1,23	*
ogółem M 65+		1,44		1,22	1,17	1,20		
ogółem K		1,15		0,98	1,30	*	1,31	*
ogółem K 65+		1,19		1,00	1,23	1,30	*	
kr		1,50	*	1,04	1,28	*	1,44	*
kr 65+		1,39		1,04	1,29	*	1,45	*
kr M		1,50		1,17	1,11	1,35	*	
kr M 65+	C	1,38		1,34	*	1,11	1,30	
kr K		1,30		0,96	1,32	*	1,49	*
kr K 65+		1,18		0,90	1,32	*	1,51	*
odd		2,05		0,89	1,56	1,13		
odd 65+		2,43		1,12	1,50	1,10		
odd M		2,98	*	1,16	2,40	*	1,04	
odd M 65+		4,21	*	1,36	2,22	1,01		
odd K		1,25		0,54	1,13	1,16		
odd K 65+		1,35		0,67	1,03	1,09		

ogółem		1,18	*	1,09	*	1,18	*	1,20	*
ogółem 65+		1,24	*	1,09	*	1,18	*	1,21	*
ogółem M		1,20	*	1,06		1,17	*	1,16	*
ogółem M 65+		1,33	*	1,11	*	1,14		1,14	*
ogółem K		1,12		1,06		1,13		1,16	*
ogółem K 65+		1,15		1,09		1,10		1,18	*
kr		1,20	*	1,05		1,14		1,29	*
kr 65+		1,21	*	1,06		1,16	*	1,30	*
kr M		1,21		1,13	*	1,04		1,24	*
kr M 65+	D	1,16		1,19	*	1,07		1,20	*
kr K		1,14		1,02		1,11		1,26	*
kr K 65+		1,15		1,01		1,13		1,29	*
odd		1,30		0,94		1,21		1,21	
odd 65+		1,46		1,03		1,16		1,21	
odd M		1,45		0,99		1,78	*	1,38	*
odd M 65+		1,81	*	0,99		1,78		1,38	
odd K		1,33		0,89		0,88		1,06	
odd K 65+		1,32		0,98		0,86		1,06	
ogółem		1,09	*	1,08	*	1,15	*	1,14	*
ogółem 65+		1,08		1,09	*	1,18	*	1,14	*
ogółem M		1,06		1,06		1,12		1,14	*
ogółem M 65+		1,04		1,08		1,12		1,12	*
ogółem K		1,08		1,07	*	1,13		1,14	*
ogółem K 65+		1,10		1,11	*	1,13		1,14	*
kr		1,11	*	1,08	*	1,08		1,23	*
kr 65+		1,08		1,09	*	1,10		1,24	*
kr M		1,08		1,11	*	1,05		1,23	*
kr M 65+	E	1,05		1,13	*	1,05		1,22	*
kr K		1,10		1,08		1,02		1,23	*
kr K 65+		1,08		1,10	*	1,05		1,24	*
odd		1,21		0,97		1,33		1,15	
odd 65+		1,29		1,06		1,37		1,08	
odd M		1,24		0,93		1,57	*	1,20	
odd M 65+		1,36		0,96		1,60		1,16	
odd K		1,15		1,05		1,16		1,11	
odd K 65+		1,23		1,17		1,26		1,03	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; – brak okresów zimnych

Tabela 49. Poznań – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	A	1,51		1,16		·		1,16		
ogółem 65+		1,43		1,15		·		1,32		
ogółem M		1,75		1,07		·		0,97		
ogółem M 65+		1,74		0,90		·		1,11		
ogółem K		1,10		1,24		·		1,48		
ogółem K 65+		0,99		1,36	*	·		1,34		
kr		1,10		1,31	*	·		1,39		
kr 65+		1,08		1,29		·		1,52		
kr M		1,80		1,42		·		1,65		
kr M 65+		2,11		1,33		·		2,13		
kr K		0,61		1,28		·		1,22		
kr K 65+		0,46		1,46	*	·		1,20		
odd		9,77	*	0,72		·		0,94		
odd 65+		12,14	*	0,68		·		0,55		
odd M		3,68		0,56		·		0,48		
odd M 65+		7,64		0,57		·		0,30		
odd K		5,06		0,64		·		0,41		
odd K 65+		7,74		0,56		·		0,46		
ogółem		B	1,07		1,03		1,21	*	1,06	
ogółem 65+			1,18		1,12		1,36	*	1,09	
ogółem M	1,16			0,99		1,18		1,01		
ogółem M 65+	1,30			1,03		1,47	*	0,95		
ogółem K	0,95			1,02		1,17		1,11		
ogółem K 65+	1,03			1,14		1,26		1,16		
kr	0,97			1,09		1,34	*	1,04		
kr 65+	1,02			1,13		1,42	*	1,06		
kr M	1,09			1,20		1,19		1,08		
kr M 65+	1,19			1,31	*	1,47		1,09		
kr K	0,89			0,98		1,37		1,00		
kr K 65+	0,91			1,15		1,33		1,05		
odd	1,02			1,11		1,36		0,97		
odd 65+	1,38			1,47		1,61		0,92		
odd M	1,05			1,22		2,05		0,44		
odd M 65+	1,55			1,36		4,01	*	0,37		
odd K	1,11			1,30		0,91		1,50		
odd K 65+	1,35			1,39		0,69		1,51		
ogółem	C		1,17		1,14	*	1,22		1,01	
ogółem 65+			1,25	*	1,20	*	1,41	*	1,01	
ogółem M		1,30	*	1,18	*	1,11		0,98		

ogółem M 65+	C	1,49	*	1,19		1,41		0,87	
ogółem K		0,99		1,14		1,27		1,04	
ogółem K 65+		1,01		1,22	*	1,42	*	1,08	
kr		1,10		1,27	*	1,28		1,10	
kr 65+		1,15		1,32	*	1,40	*	1,14	
kr M		1,30		1,40	*	1,06		0,99	
kr M 65+		1,40		1,54	*	1,34		0,96	
kr K		0,88		1,23	*	1,42		1,17	
kr K 65+		0,90		1,33	*	1,44		1,22	
odd		1,97		0,99		1,80		1,02	
odd 65+		2,23		0,98		2,03		0,86	
odd M		2,06		0,88		2,98		0,87	
odd M 65+		2,87	*	0,94		4,29	*	0,50	
odd K		1,05		1,22		1,13		1,09	
odd K 65+		1,14		1,11		1,00		1,10	
ogółem		D	1,20	*	1,06		1,06		1,02
ogółem 65+	1,27		*	1,10		1,14		1,02	
ogółem M	1,21		*	1,11		1,04		0,98	
ogółem M 65+	1,35		*	1,09		1,21		0,87	
ogółem K	1,16			1,01		1,02		1,07	
ogółem K 65+	1,18			1,09		1,08		1,11	
kr	1,25		*	1,14	*	1,07		1,08	
kr 65+	1,25		*	1,14		1,14		1,06	
kr M	1,36		*	1,28	*	0,95		1,04	
kr M 65+	1,43		*	1,36	*	1,13		0,92	
kr K	1,11			1,02		1,10		1,12	
kr K 65+	1,09			1,13		1,11		1,14	
odd	1,73			1,01		1,12		0,89	
odd 65+	2,11		*	1,19		1,11		0,81	
odd M	1,85			1,10		1,85		0,68	
odd M 65+	2,34		*	1,28		2,55		0,48	
odd K	1,28		1,05		0,58		1,07		
odd K 65+	1,67		1,10		0,45		1,13		
ogółem	E	1,04		1,08	*	1,05		1,02	
ogółem 65+		1,06		1,14	*	1,12		0,99	
ogółem M		1,06		1,14	*	1,00		1,02	
ogółem M 65+		1,10		1,19	*	1,11		0,95	
ogółem K		1,02		1,03		1,09		1,02	
ogółem K 65+		1,03		1,09		1,14		1,03	
kr		1,02		1,15	*	1,11		1,07	
kr 65+		1,00		1,17	*	1,15		1,04	
kr M		1,04		1,26	*	1,03		1,09	
kr M 65+		1,01		1,34	*	1,11		1,00	
kr K	1,01		1,06		1,16		1,07		

kr K 65+	E	1,00		1,13 *	1,17		1,07	
odd		1,17		0,99	0,97		0,93	
odd 65+		1,43 *		1,07	1,05		0,88	
odd M		1,30		1,10	1,26		0,76	
odd M 65+		1,52		1,18	1,55		0,64	
odd K		1,09		0,99	0,77		1,12	
odd K 65+		1,32		1,01	0,71		1,11	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; · brak informacji o zgonach na początku 1997 r.

Tabela 50. Warszawa – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	A	1,10		1,11		0,75	*	1,17	*	
ogółem 65+		0,98		1,07		0,82		1,09		
ogółem M		1,13		1,24	*	0,55	*	1,25	*	
ogółem M 65+		0,83		1,24	*	0,54	*	1,15		
ogółem K		1,00		1,12		0,96		1,11		
ogółem K 65+		1,08		1,15		1,08		1,09		
kr		0,96		1,07		0,71		1,13		
kr 65+		0,81		1,09		0,72		1,05		
kr M		1,02		1,17		0,52	*	1,48	*	
kr M 65+		0,69		1,26	*	0,49	*	1,27		
kr K		1,00		1,12		0,93		0,95		
kr K 65+		1,00		1,20		0,99		0,90		
odd		0,47		1,30		1,99		0,84		
odd 65+		0,36		1,17		1,98		0,85		
odd M		0,35		1,26		0,45		0,88		
odd M 65+		0,15		1,08		0,08		0,78		
odd K		0,38		1,27		2,26		0,85		
odd K 65+		0,34		1,10		2,59		0,88		
ogółem		B	1,08		1,06		0,90		1,14	*
ogółem 65+			1,10		1,06		0,93		1,09	
ogółem M	1,02			1,19	*	0,93		1,17	*	
ogółem M 65+	1,05			1,19	*	0,93		1,07		
ogółem K	1,11			1,05		1,02		1,13	*	
ogółem K 65+	1,16			1,11		1,00		1,14		
kr	1,16			1,02		0,91		1,12		
kr 65+	1,17			1,04		0,90		1,06		
kr M	1,19			1,14		0,90		1,41	*	
kr M 65+	1,23			1,19	*	0,88		1,22		
kr K	1,15			1,03		1,08		0,98		
kr K 65+	1,17			1,11		1,12		0,93		
odd	0,51		*	1,30		1,01		0,88		

odd 65+	B	0,46	*	1,33		1,07		0,96		
odd M		0,48		1,38		1,01		0,95		
odd M 65+		0,46		1,35		0,88		0,92		
odd K		0,43	*	1,07		1,00		0,88		
odd K 65+		0,41		1,03		1,07		0,99		
ogólem	C	1,10		1,06		1,01		1,11	*	
ogólem 65+		1,10		1,04		1,05		1,08		
ogólem M		1,11		1,14	*	1,06		1,16	*	
ogólem M 65+		1,13		1,18	*	1,11		1,09		
ogólem K		1,02		1,10		1,13		1,07		
ogólem K 65+		1,09		1,16	*	1,09		1,08		
kr		1,21		1,06		0,97		1,12		
kr 65+		1,20		1,07		0,99		1,06		
kr M		1,31		1,18	*	0,99		1,33	*	
kr M 65+		1,24		1,25	*	1,03		1,21		
kr K		1,16		1,08		1,13		1,01		
kr K 65+		1,21		1,19	*	1,17		0,94		
odd		0,39		1,20		1,60		0,95		
odd 65+		0,34		1,10		1,57		0,94		
odd M		0,36		1,23		1,73		0,92		
odd M 65+		0,25		1,04		1,35		0,89		
odd K		0,28		1,22		1,61		0,95		
odd K 65+		0,32		1,13		1,66		0,97		
ogólem		D	1,16	*	1,02		0,95		1,08	*
ogólem 65+			1,16	*	1,02		0,99		1,05	
ogólem M	1,03			1,06		1,00		1,14	*	
ogólem M 65+	0,99			1,06		1,05		1,09		
ogólem K	1,21		*	1,02		1,01		1,04		
ogólem K 65+	1,23		*	1,04		1,00		1,04		
kr	1,20		*	1,01		0,92		1,09	*	
kr 65+	1,18		*	1,01		0,93		1,05		
kr M	1,04			1,01		0,94		1,26	*	
kr M 65+	1,03			1,02		1,01		1,16	*	
kr K	1,34		*	1,03		1,06		1,00		
kr K 65+	1,30		*	1,05		1,06		0,98		
odd	1,09			1,23	*	1,31	*	1,00		
odd 65+	1,08			1,24	*	1,28		1,04		
odd M	0,98			1,34	*	1,25		1,04		
odd M 65+	0,83			1,38	*	1,06		1,02		
odd K	0,96			1,09		1,44	*	0,98		
odd K 65+	1,09			1,05		1,45	*	1,03		
ogólem	E		1,06	*	1,02		0,97		1,06	*
ogólem 65+			1,04		1,01		1,01		1,04	
ogólem M		1,05		1,06		1,00		1,14	*	



ogółem M 65+	E	1,03		1,07		1,06		1,14	*
ogółem K		1,04		1,01		1,01		1,00	
ogółem K 65+		1,04		1,03		1,00		1,00	
kr		1,10	*	1,01		0,96		1,06	
kr 65+		1,09	*	1,01		0,98		1,03	
kr M		1,09		1,04		0,95		1,23	*
kr M 65+		1,09		1,05		1,01		1,20	*
kr K		1,10	*	1,01		1,07		0,96	
kr K 65+		1,10		1,04		1,07		0,93	
odd		0,77	*	1,21	*	1,13		1,05	
odd 65+		0,71	*	1,21		1,07		1,05	
odd M		0,79		1,35	*	1,17		1,13	
odd M 65+		0,75		1,35	*	0,97		1,09	
odd K		0,64	*	1,06		1,16		0,97	
odd K 65+		0,62	*	1,04		1,14		0,98	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$

Tabela 51. Wrocław – ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) oraz w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych występujących w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14		
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*	
ogółem	A	-		1,03		-		-		
ogółem 65+		-		1,13		-		-		
ogółem M		-		1,02		-		-		
ogółem M 65+		-		1,11		-		-		
ogółem K		-		1,03		-		-		
ogółem K 65+		-		1,08		-		-		
kr		-		1,04		-		-		
kr 65+		-		1,06		-		-		
kr M		-		0,82		-		-		
kr M 65+		-		0,84		-		-		
kr K		-		1,18		-		-		
kr K 65+		-		1,17		-		-		
odd		-		0,80		-		-		
odd 65+		-		0,73		-		-		
odd M		-		0,66		-		-		
odd M 65+		-		0,79		-		-		
odd K		-		0,27		-		-		
odd K 65+		-		0,01		-		-		
ogółem		B	0,96		1,00		1,15		1,08	
ogółem 65+			0,99		1,03		1,15		1,12	
ogółem M	0,96			0,97		0,97		1,19		

ogółem M 65+	B	1,04	0,93	1,03	1,20		
ogółem K		0,91	1,02	1,42	*	1,01	
ogółem K 65+		0,90	1,05	1,50	*	1,01	
kr		1,08	1,01	1,37	*	1,16	
kr 65+		0,95	0,97	1,29		1,15	
kr M		1,16	0,83	0,98		1,21	
kr M 65+		0,86	0,76	0,91		1,15	
kr K		0,96	1,18	1,64	*	1,17	
kr K 65+		0,98	1,12	1,50		1,16	
odd		1,21	0,73	2,35		1,00	
odd 65+		0,81	0,51	1,20		0,85	
odd M		0,83	1,01	5,04	*	0,74	
odd M 65+		0,81	0,86	3,70		0,20	
odd K		1,66	0,26	*	0,32	0,83	
odd K 65+		0,70	0,16	0,40		0,97	
ogółem		C	0,88	1,12	1,17	1,15	*
ogółem 65+	0,98		1,18	1,18		1,16	
ogółem M	0,83		1,25	0,99		1,20	
ogółem M 65+	1,05		1,40	*	1,04	1,13	
ogółem K	0,91		1,01	1,48	*	1,12	
ogółem K 65+	0,89		1,03	1,53	*	1,14	
kr	1,02		1,19	1,49	*	1,30	*
kr 65+	0,92		1,16	1,48	*	1,31	*
kr M	1,04		1,35	1,27		1,31	
kr M 65+	0,89		1,42	1,32		1,29	
kr K	0,96		1,08	1,74	*	1,32	*
kr K 65+	0,93		1,05	1,66	*	1,33	*
odd	1,94		1,61	0,90		0,89	
odd 65+	1,25		1,19	0,54		0,68	
odd M	1,70		1,15	1,41		0,56	
odd M 65+	1,43		0,61	0,79		0,13	*
odd K	1,92	2,75	0,58		0,93		
odd K 65+	1,07	3,74	0,63		0,98		
ogółem	D	1,02	1,07	0,92	1,06		
ogółem 65+		1,05	1,13	*	0,95	1,10	
ogółem M		1,04	1,11	0,72	*	1,15	
ogółem M 65+		1,22	1,19	*	0,84	1,17	
ogółem K		0,97	1,02	1,26	*	0,99	
ogółem K 65+		0,97	1,06	1,25		1,01	
kr		1,04	1,12	*	1,27	*	1,03
kr 65+		0,94	1,13	*	1,24		1,04
kr M		1,17	1,16	*	0,91		1,03
kr M 65+		0,98	1,22	*	0,88		1,02
kr K		0,89	1,09		1,53	*	1,06

kr K 65+		0,89	1,09	1,41 *	1,07	
odd		2,29 *	1,32	0,93	0,89	
odd 65+		1,52	1,27	0,60	0,80	
odd M		3,47 *	1,26	1,10	0,75	
odd M 65+		3,74 *	1,12	0,73	0,38	
odd K		1,05	1,43	0,39	0,94	
odd K 65+		0,60	1,88	0,42	1,07	
ogółem		0,96	1,04	1,02	1,12 *	
ogółem 65+		0,99	1,13 *	1,05	1,15 *	
ogółem M		0,94	1,03	1,02	1,12	
ogółem M 65+		1,03	1,14	1,09	1,15 *	
ogółem K		0,99	1,05	1,06	1,14 *	
ogółem K 65+		1,02	1,10	1,12	1,15 *	
kr		1,07	1,10	1,10	1,16 *	
kr 65+		1,02	1,12 *	1,11	1,18 *	
kr M		1,05	1,06	1,07	1,14	
kr M 65+	E	0,91	1,15	1,09	1,17	
kr K		1,09	1,12	1,08	1,22 *	
kr K 65+		1,11	1,12	1,08	1,24 *	
odd		1,19	1,24	0,94	1,12	
odd 65+		1,09	1,32	0,81	1,13	
odd M		1,27	1,13	1,00	0,97	
odd M 65+		1,43	1,09	0,89	0,74	
odd K		1,07	1,49	0,73	1,43	
odd K 65+		0,80	2,10 *	0,79	1,61	

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$ ; – brak okresów zimnych

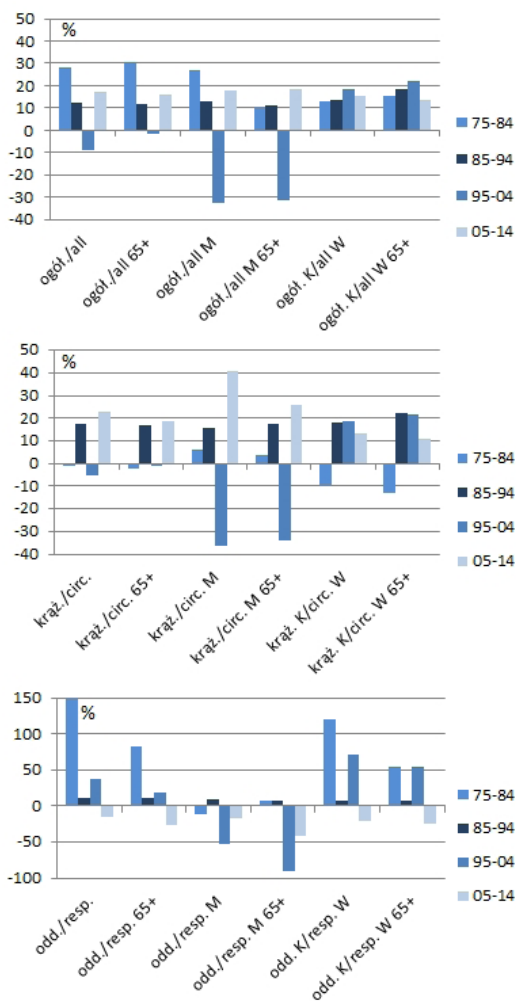
Tabela 52. Ryzyko względne zgonu ogółem, z powodu chorób układu krążenia (kr) i układu oddechowego (odd) z wszystkich analizowanych miast wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), w tym w wieku powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych w kolejnych dekadach

Rozpoznanie	Def.	75-84		85-94		95-04		05-14	
		RR	*	RR	*	RR	*	RR	*
ogółem		1,28	*	1,13	*	0,91		1,17	
ogółem 65+		1,30		1,12	*	0,98		1,16	
ogółem M		1,27		1,13	*	0,68		1,18	
ogółem M 65+		1,10		1,11		0,69		1,18	*
ogółem K		1,13		1,13	*	1,18		1,15	*
ogółem K 65+		1,15		1,18	*	1,22		1,14	
kr	A	0,99		1,18	*	0,95		1,23	*
kr 65+		0,98		1,17	*	0,99		1,19	
kr M		1,06		1,16		0,64		1,41	*
kr M 65+		1,04		1,17		0,66		1,26	*
kr K		0,91		1,18	*	1,19		1,13	
kr K 65+		0,87		1,22	*	1,21		1,11	

odd	A	2,48		1,11		1,38		0,85	
odd 65+		1,83		1,11		1,19		0,74	
odd M		0,88		1,09		0,46		0,83	
odd M 65+		1,08		1,07		0,09		0,59	
odd K		2,19		1,07		1,72		0,80	
odd K 65+		1,54		1,07		1,55		0,76	
ogółem	B	1,11	*	1,07	*	1,16	*	1,13	*
ogółem 65+		1,13	*	1,09	*	1,13		1,14	*
ogółem M		1,05		1,06		1,12		1,12	*
ogółem M 65+		1,10		1,06		1,13		1,11	*
ogółem K		1,10	*	1,08	*	1,22	*	1,13	*
ogółem K 65+		1,11	*	1,13	*	1,19		1,14	*
kr		1,16	*	1,09	*	1,19		1,18	*
kr 65+		1,16	*	1,08		1,15		1,18	*
kr M		1,18	*	1,06		1,05		1,24	*
kr M 65+		1,18	*	1,06		1,04		1,18	*
kr K		1,11		1,11		1,25		1,14	*
kr K 65+		1,09		1,14	*	1,22		1,15	*
odd		0,95		1,10		1,30		0,97	
odd 65+		0,98		1,23		1,20		0,97	
odd M		0,81		1,21		1,97	*	0,83	
odd M 65+		0,94		1,28		1,79		0,65	
odd K		0,97		0,99		0,94		0,95	
odd K 65+		0,96		1,08		0,97		1,01	
ogółem	C	1,10	*	1,13	*	1,15	*	1,13	*
ogółem 65+		1,16	*	1,16	*	1,18	*	1,14	*
ogółem M		1,12		1,12	*	1,08		1,11	*
ogółem M 65+		1,27	*	1,16	*	1,17	*	1,07	
ogółem K		1,02		1,16	*	1,25	*	1,16	*
ogółem K 65+		1,04		1,22	*	1,21	*	1,17	*
kr		1,17	*	1,18	*	1,21	*	1,21	*
kr 65+		1,19	*	1,19	*	1,23	*	1,22	*
kr M		1,25	*	1,20	*	1,11		1,22	*
kr M 65+		1,31	*	1,28	*	1,19	*	1,17	*
kr K		1,06		1,17	*	1,33	*	1,23	*
kr K 65+		1,03		1,21	*	1,33	*	1,25	*
odd		1,28		1,14		1,38	*	0,98	
odd 65+		1,10		1,17		1,24		0,91	
odd M		1,36		1,07		1,87	*	0,89	
odd M 65+		1,25		1,02		1,59		0,64	
odd K		0,98		1,29		1,27		0,94	
odd K 65+		0,81		1,34		1,25		0,94	
ogółem	D	1,09	*	1,08	*	1,04		1,08	*
ogółem 65+		1,16	*	1,10	*	1,06		1,10	*
ogółem M		1,07	*	1,07	*	1,01		1,08	*

ogółem M 65+	D	1,16	*	1,09	*	1,07		1,07	*
ogółem K		1,10	*	1,08	*	1,11	*	1,08	*
ogółem K 65+		1,14	*	1,13	*	1,11	*	1,10	*
kr		1,13	*	1,09	*	1,11		1,12	*
kr 65+		1,15	*	1,09	*	1,15	*	1,13	*
kr M		1,10	*	1,11	*	1,00		1,15	*
kr M 65+		1,12		1,12	*	1,07		1,12	*
kr K		1,14	*	1,08	*	1,20	*	1,10	
kr K 65+		1,15	*	1,10	*	1,19	*	1,12	*
odd		1,29	*	1,16		1,17		1,00	
odd 65+		1,21		1,25	*	1,12		1,00	
odd M		1,39	*	1,14		1,18		0,87	
odd M 65+		1,44		1,22	*	1,17		0,73	
odd K		1,11		1,19		1,12		1,00	
odd K 65+		1,03		1,27	*	1,00		1,05	
ogółem		E	1,03		1,08	*	1,07	*	1,09
ogółem 65+	1,04		*	1,11	*	1,11	*	1,10	*
ogółem M	1,02			1,08	*	1,04		1,10	*
ogółem M 65+	1,04			1,11	*	1,10	*	1,10	*
ogółem K	1,02			1,07	*	1,11	*	1,09	*
ogółem K 65+	1,03			1,12	*	1,14	*	1,10	*
kr	1,06		*	1,10	*	1,10	*	1,14	*
kr 65+	1,04			1,11	*	1,13	*	1,14	*
kr M	1,05			1,11	*	1,04		1,18	*
kr M 65+	1,03			1,13	*	1,08	*	1,17	*
kr K	1,06		*	1,07	*	1,16	*	1,13	*
kr K 65+	1,05			1,11	*	1,17	*	1,14	*
odd	1,00			1,15		1,09		1,04	
odd 65+	0,94			1,23	*	1,03		1,03	
odd M	1,05			1,14		1,10		1,03	
odd M 65+	1,07			1,22		1,05		0,95	
odd K	0,89		1,19		1,11		1,02		
odd K 65+	0,84		1,27	*	1,11		1,05		

\* istotność statystyczna na poziomie  $p < 0,05$

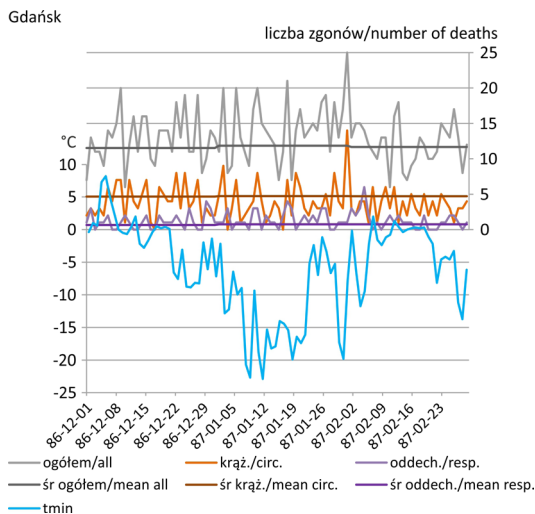
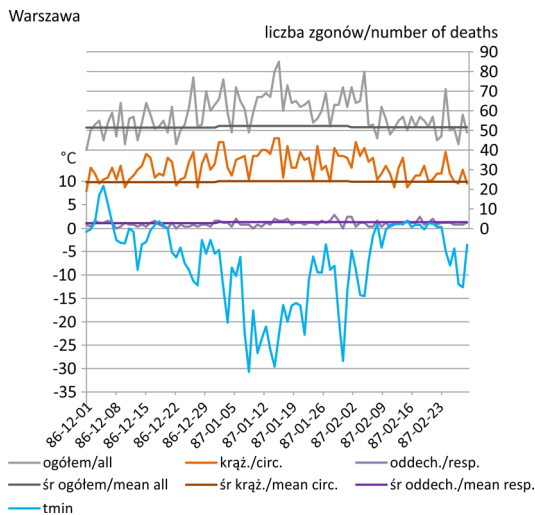


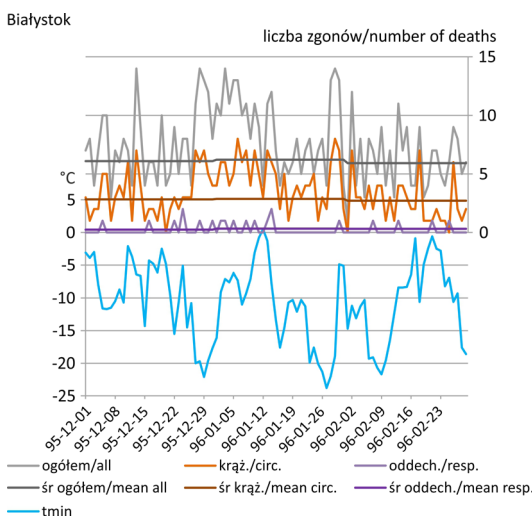
Ryc. 78. Ryzyko względne zgonu (%) ogółem (ogół.), z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (odd.) we wszystkich analizowanych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), w tym powyżej 65 r.ż. (65+) w falach mrozów (definicja A) w kolejnych dekadach

Fig. 78. The relative risk of death (RR) from all causes (all), from circulatory disease (circ.) and respiratory diseases (resp.) of 8 analysed cities among women (W) and men (M), also above 65 years of age (65+) during cold waves (definition A) in the following decades

## 8.2. PRZYKŁADY WPŁYWU TEMPERATURY POWIETRZA NA ZGONY W WYBRANYCH ZIMACH

Uzupełnieniem opisu ryzyka zgonu w okresach zimnych są przykładowe przebiegi temperatury minimalnej i dobowej sumy zgonów w kilku miastach, w szczególnie mroźnych miesiącach (ryc. 79). Takimi wyjątkowo zimnymi okresami był początek 1987 r. oraz przełom lat 1995 i 1996.





Ryc. 79. Zima 1986/87 w Warszawie i Gdańsku oraz zima 1995/96 w Białymstoku: temperatura minimalna (tmin), liczba zgonów ogółem, z powodu chorób układu krążenia (krąż.) i układu oddechowego (oddech.) wraz ze średnią z 40-letniej dla odpowiednich miesięcy (śr.)

Fig. 79. Winter 1986/87 in Warsaw and Gdańsk and 1995/96 in Białystok: minimum air temperature (tmin), number of deaths from all causes (all), from circulatory (circ.) and respiratory (resp.) diseases with average number of deaths for December-February of 1975–2014 (mean)

W Warszawie pod koniec grudnia 1986 r. spadkowi temperatury powietrza towarzyszył silny wzrost umieralności, która przy średniej z grudnia wynoszącej 51 zgonów ogółem na dobę wzrosła do 70–77 dziennie, zaś z powodu chorób układu krążenia do 38 dziennie przy średniej niespełna 24 zgony na dobę. Gdy w kolejnych dniach, na początku stycznia 1987 r. temperatura powietrza spadła do  $-30,7^{\circ}\text{C}$  i przez kilka dni utrzymywała się poniżej  $-20^{\circ}\text{C}$ , 15 stycznia liczba zgonów sięgnęła 85, w tym 46 na choroby układu krążenia i 5 na choroby układu oddechowego (ryc. 79). Wraz ze wzrostem temperatury powietrza do  $0^{\circ}\text{C}$  na początku lutego umieralność zmalała i zbliżyła się do średniej. Kolejny spadek w ostatnich dniach lutego ponownie zaznaczył się we wzroście liczby zgonów.

Mroźna pogoda w Gdańsku na początku 1987 r., z temperaturą sięgającą  $-23,0^{\circ}\text{C}$  także znalazła odzwierciedlenie we wzroście umieralności do 20–25 zgonów ogółem na dobę, podczas gdy średnia w styczniu wynosiła niespełna 12 zgonów. Podobnie notowano 3–4 zgony na choroby układu oddechowego, przy średniej w styczniu 0,7 na dzień. Zgony te były wyraźnie powiązane z wahaniami temperatury minimalnej powietrza. Wzrost temperatury w lutym, podobnie jak w Warszawie, współgrał ze spadkiem umieralności poniżej poziomu średniego, zwłaszcza w przypadku zgonów z powodu chorób układu krążenia (ryc. 79).

Przykład zimy 1995/96 w Białymstoku, pomimo, że nie obejmował skrajnie niskich wartości temperatury powietrza (temperatura minimalna  $-22,1^{\circ}\text{C}$  bywa często notowana w tej części Polski), dobrze obrazował wzrost umieralności

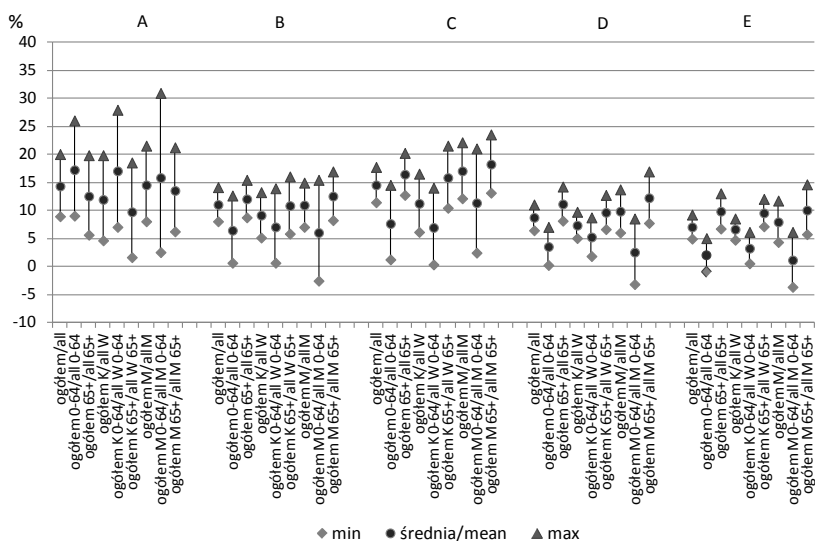


wraz z nagłym spadkiem temperatury i utrzymywanie się podwyższonej umieralności przez cały okres bardzo mroźny. Spadek temperatury pod koniec grudnia skutkował natychmiastowym wzrostem dobowej liczby zgonów ogółem do 11–14 (przy średniej z wielolecia 6,1) i wzrostu do 6–7 zgonów w ciągu dnia z powodu chorób układu krążenia, przy oczekiwanej 2,8. Kolejna fala mrozów pod koniec stycznia 1996 r. spowodowała ponowny wzrost dobowych liczb zgonów. Wzrostom temperatury powietrza w Białymstoku towarzyszyły wyraźne spadki umieralności, podobnie jak w opisanych przypadkach w Warszawie i Gdańsku.

### 8.3. ANALIZA SUMARYCZNA WPŁYWU OKRESÓW ZIMNYCH NA ZGONY

Analiza łączna umieralności w okresach zimnych we wszystkich miastach, w całym okresie 1975–2014, wykazała, że najwyższe wzrosty RR notowano w okresach wydzielonych według kryterium 1 centyla temperatury minimalnej, liczonego dla kolejnych dekad (definicja C), zaś w drugiej kolejności w ciągach dni bardzo mroźnych (definicja A).

Jednak niezależnie od przyjętej definicji prawie wszystkie wzrosty RR ogółem i z powodu krążenia w okresach zimnych były istotne statystycznie. Wyjątek stanowiła umieralność mężczyzn poniżej 65 r.ż., która zazwyczaj nie osiągała istotności statystycznej. Z kolei wzrosty i spadki RR z powodu chorób układu oddechowego w okresach zimnych były w znaczącej większości statystycznie nieistotne (ryc. 80–82).

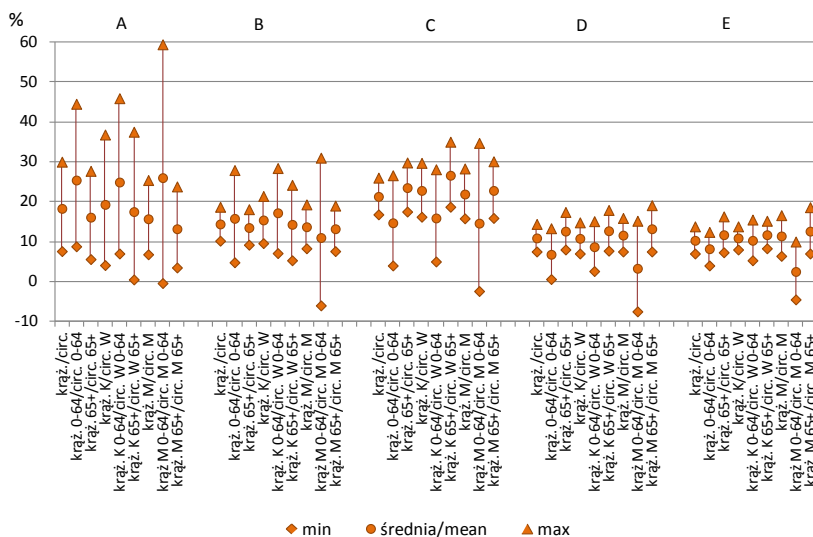


Ryc. 80. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu (%) z ogółu przyczyn (ogółem) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych (definicje A-E)

Fig. 80. Meta-analysis – minimum, mean and maximum relative risk of death (%) from all causes (all) among women (W) and men (M) below (0–64) and above 65 years of age (65+) during cold periods (definitions A-E)

Średni wzrost RR ogółem w okresach zimnych wyznaczonych według 1 centyla  $t_{\min}$  wyniósł 14,6%, a 16,5% wśród osób 65+. Wyższy był wśród mężczyzn – 17,1% (18,3% wśród mężczyzn 65+), niż kobiet – 11,3% (15,9% wśród kobiet 65+). W co najmniej 3-dniowych ciągach dni bardzo mroźnych (definicja A) wzrost RR ogółem wyniósł 14,4%. Podobnie jak w przypadku definicji C znacząco wyższy był wśród mężczyzn w wieku powyżej 65 r.ż. – 13,6% w porównaniu do kobiet w tym wieku – 9,8%, co potwierdza opisywaną w przeglądzie literatury lepszą adaptację organizmu kobiet do warunków zimna, a być może także bardziej racjonalne zachowania kobiet w dostosowaniu się do tych warunków i unikanie zachowań niebezpiecznych. W okresach wyznaczonych pozostałymi definicjami wzrost RR ogółem wyniósł: w przypadku B – 11,1%, D – 8,8%, E – 7,1% w porównaniu do wartości oczekiwanej w danym czasie (ryc. 80).

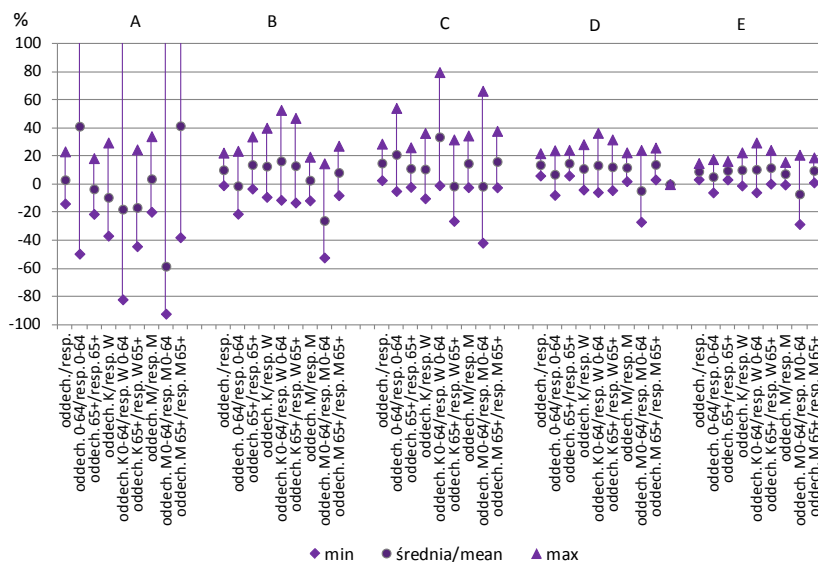
Wzrost ryzyka względnego zgonu z powodu chorób układu krążenia niezależnie od wieku i płci był najwyższy w okresach zimnych wyznaczonych według definicji C i wyniósł 21,3% (23,5% wśród osób 65+). Wzrost umieralności na choroby układu krążenia, w przeciwieństwie do ogólnej, wśród kobiet był odrobinę wyższy (22,8%) w porównaniu do mężczyzn (21,9%). Wzrost umieralności z przyczyn chorób układu krążenia w falach mrozów (definicja A) wyniósł 18,3% (19,3% wśród kobiet i 15,7% wśród mężczyzn). W przypadku definicji B – 14,4%, D – 10,9%, E – 10,3% (ryc. 81).



Ryc. 81. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu (%) z powodu chorób układu krążenia (krąż.) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych (definicje A-E)

Fig. 81. Meta-analysis – minimum, mean and maximum relative risk of death (%) from circulatory diseases (circ.) among women (W) and men (M) below (0–64) and above 65 years of age (65+) during cold periods (definitions A-E)

Średnie RR z powodu chorób układu oddechowego było zazwyczaj wyższe od oczekiwanego, jednak tylko w nielicznych przypadkach osiągało istotność statystyczną – głównie w przypadku dłuższych okresów zimnych (definicje D i E), obejmujących analizą więcej dni, a tym samym więcej przypadków zgonów. Wśród zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego najwyższe ryzyko względne zgonu obliczono w okresach zimnych określonych według definicji C: wzrost RR wyniósł 15%. Wraz ze wzrostem RR w falach zimna (13,8%) i falach chłodu (9,1%) były to nieliczne statystycznie istotne wzrosty umieralności z przyczyn chorób układu oddechowego (ryc. 82).



Ryc. 82. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu (%) z powodu chorób układu oddechowego (odd.) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.z. (65+) w okresach zimnych (definicje A-E)

Fig. 82. Meta-analysis – minimum, mean and maximum relative risk of death (%) from respiratory diseases (resp.) among women (W) and men (M) below (0–64) and above 65 years of age (65+) during cold periods (definitions A-E)

Metaanaliza wpływu okresów zimnych na zgony ogółem, z przyczyn chorób układu krążenia i układu oddechowego wykazała, że najwyższe, istotne statystycznie wartości RR, o największych przedziałach ufności cechowały okresy zimne według kryterium C – wartości 1 centyla  $t_{min}$ . Dlatego tę definicję uznano za najbardziej odpowiednią w tego typu badaniach. Drugim rodzajem okresów zimnych, w których obliczono wysokie i statystycznie istotne wzrosty RR były fale mrozów (definicja A), ale cechował je większy przedział ufności, oznaczający większy rozrzut wyników. Także i tę powszechną definicję fali mrozów można także skutecznie wykorzystywać w badaniach umieralności.



## 9. UMIERALNOŚĆ A TEMPERATURA POWIETRZA

Analiza ryzyka zgonów w okresach szczególnie gorących i mroźnych (patrz rozdz. 7 i 8), wykazała, że umieralność jest prawie zawsze wyższa wśród osób 65+ w porównaniu do całej populacji, a zgony osób w wieku powyżej 65 r.ż. stanowią w zależności od miasta 73–79% zgonów ogółem. Przedstawiono też czasem trudne w interpretacji bardzo wysokie ryzyko względne zgonu z powodu chorób układu oddechowego – wynikające przede wszystkim z niewielkiej średniej liczby zgonów z tej przyczyny. Dlatego też wykresy krótkookresowej zmiany umieralności związanej ze zmianami temperatury powietrza utworzono już nie dla wszystkich branż pod uwagę przyczyn zgonów i grup osób, ale dla niektórych. Do ich tworzenia wybrano przede wszystkim temperaturę maksymalną powietrza, jako jedną z najważniejszych charakterystyk termicznych, często wykorzystywaną w ocenie wpływu klimatu na człowieka oraz wartości wskaźników biometeorologicznych: temperatury pozornej i uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych.

Z wykresów krzywych regresji odczytać można zarówno wartość temperatury powietrza czy wskaźnika biometeorologicznego, przy której notowana jest najniższa umieralność, czyli pewne optimum termiczne, jak i przyrost umieralności wraz ze wzrostem/spadkiem wartości temperatury powietrza czy wskaźnika biometeorologicznego. Przy analizie wykresów pamiętać należy, że model regresji, na podstawie którego były obliczane, zawiera zarówno czas (dzień tygodnia, rok), jak i średnią dobową temperaturę powietrza. Tym samym model eliminuje oddziaływanie sezonowych zmian temperatury powietrza na zgony i ogólnie sezonowość umieralności, a bada wzrosty/spadki umieralności w stosunku do wartości oczekiwanej, jakie mogą zachodzić pod wpływem warunków termicznych.

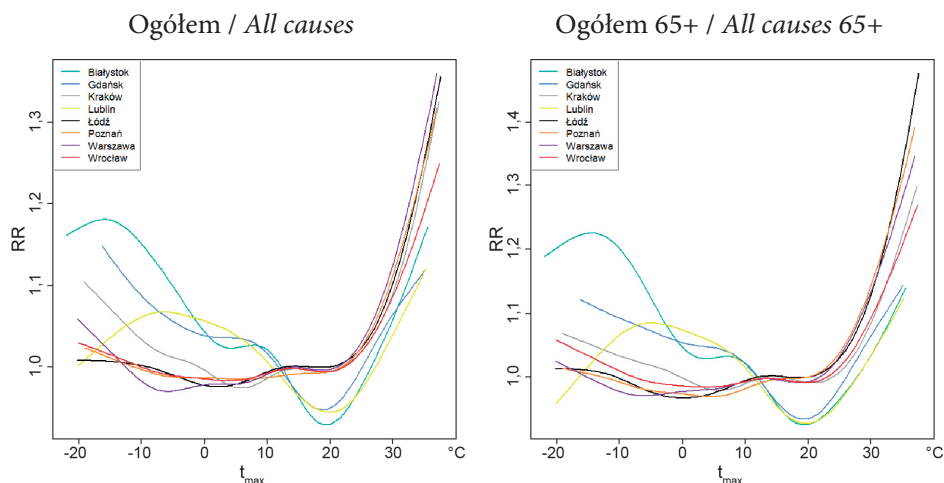
### 9.1. MAKSYMALNA TEMPERATURA POWIETRZA

Krzywe regresji wielkości umieralności w zależności od temperatury powietrza w Polsce przyjmowały kształt pomiędzy literą U i V – część po stronie niskiej temperatury wznosiła się łagodniej, część po stronie temperatury wysokiej – bardziej stromo. Wskazuje to na silniejszy wzrost umieralności w środowisku gorącym niż w zimnym. W większości przypadków linie obrazujące zależność umieralności od wysokiej temperatury powietrza w różnych miastach były położone blisko siebie wykazując podobną zależność. Z kolei w przypadku niskiej temperatury powietrza linie cechowała większa rozbieżność – większe zróżnicowanie pomiędzy miastami zależności ryzyka zgonu od niskiej temperatury powietrza.

Na wykresie regresji umieralności ogółem od temperatury maksymalnej krzywe prezentujące miasta dzieliły się na dwie grupy (ryc. 83, 84). W jednej były: Łódź, Poznań, Warszawa i Wrocław (region Centralny; ryc. 1), w drugiej: Białystok, Gdańsk i Lublin (regiony Północno-wschodni,

Nadmorski i Południowo-wschodni; ryc. 1). Krzywe regresji w Krakowie (region Świętokrzysko-malopolski; ryc. 1) przyjmowały kształt pośredni między powyższymi. Wyraźny był więc podział klimatyczny na miasta cieplejsze (z regionu IV) i położone w zimniejszych regionach Polski (regiony I, III, V). W miastach z pierwszej grupy najniższe ryzyko względne zgonu wystąpiło między wartością  $t_{\max}$  powietrza  $-10^{\circ}\text{C}$  i  $10^{\circ}\text{C}$ . Przy  $t_{\max}$  niższej od  $-10^{\circ}\text{C}$  RR rosło tylko nieznacznie. Z kolei  $21-22^{\circ}\text{C}$  to wartość graniczna, powyżej której umieralność ogólna w tych miastach zaczynała rosnąć. Przy  $30^{\circ}\text{C}$  wartość RR wzrastała o 10%, przy  $33^{\circ}\text{C}$  o 20%, a przy około  $37^{\circ}\text{C}$  – o 30%. W miastach z regionów „chłodniejszych” wyraźne optimum termiczne wynosiło  $18-20^{\circ}\text{C}$ , kiedy to RR było zdecydowanie niższe od oczekiwanego. Wzrost umieralności o 10% w stosunku do oczekiwanej pojawiał się dopiero przy  $t_{\max}$  około  $33^{\circ}\text{C}$ . W warunkach zimna w Białymstoku 10% wzrost RR ogółem występował już przy temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ , w Gdańsku przy  $-12^{\circ}\text{C}$ , w Krakowie przy  $-18^{\circ}\text{C}$ . W Lublinie umieralność początkowo rosła do 7% przy  $-7^{\circ}\text{C}$ , po czym spadała (ryc. 83).

Krzywe regresji umieralności ogółem wśród osób starszych były podobne, jednak 10%-owy wzrost ryzyka względnego zgonu w miastach „ciepłych” występował już przy  $t_{\max}$  około  $28^{\circ}\text{C}$ , zaś przy  $t_{\max}$   $35^{\circ}\text{C}$  – wzrost RR sięgał 30%. Zatem odpowiednio wysoki wzrost ryzyka zgonu ogółem w stosunku do oczekiwanego wśród osób 65+ notowany był przy  $2^{\circ}\text{C}$  niższej  $t_{\max}$  niż to było wśród wszystkich osób. W środowisku zimnym wzrost umieralności wśród osób 65+ zaznaczał się słabiej niż w całej populacji, co może wynikać z pewnych zachowań przystosowawczych ludzi, np. z pozostawiania osób starszych w domach w dniach szczególnie mroźnych. Jedynie w Białymstoku w dniach z  $t_{\max}$  niższą bądź równą  $-10^{\circ}\text{C}$ , wzrost ryzyka względnego zgonu osób 65+ przewyższał 20% (ryc. 83).

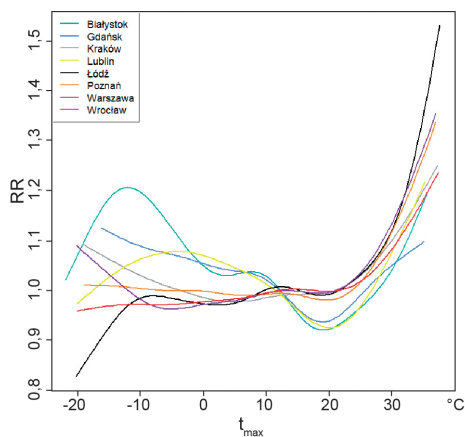


Ryc. 83. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem w całej populacji oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) a maksymalna temperatura powietrza ( $t_{\max}$ )  
 Fig. 83. Relative risk of death (RR) due to all causes in the whole population and among people over 65 years of age (65+) and maximum air temperature ( $t_{\max}$ )

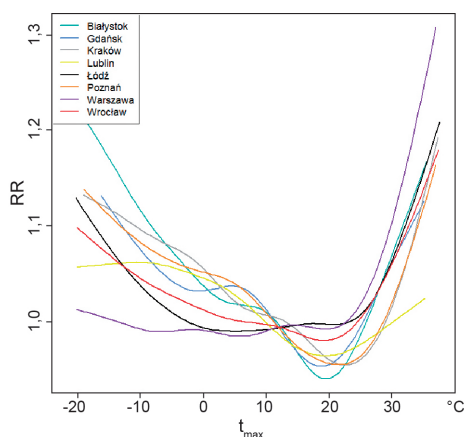
Wykres umieralności ogółem kobiet w zależności od  $t_{\max}$  przypominał kształtem wykres umieralności ogólnej, był jednak jeszcze bardziej wypłaszczony po stronie temperatury ujemnej. Jedną z niewielu wyraźnych różnic był kształt zależności w Łodzi i Białymstoku – spadek umieralności kobiet w temperaturze poniżej odpowiednio  $-10^{\circ}\text{C}$  i  $-12^{\circ}\text{C}$  oraz silny wzrost RR w warunkach skrajnego gorąca – sięgający 40% przy  $35^{\circ}\text{C}$ . W Gdańsku nawet w skrajnych warunkach termicznych wzrost ryzyka zgonu sięgał zaledwie 10% (ryc. 84).

Odmiennej kształt zależności od temperatury maksymalnej przyjmowała ogólna umieralność wśród mężczyzn. Wzrost ryzyka zgonu w warunkach gorących był mniejszy niż wśród kobiet, ale w warunkach mroźnych – większy. Także miasta, które przy umieralności ogółem dzieliły się na 2 grupy pod względem reakcji zwłaszcza na warunki gorąca, w przypadku umieralności ogólnej mężczyzn – nie wykazywały takiego zróżnicowania. Ryzyko zgonu wśród mężczyzn ogółem w większości analizowanych miast, z wyjątkiem Warszawy i Lublina rosło powyżej 10% przy  $t_{\max}$  spadającej poniżej  $-8^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku,  $-11^{\circ}\text{C}$  w Krakowie,  $-13^{\circ}\text{C}$  w Gdańsku i Poznaniu. 10% wzrost RR pojawiał się także przy przekroczeniu temperatury maksymalnej wartości  $32-24^{\circ}\text{C}$ . Od tego wzorca wyraźnie odbiegała Warszawa, gdzie praktycznie nie notowano nadwyżki zgonów mężczyzn w warunkach niskiej temperatury powietrza, a optimum termiczne było bardzo szerokie. Z kolei w warunkach gorących RR rosło o 10% już powyżej  $30^{\circ}\text{C}$ , o 20% – powyżej  $33^{\circ}\text{C}$  i sięgało 30% przy  $37^{\circ}\text{C}$  – bardzo podobnie jak wśród kobiet. W umieralności mężczyzn zaznaczało się bardzo podobnie optimum termiczne wynoszące:  $18-19^{\circ}\text{C}$  w Gdańsku,  $19-20^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku i Lublinie, czy  $22-23^{\circ}\text{C}$  w Krakowie i Poznaniu (ryc. 84).

Ogółem kobiety / All causes women



Ogółem mężczyźni / All causes men

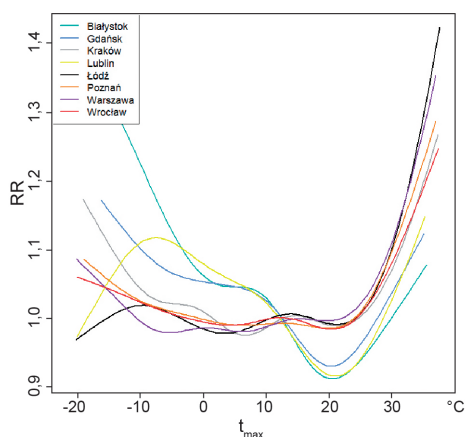


Ryc. 84. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem kobiet i mężczyzn a maksymalna temperatura powietrza ( $t_{\max}$ )

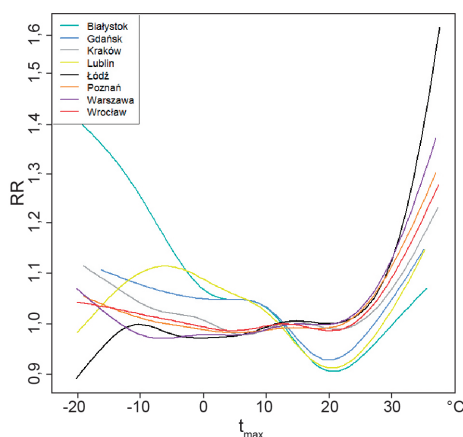
Fig. 84. Relative risk of death (RR) due to all causes among women and men and maximum air temperature ( $t_{\max}$ )

Umieralność z przyczyn chorób układu krążenia w zależności od temperatury wyglądała bardzo podobnie do umieralności ogólnej, jedynie wartości RR w tym przypadku były wyższe. Także, podobnie jak w przypadku umieralności ogólnej, miasta dzieliły się na 2 grupy reakcji ich mieszkańców, w szczególności na wysoką temperaturę powietrza. W warunkach gorących wzrost ryzyka zgonu rzędu 10% występował przy temperaturze 29°C w Warszawie, 30°C w Łodzi i Poznaniu, 31°C we Wrocławiu i Krakowie i aż 33–34°C w Gdańsku i Lublinie (gdzie większy wzrost RR nie występował). Wzrost temperatury o kolejne 3°C prowadził do zwiększenia RR o kolejne 10% w Warszawie, Łodzi i Poznaniu. Następne 10% RR wywołane było wzrostem  $t_{\max}$  o już tylko 2°C, do poziomu 35–35,5°C, ale miasta których to dotyczyło to jedynie Warszawa i Łódź. Zwiększone RR z powodu chorób układu krążenia w niskiej temperaturze powietrza przewyższało 10% w Lublinie i Białymstoku przy temperaturze maksymalnej -4°C, w Gdańsku przy -10°C, w Krakowie przy -14°C. W Poznaniu, Wrocławiu i Warszawie wzrost RR sięgał 6–9% w temperaturze -20°C. W Lublinie i Łodzi poniżej -10°C widoczny był spadek umieralności, nawet do poziomu poniżej oczekiwanej (ryc. 85).

#### Układ krążenia / Circulatory system



#### Układ krążenia 65+ / Circulatory system 65+



Ryc. 85. Ryzyko względnego zgonu (RR) z powodu chorób układu krążenia w całej populacji oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) a maksymalna temperatura powietrza ( $t_{\max}$ )

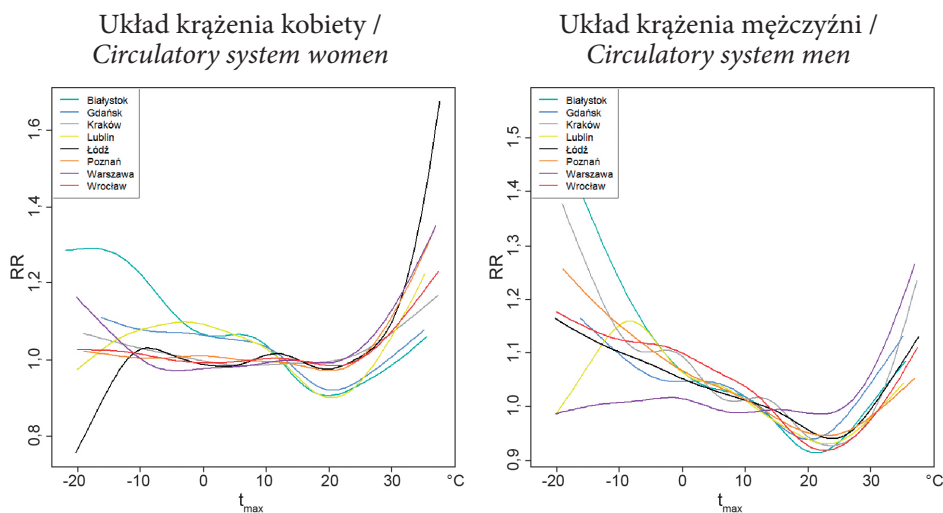
Fig. 85. Relative risk of death (RR) due to circulatory system diseases in the whole population and among people over 65 years of age (65+) and maximum air temperature ( $t_{\max}$ )

Wykres regresji umieralności z powodu chorób układu krążenia wśród osób 65+ w zależności od maksymalnej temperatury powietrza był prawie identyczny jak dla całej populacji, jedynie ryzyko zgonu było wyższe, a odpowiednie jego poziomy osiągnęte były w niższej temperaturze powietrza, co świadczy o większej wrażliwości osób starszych na skrajne warunki termiczne. W dniach z wysoką temperaturą powietrza wzrost ryzyka względnego zgonu z powodu chorób układu krążenia o 10% w stosunku do oczekiwanej nastąpił w temperaturze od 29°C w Warszawie po 33°C w Lublinie, wzrost o 20% przy od 32°C w Łodzi po 36°C w Krakowie, 30% przy 33,5°C w Łodzi i 35°C



w Warszawie. Powyżej tych wartości, jedynie w Łodzi na każde kolejne 1,5°C temperatury maksymalnej notowano przyrost RR o następnę 10% (ryc. 85).

Umieralność kobiet i mężczyzn z powodu chorób układu krążenia w odniesieniu do  $t_{\max}$  powielała schemat opisany w przypadku umieralności ogólnej. W warunkach gorąca ryzyko względne zgonu w tej samej temperaturze powietrza wśród kobiet było wyższe w porównaniu do mężczyzn, zaś w warunkach zimna – niższe. W temperaturze 32°C w większości miast (z wyjątkiem Gdańska i Białegostoku) wzrost RR wśród kobiet przewyższał 10%, a w Warszawie, Łodzi i Poznaniu sięgał nawet 20%. W tych samych warunkach wzrost RR wśród mężczyzn jedynie w Warszawie osiągał 10%, a w pozostałych miastach wynosił 0–8%. Z kolei w warunkach mroźnych, w dniach z temperaturą maksymalną powietrza -10°C wśród kobiet ryzyko zgonu nie przekraczało 8% (z wyjątkiem Białegostoku), podczas gdy wśród mężczyzn wynosiło 10–15% (ryc. 86).



Ryc. 86. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu krążenia wśród kobiet i mężczyzn a maksymalna temperatura powietrza ( $t_{\max}$ )

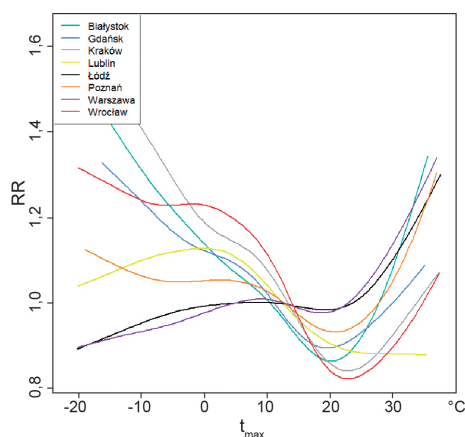
Fig. 86. Relative risk of death (RR) due to circulatory system diseases among women and men and maximum air temperature ( $t_{\max}$ )

Dla zgonów z powodu chorób układu oddechowego, ze względu na ich niewielką liczbę i niejednoznaczne wyniki w przypadku okresów gorących i zimnych, wykreślono jedynie krzywe regresji wszystkich zgonów w zależności od maksymalnej temperatury powietrza. Linie regresji zgonów z powodu chorób układu oddechowego wyglądały nieco inaczej niż omówione uprzednio. Przede wszystkim wyższe RR stwierdzono w warunkach niskiej temperatury powietrza, nie w wysokiej. Ponadto regresję cechowały większe różnice RR pomiędzy miastami (ryc. 87).

W dniach z  $t_{\max}$  poniżej zaledwie 5°C w Lublinie, Krakowie i Wrocławiu wzrost RR z powodu chorób układu oddechowego przewyższał 10%. W Poznaniu taki wzrost RR notowany był jednak dopiero poniżej -15°C. Wzrost RR o 20% w niskiej temperaturze powietrza notowany był tylko w 4 miastach:

przy  $t_{\max}$  poniżej 4°C we Wrocławiu, -1°C w Krakowie, -4°C w Białymstoku i -7°C w Gdańsku. Wartości graniczne temperatury różnicowały się jeszcze bardziej w przypadku wzrostu RR o 30% i wynosiły od -6°C w Krakowie do -18°C we Wrocławiu. Ciekawe jest, że w Warszawie i Łodzi wraz ze spadkiem temperatury powietrza umieralność na choroby układu oddechowego malała.

W przypadku zgonów na choroby układu oddechowego najwyraźniej widać różnice optimum termicznego między poszczególnymi miastami. W Łodzi, Warszawie, ale także Gdańsku wynosiło ono 18°C, w Białymstoku 20°C, w Poznaniu 21°C, w Krakowie i Wrocławiu 23°C. Powyżej optimum następował wzrost RR tylko w 4 miastach (Białystok, Poznań, Łódź i Warszawa), który sięgał 10%: przy  $t_{\max}$  od 28°C w Warszawie do 31,5°C w Poznaniu, 20% przy temperaturze powyżej 32°C w Warszawie i 34°C w Poznaniu. W Lublinie zarówno optimum termiczne, jak i wzrost ryzyka zgonu w warunkach gorąca się nie zaznaczały (ryc. 87).



Ryc. 87. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu oddechowego w całej populacji a maksymalna temperatura powietrza ( $t_{\max}$ )

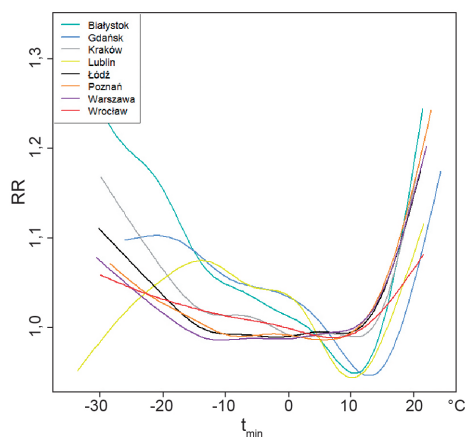
Fig. 87. Relative risk of death (RR) due to respiratory system diseases in the whole population and maximum air temperature ( $t_{\max}$ )

## 9.2. MINIMALNA TEMPERATURA POWIETRZA

Analizę zależności umieralności od  $t_{\min}$  przeprowadzono tylko dla zgonów ogółem. Kształt krzywych regresji w tym przypadku był nieco różny od tych odnoszących się do umieralności ogólnej i temperatury maksymalnej. W większości miast przyjmował kształt przypominający szeroką literę U, z wyraźnym i wąskim optimum termicznym, a tylko w Białymstoku i Gdańsku bardziej przypominał literę V, z wyraźnym optimum termicznym.

Wzrost względnego ryzyka zgonu RR w zależności od wysokiej temperatury minimalnej rozpoczynał się w większości miast około wartości 12°C, jednak wartość 10% w większości miast osiągał przy temperaturze 18°C, w Lublinie przy 21°C, w Gdańsku przy 22°C. Wzrost RR o 20% dotyczył już tylko Białegostoku, Poznania oraz Warszawy i występował przy temperaturze minimalnej 21–22°C (ryc. 88).

W niskiej temperaturze minimalnej powietrza według krzywych regresji tylko w 4 miastach ryzyko zgonu ogółem przewyższało 10%, poniżej następujących progów termicznych:  $-17^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku,  $-20^{\circ}\text{C}$  w Gdańsku,  $-24^{\circ}\text{C}$  w Krakowie i  $-29^{\circ}\text{C}$  we Wrocławiu. W Białymstoku umieralność ogólna w zależności od  $t_{\min}$  była wyraźnie wyższa w porównaniu z innymi miastami (podobnie jak w przypadku umieralności z przyczyn chorób układu krążenia czy umieralności wśród mężczyzn). W Lublinie z kolei, krzywa regresji w niskich wartościach  $t_{\min}$  była podobna do krzywych zależności od  $t_{\max}$ . Rosła nieznacznie, po czym przy wartościach, w których inne krzywe pięły się do góry oznaczając wzrost RR, w Lublinie zaczynała zdecydowanie opadać, nawet poniżej wartości 1,0 (ryc. 88).



Ryc. 88. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem w całej populacji a minimalna temperatura powietrza ( $t_{\min}$ )

Fig. 88. Relative risk of death (RR) due to all causes in the whole population and minimum air temperature ( $t_{\min}$ )



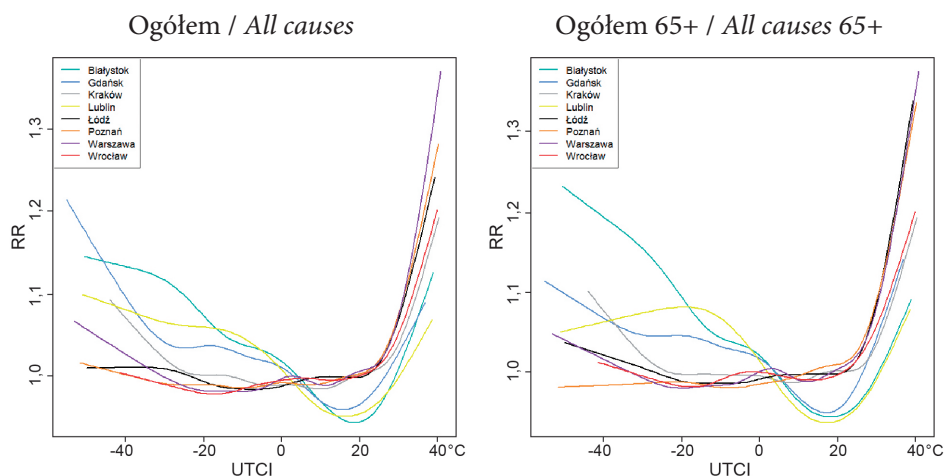
## 10. UMIERALNOŚĆ A WARUNKI ODCZUWALNE

W badaniach wpływu pogody na umieralność najczęściej wykorzystywana jest temperatura powietrza, ze względu na jej duży wpływ na organizm człowieka i na największą dostępność informacji o tym elemencie meteorologicznym, najpowszechniej mierzonym na świecie. Jednak oddziaływanie środowiska termicznego na człowieka jest znacznie bardziej kompleksowe, co (patrz rozdz. 4). Dlatego też znacznie lepszą metodą jego opisu są wskaźniki biometeorologiczne oparte na analizie bilansu cieplnego człowieka (patrz rozdz. 5.6). Jednym z nich jest uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych, określający stopień obciążenia cieplnego człowieka w danych warunkach (patrz rozdz. 2.2.2). Drugim – temperatura pozorna, stosowana głównie w badaniach wpływu gorącego środowiska termicznego na człowieka, rzadziej wpływu środowiska chłodnego (patrz rozdz. 2.2.1).

### 10.1. UNIWERSALNY WSKAŹNIK OBCIĄŻEŃ CIEPLNYCH

Na podstawie regresji, która oszacowała oczekiwane ryzyko względne zgonu w danych warunkach opisanych wartościami UTCI, można określić wzrost lub spadek umieralności w zależności od zmian obciążeń cieplnych organizmu wywołanych warunkami atmosferycznymi. Jako, że wartość UTCI jest silnie skorelowana z temperaturą powietrza, kształt krzywych regresji umieralności względem UTCI przypominał opisane w rozdz. 9, jednak z pewnymi wyjątkami.

Krzywa regresji ryzyka zgonu ogółem wykazała, że brak obciążeń cieplnych wyraźnie sprzyjał niskiemu poziomowi umieralności w Lublinie, Gdańsku i Białymstoku, zaś w pozostałych miastach wydawał się być obojętny, a najniższe wartości umieralności notowano przy umiarkowanym (Uz), a nawet silnym obciążeniem stresem zimna (Sz). We Wrocławiu, Poznaniu i Łodzi w warunkach obciążenia stresem zimna nie zaznaczał się wzrost umieralności ogólnej, w Warszawie, Krakowie i Lublinie wzrost RR nie przekraczał 10% w warunkach bardzo silnego (Bz), a nawet nieznośnego stresu zimna (Nz). Z kolei już obciążenie umiarkowanym stresem ciepła (Uc, UTCI 26,1–32,0°C) powodowało wyraźny wzrost ryzyka zgonu, sięgający nawet 10% w Warszawie, Poznaniu i Łodzi. Gdy organizm poddany był silnemu stresowi ciepła (Sc, UTCI 32,1–38,0°C) w większości miast, z wyjątkiem Gdańska i Lublina, wzrost ryzyka zgonu oscylował między 10 a 20%. W warunkach bardzo silnego stresu ciepła (Bc, UTCI powyżej 38,0°C), wzrost RR rósł powyżej 20%, a w Warszawie nawet powyżej 30% (ryc. 89).



Ryc. 89. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem w całej populacji oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) a uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (UTCI)

Fig. 89. Relative risk of death (RR) due to all causes in the whole population and among people over 65 years of age (65+) and the universal thermal climate index (UTCI)

Zależność umieralności wśród osób 65+ od UTCI różniła się nieznacznie od umieralności ogółem, mniejsza była jedynie wzrost RR w warunkach bardzo silnego stresu zimna w Gdańsku i Lublinie. Nieznaczne różnice występowały między regresją umieralności wśród kobiet i mężczyzn od UTCI, a układ krzywych był podobny do wykresu zależności umieralności ogólnej od UTCI. Kobiety cechowała nieznacznie większa wrażliwość na stres ciepła, co było już dowiedzione przy badaniu umieralności w okresach gorących, mężczyzn z kolei większa wrażliwość na stres zimna.

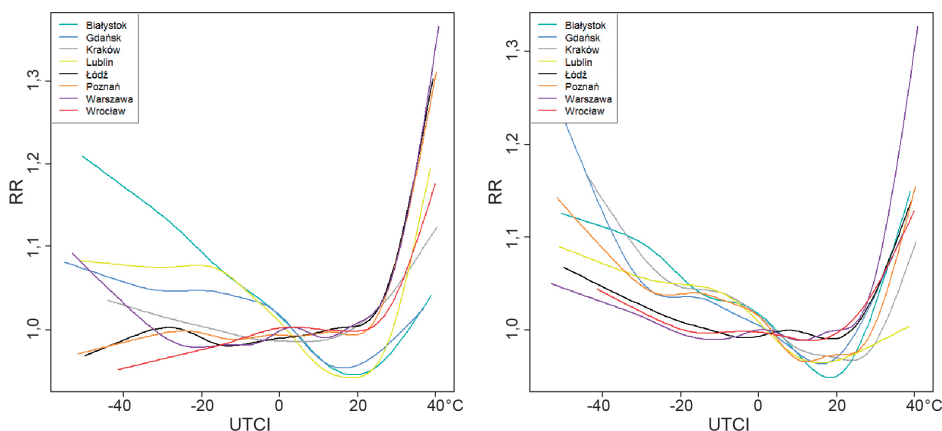
Wśród kobiet w miastach z niską średnią roczną temperaturą powietrza najniższe RR notowane było przy braku obciążeń cieplnych, z kolei w pozostałych miastach – raczej w warunkach umiarkowanego stresu zimna. Ryzyko względne zgonu wśród kobiet w Łodzi, Poznaniu i Warszawie przewyższało 1,1 już przy umiarkowanym stresie ciepła, a w warunkach bardzo silnego stresu ciepła sięgało 1,3. W Lublinie, Krakowie i Wrocławiu RR zgonu przewyższało 1,1 dopiero w warunkach silnego stresu ciepła. Umieralność kobiet w warunkach stresu zimna nie rosła znacząco. Wyższa od oczekiwanej o 4–9% była tylko w Krakowie, Lublinie, Gdańsku i Warszawie nawet w warunkach Bz i Nz, natomiast wzrost RR powyżej 20% notowany był jedynie w Białymstoku pod wpływem nieznosnego stresu zimna (ryc. 90).

Wśród mężczyzn zależności umieralności od wartości UTCI w różnych miastach różniły się od siebie mniej w porównaniu do tej samej charakterystyki wśród kobiet. Wszystkie miasta cechowało mniej lub bardziej widoczne minimum umieralności przy braku obciążeń cieplnych. W warunkach bardzo silnego stresu zimna wśród mężczyzn we wszystkich miastach rosło ryzyko zgonu, od 1% w Warszawie przez 8% w Poznaniu po 14% w Krakowie. Reakcja na gorące środowisko termiczne wśród mężczyzn w porównaniu do kobiet pojawiała się przy wyższym obciążeniu stresem ciepła. Jedynie wśród

mężczyzn z Warszawy umieralność wzrastała o 10% przy wartości UTCI 32°C, w większości pozostałych miast – przy 36–37°C UTCI, zatem blisko progu wyznaczającego bardzo silny stres ciepła dla organizmu człowieka. Jedynie w Warszawie, w warunkach Bc, dochodziło do ponad 30% wzrostu umieralności wśród mężczyzn. W Lublinie stres ciepła nie wydawał się oddziaływać na umieralność ogólną mężczyzn (ryc. 90).

Ogółem kobiety / *All causes women*

Ogółem mężczyźni / *All causes men*

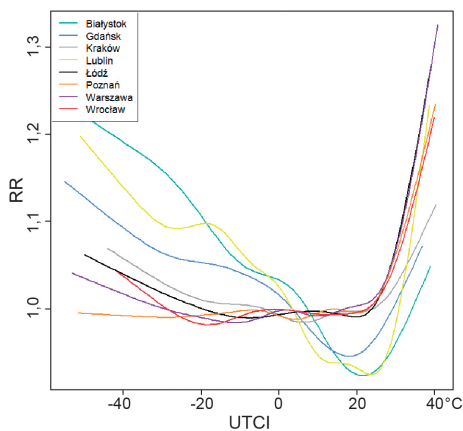


Ryc. 90. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem kobiet i mężczyzn a uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (UTCI)

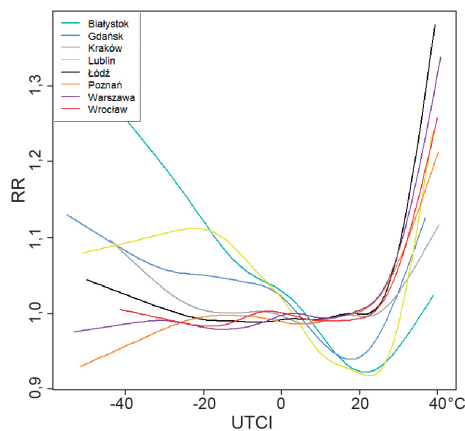
Fig. 90. Relative risk of death (RR) due to all causes among women and men and the universal thermal climate index (UTCI)

Krzywe zależności umieralności z przyczyn chorób układu krążenia oraz wśród osób 65+ były do siebie podobne, zarówno pod względem wartości, jak i nachylenia linii. Główna różnica polegała na tym, że wśród osób starszych wzrost RR o 10% i 20% w stosunku do oczekiwanego osiągnąć był przy niższych o 2–5°C wartościach UTCI. Do wzrostu umieralności z powodu chorób układu krążenia o 10% w Łodzi, Warszawie, Lublinie, Poznaniu i Wrocławiu dochodziło w warunkach silnego stresu ciepła, a o 20% przy bardzo silnym stresie ciepła. W Krakowie wzrost o 10% notowany był dopiero w warunkach bardzo silnego stresu ciepła. W Białymstoku i Gdańsku taki wzrost RR nie wystąpił. Pod wpływem silnego i bardzo silnego stresu zimna wzrost RR z przyczyn chorób układu krążenia przewyższał 10% jedynie w Białymstoku, Lublinie i Gdańsku, a w pozostałych miastach, jeśli występował – nie przewyższał 8% (ryc. 91).

### Układ krążenia / *Circulatory system*



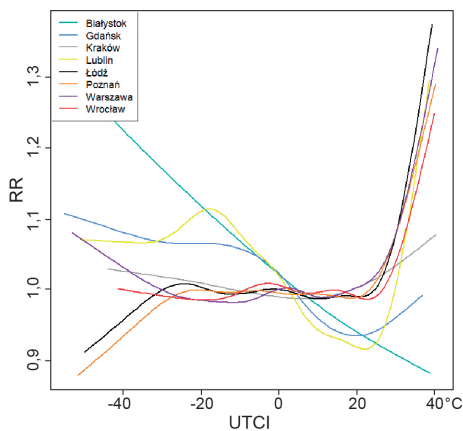
### Układ krążenia 65+ / *Circulatory system 65+*



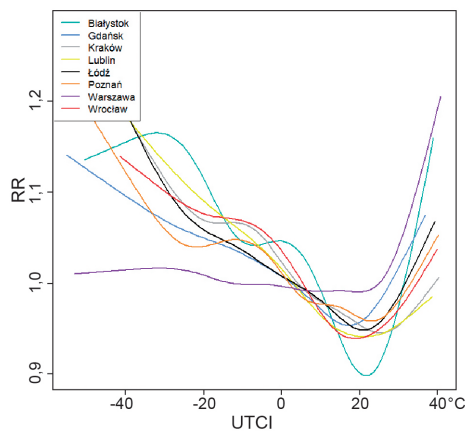
Ryc. 91. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu krążenia w całej populacji oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) a uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (UTCI)

Fig. 91. Relative risk of death (RR) due to circulatory system diseases in the whole population and among people over 65 years of age (65+) and the universal thermal climate index (UTCI)

### Układ krążenia kobiety / *Circulatory system women*



### Układ krążenia mężczyźni / *Circulatory system men*



Ryc. 92. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu krążenia wśród kobiet i mężczyzn a uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (UTCI)

Fig. 92. Relative risk of death (RR) due to circulatory system diseases among women and men and the universal thermal climate index (UTCI)

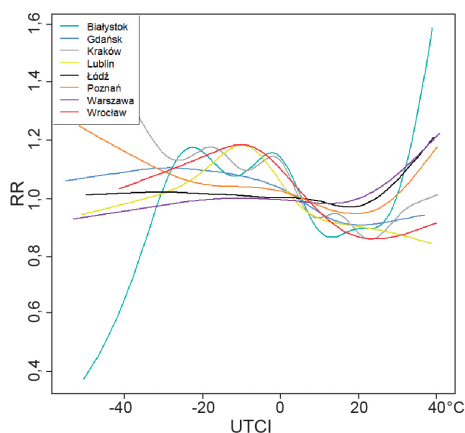
Regresja umieralności z przyczyn chorób układu krążenia względem wskaźnika obciążeń cieplnych była wyraźnie różna w przypadku mężczyzn i kobiet. Bardzo duże zróżnicowanie RR zgonu wśród mężczyzn cechowało Białystok, w którym przy braku obciążenia cieplnego umieralność była niższa



od oczekiwanej o 10%, podczas gdy w pozostałych miastach była niższa o nie więcej niż 5%, a w Warszawie zaledwie o 1%. W Krakowie i Lublinie wzrost RR w warunkach stresu ciepła nie zaznaczał się w ogóle. W Gdańsku, Łodzi, Poznaniu i Wrocławiu niewielki wzrost umieralności wśród mężczyzn spowodowany obciążeniem ciepłem był widoczny dopiero przy Sc i wynosił wtedy 4–8%. Jedynie w Białymstoku i Warszawie w warunkach Sc i Bc wzrost RR przewyższało 15%. Podobne wartości ryzyka zgonu pojawiały się pod wpływem stresu zimna. RR rosło powyżej 10% w warunkach silnego stresu zimna jedynie w Białymstoku i Lublinie, w większości pozostałych miast (Kraków, Łódź, Wrocław, Poznań) próg 10% osiągnął przy Bz, zaś w Gdańsku – dopiero przy nieznośnym stresie zimna. W Poznaniu i Łodzi wzrost RR zgonu w warunkach Nz sięgał 20% (ryc. 92).

Ryzyko zgonu kobiet z przyczyn chorób układu krążenia przypominało krzywą RR dla osób 65+. W warunkach letnich wzrost RR o 10% pojawiał się w Łodzi, Warszawie i Poznaniu już przy wartości 30°C UTCI, zaś w Lublinie i Wrocławiu przy 34°C UTCI, czyli przy obciążeniu silnym stresem ciepła. Przekroczenie progu wyznaczającego bardzo silny stres ciepła wiązało się ze wzrostem RR od 20% we Wrocławiu do 32% w Łodzi. Odmienny kształt przybierała krzywa regresji w Białymstoku – nie zaznaczał się bowiem wśród kobiet wzrost umieralności w warunkach stresu ciepła (ryc. 92).

Kształt krzywych regresji umieralności z przyczyn chorób układu oddechowego wyraźnie odbiegał od pozostałych wykresów. Powodem tego była prawdopodobnie mała liczba analizowanych w regresji przypadków zgonów. W Białymstoku warunków bardzo silnego i nieznośnego stresu zimna praktycznie nie notowano: średnio w roku było łącznie 5 dni z Bz i Nz oraz 5 dni z Sc i Bc. Zatem przy średniej dobowej liczbie zgonów z powodu chorób układu oddechowego wynoszącej 0,2 zgonu, może dojść do sytuacji, że żaden tak zakwalifikowany zgon nie wystąpił w takich dniach zaniżając RR do poniżej 0,4, albo wystąpiły 2–3 zgony jednego dnia podwyższając RR do 1,5 (ryc. 93).



Ryc. 93. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu oddechowego w całej populacji a uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (UTCI)

Fig. 93 Relative risk of death (RR) due to respiratory system diseases in the whole population and the universal thermal climate index (UTCI)

Pozostałe krzywe regresji potwierdziły minimum umieralności przy braku obciążeń cieplnych, wyraźne szczególnie w Krakowie. W Warszawie i Łodzi charakterystyczny był wzrost umieralności z powodu chorób układu oddechowego jedynie pod wpływem stresu ciepła – sięgający 20% przy obciążeniu Bc. Z kolei w Krakowie, Wrocławiu, Lublinie i Gdańsku ryzyko zgonu rosło tylko pod wpływem stresu zimna, a stres ciepła wydawał się sprzyjać jego spadkowi poniżej wartości oczekiwanej. W Krakowie RR rosło powyżej 20% już w warunkach bardzo silnego stresu zimna, w Poznaniu zaś – dopiero pod wpływem nieznośnego stresu zimna.

## 10.2. TEMPERATURA POZORNA

Uproszczona formuła temperatury pozornej, wykorzystana w pracy uprawnia do prawidłowego wnioskowania na jej temat głównie w warunkach ciepła, chociaż wykres zależności RR od AT po „chłodnej stronie” także przybiera rozsądny kształt, a sama temperatura pozorna była wykorzystywana także w badaniach wpływu chłodu na umieralność w międzynarodowym projekcie PHEWE (Analitis i in. 2008).

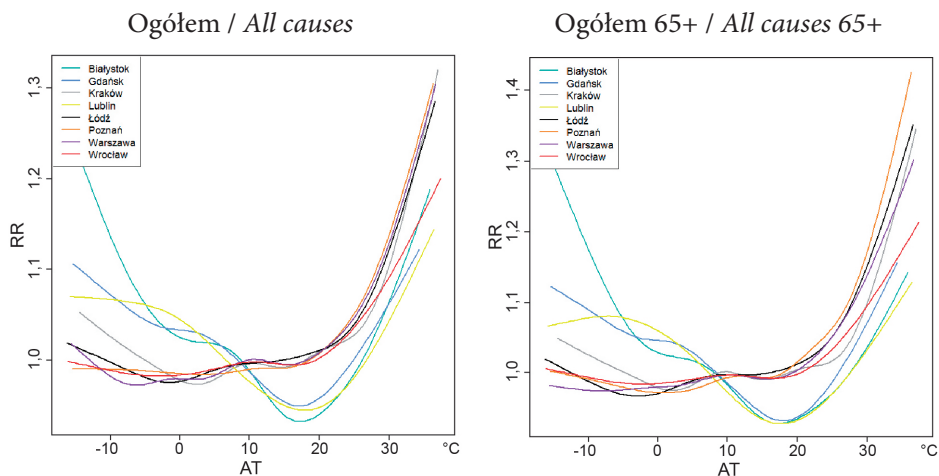
Krzywa regresji umieralności ogólnej od temperatury pozornej pokazuje, że w większości przyczyn zgonów miasta łączyły się ponownie w 2 grupy: Warszawa, Łódź, Kraków, Poznań oraz Wrocław w jedną, zaś Białystok, Lublin i Gdańsk w drugą tworząc liczniejszą grupę miast tzw. „ciepłych” i mniej liczną miast „chłodnych”. Podobnie było w przypadku analizy regresji umieralności od wartości temperatury maksymalnej powietrza czy UTCI. W grupie miast „ciepłych” zaznaczał się jedynie wzrost RR w warunkach gorąca, zaś wśród miast „chłodnych” – także w warunkach zimna.

W grupie miast „ciepłych” minimum RR występowało przy 0°C temperatury pozornej, a wzrost umieralności zaczynał się przy 20°C AT. Wzrost ryzyka zgonu ogółem o 10% w Poznaniu notowany był przy 28°C AT, we Wrocławiu przy 31°C. Miasta „chłodne”, z wyraźniejszym optimum w 17–18°C AT, wzrost RR o 10% osiągały w temperaturze pozornej 32–34°C. Do 20% RR rosło w Poznaniu, Łodzi, Warszawie i Krakowie w temperaturze pozornej 33°C oraz we Wrocławiu przy blisko 38°C AT. Do 30% RR wzrastało jedynie w Krakowie, Poznaniu i Warszawie przy 37°C AT (ryc. 94).

Wzrost umieralności wśród osób 65+ o 10 i 20% następował przy niższej o 1°C temperaturze pozornej w porównaniu do umieralności ogólnej. Do wzrostu RR o 20% dochodziło w Poznaniu przy 31°C AT, w Krakowie przy 33°C AT, a o 30% RR wśród osób starszych rosło przy następujących wartościach temperatury pozornej: 33,5°C w Poznaniu, 35°C w Łodzi, 36°C w Krakowie i 36,5°C w Warszawie (ryc. 94).

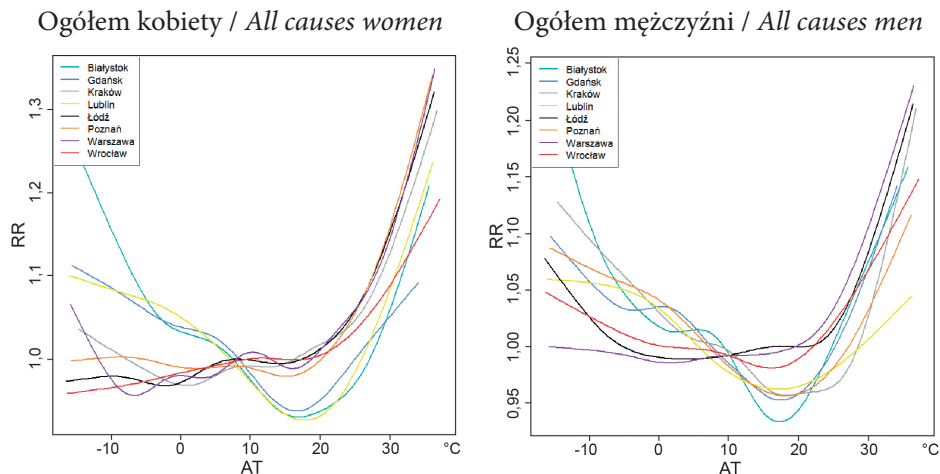
Regresja zgonów ogółem kobiet względem temperatury pozornej przypominała regresję dla zgonów ogółem i cechowały ją te same progi termiczne. Wyjątek stanowiło RR w Lublinie, które sięgało 20% powyżej 35°C i w Białymstoku – powyżej 36°C. Zatem w miastach o zwiększonym udziale cech kontynentalnych klimatu zróżnicowanie termiczne w roku znajdowało odzwierciedlenie w większym zróżnicowaniu umieralności: znacniejszym

wzrostem RR w warunkach zimna w porównaniu do pozostałych miast oraz wyższymi progami termicznymi, przy których notowany był wzrost RR w warunkach gorąca. W Gdańsku RR wśród kobiet sięgał zaledwie 9% przy temperaturze pozornej ok. 34°C (ryc. 95).



Ryc. 94. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem w całej populacji oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) a temperatura pozorna (AT)

Fig. 94. Relative risk of death (RR) due to all causes in the whole population and among people over 65 years of age (65+) and the apparent temperature (AT)



Ryc. 95. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem wśród kobiet i mężczyzn a temperatura pozorna (AT)

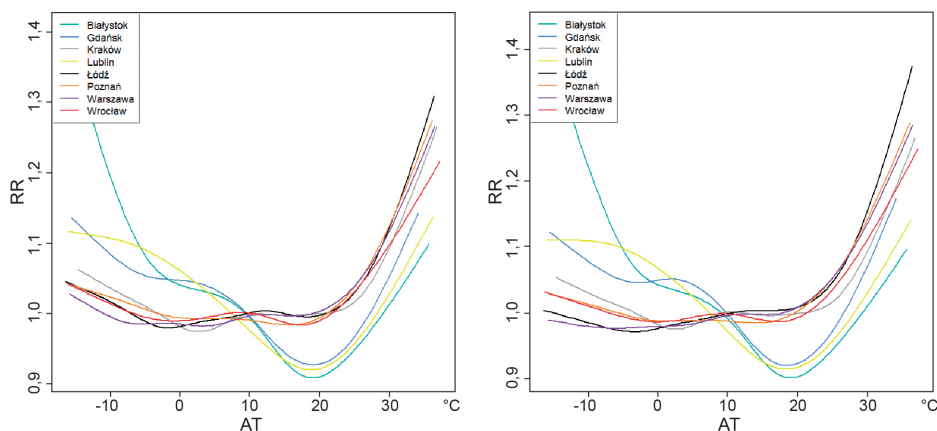
Fig. 95. Relative risk of death (RR) due to all causes among women and men and the apparent temperature (AT)

Umieralność mężczyzn cechowało większe w porównaniu z kobietami różnicowanie między miastami, ale także niższe RR w warunkach gorąca, osiągnięte przy wyższej temperaturze pozornej oraz wyższe RR zgonu w warunkach zimna. Wzrost RR o 10% notowany był w Warszawie dopiero w temperaturze 30°C AT, zaś w Poznaniu powyżej 35,5°C. Wzrost o 20% dotyczył jedynie 3 miast: Warszawy, Łodzi i Krakowa, a występował powyżej odpowiednio 35°C, 36°C i 37°C temperatury pozornej. W tych warunkach umieralność wśród kobiet była już wyższa o 30% od oczekiwanej. Jedynym miastem, w którym RR było wyższe wśród mężczyzn niż wśród kobiet był Gdańsk, w którym rosło ono o 14% przy 34°C AT (ryc. 95).

Regresja umieralności z powodu chorób układu krążenia wśród całej populacji, jak i osób 65+ względem temperatury pozornej przede wszystkim była bardzo podobna do siebie, jak i do regresji umieralności ogółem. Wśród zgonów osób starszych z przyczyn chorób układu krążenia odpowiedni 10% czy 20% wzrost ryzyka zgonu pojawiał się przy o 1°C niższych wartościach AT w porównaniu ze zgonami wśród całej populacji (ryc. 96).

#### Układ krążenia / Circulatory system

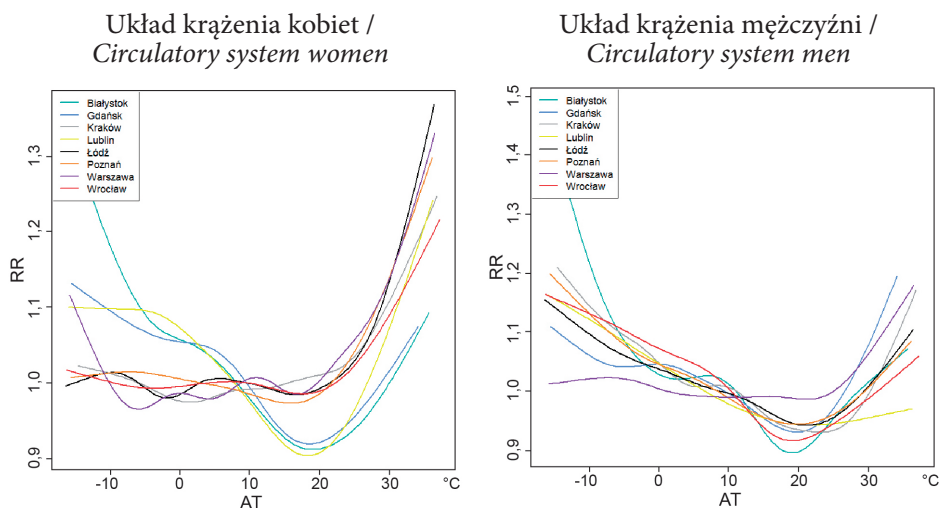
#### Układ krążenia 65+ / Circulatory system



Ryc. 96. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu krążenia w całej populacji oraz wśród osób powyżej 65 r.ż. (65+) a temperatura pozorna (AT)

Fig. 96. Relative risk of death (RR) due to circulatory system diseases in the whole population and among people over 65 years of age (65+) and the apparent temperature (AT)

Umieralność kobiet z powodu chorób układu krążenia w zależności od AT przypominała wcześniejsze reguły – w miastach „ciepłych” RR było znacząco wyższe w warunkach gorąca, sięgając w Łodzi i Warszawie ponad 30% w stosunku do oczekiwanej przy temperaturze pozornej 35–36°C. Wyraźny był także brak wpływu warunków zimna na umieralność kobiet (z wyjątkiem Warszawy). W miastach „chłodniejszych” wzrost ryzyka zgonu w warunkach gorąca był znacznie mniejszy, z wyjątkiem Lubina, gdzie w temperaturze pozornej 35°C przewyższał 20% (ryc. 97).



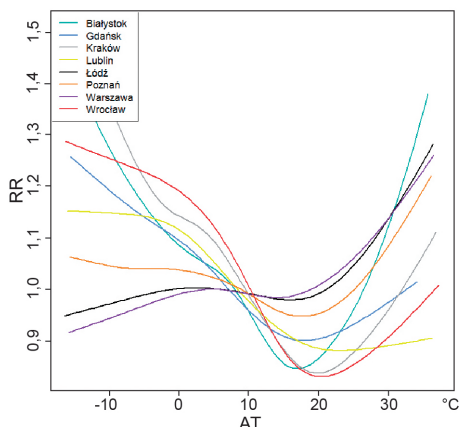
Ryc. 97. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu krążenia wśród kobiet i mężczyzn a temperatura pozorna (AT)

Fig. 97. Relative risk of death (RR) due to circulatory system diseases among women and men and the apparent temperature (AT)

Krzywe regresji zgonów z przyczyn chorób układu krążenia wśród mężczyzn wyglądały inaczej niż wśród kobiet i cechował je znacznie mniejszy wzrost RR w warunkach gorąca, nie sięgający 20% w żadnym z miast, a w Lublinie notowano nawet spadek umieralności. Najmniejsza zmienność RR przy różnej temperaturze pozornej cechowała Warszawę – od warunków skrajnie zimnych do 25°C AT krzywa regresji oscylowała wokół 1,0 i dopiero przy 32,5°C AT wzrost RR wyniósł 10% (ryc. 97).

Przedstawione wyżej krzywe regresji zgonów ogółem i z powodu chorób układu krążenia od temperatury pozornej, podobnie jak w przypadku temperatury maksymalnej i wskaźnika UTCLi zazwyczaj wskazywały na optimum termiczne, przy którym jednak najniższe RR wynosiło ok. 0,9, zatem o 10% mniej od wartości oczekiwanej w danym czasie. Jedynie w przypadku zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego, głównie z powodu ich niewielkiej liczby, RR spadało wyraźnie poniżej 0,9.

Największy spadek RR widoczny był we Wrocławiu i Krakowie przy AT 20–21°C, czy w Białymstoku przy 16–17°C AT. Krzywe regresji w przypadku zgonów na choroby układu oddechowego były bardzo rozstrzelone. W Gdańsku, Wrocławiu czy Lublinie widoczny był wzrost RR w warunkach zimna i jego brak w warunkach gorąca. Z kolei w Łodzi, Warszawie i Poznaniu – odwrotnie. Jedynie w Białymstoku i Krakowie wzrost zaznaczył się zarówno w warunkach gorąca, jak zimna, z czego zdecydowanie największy, powyżej 30%, w Białymstoku, przy AT przewyższającej 34,5°C (ryc. 98).



Ryc. 98. Ryzyko względne zgonu (RR) z powodu chorób układu oddechowego w całej populacji a temperatura pozorna (AT)

Fig. 98. Relative risk of death (RR) due to respiratory system diseases in the whole population and the apparent temperature (AT)

Z analizy wykresów krzywych regresji umieralności względem temperatury maksymalnej, pozornej oraz wartości UTCI wynika kilka wniosków:

- analizowane miasta zazwyczaj dzieliły się na 2 grupy, tzw. miasta „ciepłe” (Warszawa, Łódź, Kraków, Poznań, Wrocław) i „chłodne” (Białystok, Lublin, Gdańsk), choć bywały pewne przesunięcia w ramach grup, zwłaszcza w przypadku zgonów wśród mężczyzn i zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego;
- wzrost ryzyka zgonu w gorącym środowisku termicznym był szybszy i większy w miastach „ciepłych”, a znacznie mniejszy, choć zauważalny wśród „miast chłodnych”;
- wzrost ryzyka zgonu w zimnym środowisku termicznym był znaczący jedynie wśród miast „chłodnych”, zaś wśród pozostałych miast często wtedy notowano spadek umieralności;
- wyraźne optimum termiczne, sprzyjające najniższej umieralności widoczne było jedynie wśród miast „chłodnych”;
- wzrost ryzyka zgonu wśród kobiet był znacznie większy w środowisku gorącym, a często nie zaznaczał się w zimnym, co może świadczyć o słabszej adaptacji do upałów, a w okresie zimnym – o stosowaniu zachowań zapobiegających zachorowaniom i zaostrzeniom stanów chorobowych;
- wzrost ryzyka zgonu wśród mężczyzn w środowisku gorącym był mniejszy niż wśród kobiet, co może świadczyć o lepszej adaptacji do tych warunków (m.in. znacznie efektywniejsze pocenie), za to w środowisku zimnym – wzrost RR był wyraźny, co może świadczyć o braku zachowań prewencyjnych;
- osoby powyżej 65 r.ż. reagowały szybciej niż cała populacja na opresyjne środowisko termiczne, szczególnie gorące. W warunkach gorących

wzrost ryzyka zgonu o 10%, 20% czy 30% następował przy o 1–2°C niższej temperaturze powietrza;

- w gorącym środowisku termicznym każdy wzrost ryzyka zgonu o kolejne 10% „wymagał” coraz mniejszego wzrostu temperatury powietrza. W warunkach silnego stresu ciepła, każde dodatkowe 1–2°C prowadziło do znaczącego wzrostu RR;
- krzywe regresji zgonu wśród mężczyzn w Warszawie miały odmienny od reszty miast kształt, nie notowano tu często wzrostu umieralności w warunkach zimna, co może świadczyć o innym sposobie stylu życia i zachowania mieszkańców stolicy;
- największym zróżnicowaniem ryzyka zgonu wśród miast cechowała się umieralność z przyczyn chorób układu oddechowego, co wynikało głównie z ich niewielkiej liczby.





## 11. PODSUMOWANIE, Dyskusja Wyników i wnioski

Warunki klimatyczne, w jakich żyje człowiek mogą być jednym z czynników ryzyka zgonu, ale skrajne warunki termiczne są nim bardzo często. Głównym celem opracowania było określenie wpływu środowiska termicznego Polski na umieralność, na podstawie najdłuższej jak dotąd w Polsce serii codziennych danych o liczbie zgonów w latach 1975–2014.

Przedmiotem analizy były dobowe liczby zgonów z ogółu przyczyn, z powodu chorób układu krążenia (I00–I99), która są najczęstszą przyczyną zgonów w Polsce oraz z powodu chorób układu oddechowego (J00–J99). Dobowe sumy zgonów podzielone były ponadto ze względu na płeć (kobiety, mężczyźni) oraz wiek (do ukończenia 64 roku życia oraz 65 lat i więcej). Te właśnie przyczyny zgonów i przedziały wieku są najczęściej analizowanymi w literaturze światowej w kontekście zależności od warunków termicznych (m.in. Kalkstein, Greene 1997; Donaldson i in. 1998b; Aylin i in. 2001; Huynen i in. 2001; Kuchcik 2001b; Hajat i in. 2002; Keatinge 2002; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Michelozzi i in. 2007; Rabczenko i in. 2009, 2015; Isaksen i in. 2016; Royé 2017).

Dane o umieralności pochodziły z następujących miast: Białystok, Gdańsk, Kraków, Lublin, Łódź, Poznań, Warszawa, Wrocław, zaś opracowanie warunków termicznych dotyczyło dodatkowo: Katowic, Olsztyna, Szczecina i Torunia.

### ZMIANY CHARAKTERYSTYK TERMICZNYCH

Zachodzące zmiany klimatu w Polsce latach 1975–2014 znacząco wpłynęły na częstość i intensywność okresów szczególnie gorących i mroźnych oraz innych charakterystyk termicznych. Analiza średnich miesięcznych wartości temperatury maksymalnej i minimalnej powietrza, zbadana z wykorzystaniem metody dekompozycji szeregów czasowych TBATS 2, wykazała istotne statystycznie trendy. Do 1979 r. w większości miast zaznaczył się spadek temperatury maksymalnej powietrza, który wynosił  $0,12\text{--}0,14^\circ\text{C}/\text{rok}$ , po nim nastąpił trend wzrostowy trwający do końca okresu analizy i wynoszący  $0,03\text{--}0,04^\circ\text{C}/\text{rok}$ . Od 1980 r. w większości miast zaznaczył się trend wzrostowy średniej minimalnej temperatury powietrza, wynoszący  $0,01\text{--}0,03^\circ\text{C}/\text{rok}$ , był zatem wyraźnie mniejszy niż wzrost średniej maksymalnej temperatury powietrza. Większy wzrost temperatury maksymalnej jest w sprzeczności m.in. z wynikami badań J. Wibig i B. Głowickiego (2002) dla lat 1951–1998, ale potwierdza wyniki analizy z lat 1973–2014 (Błażejczyk i in. 2015). Zatem kluczowy staje się okres wzięty pod uwagę w obecnych badaniach.

Dni gorące ( $t_{\text{max}} > 25^\circ\text{C}$ ) w latach 1975–2014 wykazywały stały i wysoce istotny statystycznie trend wzrostowy o 4,6 dnia na każde 10 lat. Był to znacznie wyższy przyrost niż opisywany przez innych autorów, jednak wynikał z krótszego okresu badawczego, obejmującego lata, w których zmiany klimatu następowały znacznie

szybciej (KLIMADA): 1975–2014 w porównaniu do 1951–2010 (Kossowska-Cezak 2014; Twardosz, Kossowska-Cezak 2013) czy 1910–2010 (Piotrowicz 2007a; Matuszko, Piotrowicz 2012). Dni upalne ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) cechował nieistotny statystycznie, choć duży wzrost o 0,3 dnia/rok do 1992 r., następnie o 0,1 dnia/rok. Bardzo ciepłe noce ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) do 1985 r. praktycznie nie występowały, a wyraźny wzrost ich częstości nastąpił po 2002 r. Średnio w Polsce noce bardzo ciepłe cechował początkowo niewielki trend wzrostowy, który po 2007 r. wzrósł i wyniósł 0,1 dnia/rok. Jest to potwierdzeniem analiz częstości bardzo ciepłych nocy w 6 lokalizacjach w Polsce i dwóch okresach: 1951–2006 i 1979–2006, które wykazały znacznie większy ich przyrost w krótszym okresie (od 1979 r.), sięgający 0,22 dnia/rok w Helu, czy 0,15 dnia/rok w Łodzi (Wibig i in. 2009a). Podobne wyniki uzyskano w Krakowie (Piotrowicz 2007b).

Liczba dni z mrozem ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ) spadała w całym analizowanym okresie, o blisko 0,2 dnia/rok, podobnie liczba dni umiarkowanie mroźnych – średnio o 0,1 dnia/rok. I był to mniejszy spadek niż opisywany w badaniach z Warszawy z lat 1951–2010 (Kossowska-Cezak 2014), a większy niż notowany w Krakowie w latach 1901–2010 (Piotrowicz 2007a).

Liczbę dni z silnie bodźcową dobową amplitudą temperatury powietrza ( $\Delta t \geq 12^{\circ}\text{C}$ ) cechował stały i statystycznie istotny wzrost o 0,32 dnia/rok, co świadczy o wzmagających się kontrastach termicznych. Z kolei liczba dużych zmian średniej dobowej temperatury powietrza z dnia na dzień ( $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$ ) rosła do 1985 r. w tempie 0,26 dnia/rok, po czym rozpoczął się jej wyraźny, stały i statystycznie istotny spadek o 0,1 dnia/rok. Średnia liczba dni przymrozkowych ( $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$  i  $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ ) wahała się w analizowanym okresie znacznie, ale wyznaczony trend był praktycznie niezmienny do 2003 r., po czym zaczął wykazywać duży, choć statystycznie nieistotny spadek o 1,5 dnia/rok. Świadczy to o rosnącej polaryzacji przejściowych pór roku, coraz więcej dni jest albo wyraźnie ciepłych albo wyraźnie chłodnych.

Zastosowanie metody dekompozycji szeregów czasowych TBATS 2 pozwoliło nie tylko na określenie trendu charakterystyk termicznych, ale też na pokazanie momentu zmiany.

Częstość okresów gorących wyraźnie wzrosła po 1992 r., zaś częstość okresów zimnych, z wyjątkiem lat 1985–1987 była dosyć wyrównana. W każdym z analizowanych 20-leci wystąpiła około połowa notowanych okresów zimnych, a ich pojawianie się w ostatnich latach potwierdza fakt, że zmiany klimatu oznaczają zarówno duży wzrost częstości okresów gorących, jak i wciąż częste okresy zimne. Potwierdzeniem wzrostu częstości okresów gorących jest wspomniana już analiza zmian liczby dni upalnych w okresach 1951–2006 i 1979–2006 (Wibig i in. 2006b), w której jasno widać przyspieszenie przyrostu pojawiania się dni upalnych w drugim okresie, o nawet 0,47 dnia/rok w Poznaniu. Podobnie praca tego samego zespołu autorów analizująca trend dni bardzo mroźnych w latach 1951–2006 na 9 stacjach w Polsce wykazuje spadek ich częstości, ale statystycznie nieistotny (Wibig i in. 2006a).

Zmiany temperatury powietrza znalazły odzwierciedlenie w zmianach częstości skrajnego obciążenia cieplnego, wyrażonego uniwersalnym wskaźnikiem obciążeń cieplnych UTCI. **W większości miast od 1975 r. do 1994 r. notowano wyraźny i często statystycznie istotny wzrost częstości obciążenia silnym stresem ciepła o 0,2–0,6 dni/rok.** Po tym czasie ich liczba wzrastała

nieznacznie lub utrzymywała się na stałym poziomie. **Z kolei liczba dni z silnym stresem zimna malała bardzo zdecydowanie i statystycznie istotnie do zazwyczaj 1989 r.** (Białystok, Gdańsk, Olsztyn) **lub 1990–2000 r.** (Katowice, Łódź, Szczecin) **o 0,8–3,0 dni/rok, po czym zaczęła nieznacznie rosnąć.** Jednak w Lublinie i Warszawie malała stale i istotnie przez cały okres 1975–2014, o 0,5–0,6 dnia/rok. Wyniki te są znacznym uszczegółowieniem analizy wieloletnich zmian obciążających termicznie warunków przedstawionych jako trend średniej obszarowej częstości w Polsce z okresu 1973–2012, która wykazywała duży spadek liczby dni z silnym stresem zimna i wyraźny, choć łagodniejszy wzrost częstości dni z silnym stresem ciepła (Błażejczyk i in. 2015).

#### DEFINIOWANIE OKRESÓW GORĄCYCH I ZIMNYCH

Dwie z hipotez (4 i 5) dotyczyły definiowania okresów gorących i zimnych, a jednym z istotnych celów pracy było porównanie okresów gorących i zimnych definiowanych na 5 różnych sposobów. W zależności od przyjętych kryteriów były to okresy krótkie i szczególnie obciążające (wydzielone na podstawie definicji I i III dla okresów gorących oraz A i C dla zimnych) bądź dłuższe i nieco łagodniejsze (odpowiednio definicje II i IV oraz D i E), ale wciąż wyróżniające się termicznie w odpowiednich porach roku.

**Hipoteza 4 o definiowaniu okresów gorących poprzez ciąg bardzo ciepłych nocy znalazła tylko częściowe potwierdzenie.** Podstawą tej hipotezy była nie tylko wiedza z zakresu klimatu miasta i zjawiska miejskiej wyspy ciepła (Błażejczyk i in. 2014; Kuchcik, Milewski 2016), ale też informacje o tym, że w czasie fali upałów z 2003 roku w Europie Zachodniej to właśnie temperatura minimalna w nocy była szczególnie wysoka, a nie maksymalna w ciągu dnia (Koppe i in. 2004; Michelozzi i in. 2004; Robine i in. 2007). Tego typu okresy zaczęły pojawiać się powszechniej w Polsce dopiero w ostatniej badanej dekadzie, zatem nie można ich wykorzystać w pracach porównawczych i w tym sensie definiowanie okresów gorących jako ciągów bardzo ciepłych nocy nie może być uniwersalne - noce takie występują rzadko, jeszcze rzadziej notowane są ich ciągi. Jednak w latach 2005–2014 prowadziły one do istotnego wzrostu umieralności ogólnej wynoszącej od 13% w Łodzi przez 30% we Wrocławiu po 35% w Lublinie (wśród kobiet 65+ wzrost ryzyka zgonu był jeszcze wyższy i sięgał 44% we Wrocławiu i 77% w Lublinie). I był to wzrost większy niż notowany w latach 2007–2014 w Hong Kongu gdzie sięgał ogółem 8% (Ho i in. 2017) czy w Barcelonie, gdzie w latach 2003–2013 podczas następujących po sobie nocy tropikalnych wynosił ogółem 9,2% (Royé 2017).

Potwierdziła się hipoteza 5, zakładająca że definiowanie okresów gorących i zimnych z wykorzystaniem wartości centyli temperatury powietrza obliczanych dla kolejnych dekad analizowanego okresu jest bardziej adekwatne w badaniach umieralności niż przyjmowanie absolutnych, z góry wyznaczonych progów. **Sposobem definiowania okresów gorących i zimnych, który wydzielał intensywne, a odpowiednio liczne okresy gorące i zimne okazało się wykorzystanie wartości odpowiednio 99 centyla temperatury maksymalnej powietrza i 1 centyla temperatury minimalnej obliczanych dla kolejnych dekad.** Takie podejście uwzględniało cechy klimatu danego miejsca, ale także zmiany klimatu i powodowało, że okresy gorące i zimne można było wydzielić także w takich miastach jak Gdańsk czy Wrocław. Takie same

wartości centyla (1 i 99) przyjęto w przestrzennej analizie relacji temperatura-umieralność w USA (Nordio i in. 2016). W innych pracach analizujących umieralność w okresach szczególnie gorących wykorzystywano następujące wartości centyla: 95 (Rey i in. 2007; Kyselý i in. 2008, 2012), 90, 95 i 97 (Saha i in. 2014), 2,5 i 97,5 – w badaniu z wielu krajów na całym świecie (Gasparrini i in. 2015b), 98 centyl średniej temperatury z analizowanego okresu (Kyselý i in. 2008; Åström i in. 2013), 99 centyl z temperatury okresu letniego (Gasparrini i in. 2015a), czasem też obliczano ryzyko zgonu dla wartości poniżej wartości 25 centyla i powyżej wartości 75 centyla średniej temperatury powietrza (Bobb i in. 2014).

### OKRESY GORĄCE I ZIMNE A UMIERALNOŚĆ

Jednym z najważniejszych celów opracowania była ocena wpływu skrajnych warunków termicznych na umieralność przy założeniu, że prowadzą one bezpośrednio lub pośrednio zgon, najczęściej z niewielkim opóźnieniem w stosunku do bodźca (hipoteza 2).

Analizę umieralności w zależności od warunków atmosferycznych prowadzono przy użyciu uogólnionych modeli addytywnych GAM z uwzględnieniem długookresowego trendu i zmienności sezonowej liczby zgonów, roku badania, dnia tygodnia oraz średniej dobowej temperatury powietrza (m.in. Schwartz 2000; Davis i in. 2003; Pattenden i in. 2003; Rey i in. 2007; Rabczenko i in. 2009, 2015; Schifano i in. 2012; Isaksen i in. 2016). W analizie wpływu zarówno okresów szczególnie gorących, jak i mroźnych na umieralność uwzględniono możliwe rozłożenie efektu w czasie – założono, że efekt ten może przedłużać się do 7 dni po wystąpieniu niekorzystnych warunków. Za miarę wzrostu lub spadku umieralności w danych warunkach pogodowych przyjęto ryzyko względne zgonu, które obrazuje, w jaki sposób zmienia się ryzyko zgonu w momencie zmiany narażenia populacji na badany czynnik. Dla okresów gorących i zimnych było to ryzyko związane z ich wystąpieniem, dla zmiennej o charakterze ciągłym tj. temperatura powietrza czy wartość wskaźnika UTCI, było to ryzyko związane ze wzrostem (spadkiem) temperatury o określonej wartości.

Najwyższe ryzyko względne zgonu (RR) obliczono dla okresów gorących zdefiniowanych według definicji III, opartej na 99 centylu temperatury maksymalnej. Wzrost umieralności ogólnej w okresach gorących w lipcu i sierpniu sięgał 50% w Poznaniu i 32% w Łodzi, a wśród osób powyżej 65 r.ż. odpowiednio 56% i 45% (jeszcze więcej wśród kobiet 65+: 66% i 55%). Kilkudniowe ciągi bardzo ciepłych nocy prowadziły do znaczącego wzrostu RR zwłaszcza kobiet 65+ (o 74% we Wrocławiu, 59% w Lublinie) i ogólnie osób starszych. Wzrost umieralności na choroby układu krążenia w okresach gorących wynosił 52% w Poznaniu, a wartości 32–36% notowano w Białymstoku, Łodzi i Wrocławiu. W falach upałów (definicja I) istotny statystycznie wzrost RR wśród ludności ogółem i osób powyżej 65 r.ż. był najwyższy w Lublinie, gdzie sięgał 68%. Zgonów z powodu chorób układu oddechowego było niewiele i nawet nieznaczny wzrost ich liczby, prowadził do znaczącej procentowej różnicy ryzyka zgonów.

**Łącznie we wszystkich 8 miastach najwyższy wzrost ryzyka zgonu odnotowano w okresach gorących wyznaczonych według definicji opartej na wartości 99 centyla temperatury maksymalnej: 27% ogółem (31% wśród osób 65+), 36% wśród kobiet (39% wśród kobiet 65+), 18% wśród mężczyzn (22% wśród mężczyzn 65+).** Odpowiednie wartości dla zgonów z powodu chorób układu krążenia wyniosły 29% ogółem (34% wśród osób 65+), 40% wśród kobiet i 16% wśród mężczyzn. Umieralność w Polsce podczas okresów gorących była zatem średnio wyższa niż szacowane w projekcie EuroHEAT 12,4% dla krajów Europy Środkowej (Menne, Matthies 2009; D'Ippoliti 2010), czy notowana w Niemczech w latach 2001-2010, gdzie średni wzrost zgonów kobiet w falach upałów wyniósł 18,7%, a mężczyzn 11,4% (Zacharias i in. 2014). Wzrost ryzyka zgonu ogółem podczas okresów gorących w Polsce był też wyższy niż w Wielkiej Brytanii (10 regionów) latach 1993-2006 (16,7%), czy w USA (135 miasta) w latach 1985-2006 (9,1%), ale mniejszy niż w Hiszpanii (50 miast) w latach 1990-2010 (43,4%) (Gasparrini i in. 2015a).

Porównując wyniki umieralności w okresach gorących wydzielonych na podstawie temperatury pozornej (definicja IV), w dwóch różnych okresach: 1975-2014 i 1993-2012 okazuje się, że w całym okresie 1975-2014 średni wzrost umieralności wyniósł w nich 10,3%, podczas gdy w latach 1993-2002, obejmujących falę upałów z 1994 r. był wyższy i sięgał 15-19% (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik 2006c).

**Wiosenne okresy gorące (pojawiające się w maju i czerwcu) zazwyczaj prowadziły do mniejszego wzrostu umieralności niż to było w przypadku tych z pełni lata.** Jedynym wyjątkiem był Kraków, w którym wiosenne fale upałów i okresy upalne pociągały za sobą wyższą umieralność niż te z lipca i sierpnia. Jest to wynik nieco odmienny od otrzymanego podczas analizy umieralności w 16 miastach w Polsce w 8 latach: 1993-1996 i 1999-2002, kiedy to w wiosennych falach upałów wzrost umieralności na południu Polski sięgał 30%, a średnio był tylko o 4% niższy w porównaniu z okresami gorącymi z wszystkich miast z pełni lata (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). Podobnie duże znaczenie wczesnych fal upałów potwierdzone zostało w analizie liczby zgonów w latach 1987-2005 w 43 miastach Stanów Zjednoczonych. Wzrost umieralności w pierwszej fali danego roku wynosił 5%, a w ostatniej 2,6% - jasno wskazując na brak adaptacji ludzi do upałów po miesiącach chłodnych (Anderson, Bell 2011). Jednak oba przytoczone badania obejmowały krótsze okresy i dotyczyły innych definicji fal upałów.

Zimą najwyższe wzrosty umieralności odnotowano w okresach zimnych zdefiniowanych według 1 centyla  $t_{\min}$  (definicja C) oraz w falach mrozów (przynajmniej 3 kolejne dni z  $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ , definicja A), jednak tych drugich było znacząco mniej niż pierwszych. Wzrost liczby zgonów ogółem w okresach zimnych sięgał 23% w Krakowie i 18% w Warszawie. W Gdańsku czy Wrocławiu jedynie w okresach zdefiniowanych według definicji D i E, łagodniejszych, obejmujących więcej dni, notowany był wzrost umieralności sięgający nawet 12%. Wzrost umieralności w grupie chorób układu krążenia był wyższy niż umieralności ogólnej, sięgał 39% w Białymstoku i 24-28% w wielu innych miastach. W przeciwieństwie do okresów gorących, w czasie okresów zimnych zaznaczał się wzrost liczby zgonów wśród mężczyzn poniżej 65 r.ż., wynikający zapewne z zagrażających życiu zachowań, związany w szczególności z negatywnym działaniem spożywanego alkoholu (Freund i in. 1994; Jankowski 2002; Yoda i in. 2008).



Analiza sumaryczna wpływu okresów zimnych na zgony we wszystkich miastach, w całym okresie 1975–2014 potwierdziła, że **najwyższe wzrosty umieralności notowane były w okresach wydzielonych na podstawie 1 centyla temperatury minimalnej, liczonego dla kolejnych dekad (definicja C)**, w drugiej kolejności w ciągach dni bardzo mroźnych (fala mrozów – definicja A). Obie definicje określały termicznie najbardziej „surowe” okresy zimne. W badaniach obejmujących najcieplejsze regiony Polski powinny być z kolei stosowane definicje D i E, obejmujące więcej dni, wyznaczające okresy zimne o łagodniejszym przebiegu. **Średni wzrost RR ogółem w okresach zimnych wyniósł 14,6%, a 16,5% wśród osób 65+.** Wyższy był wśród mężczyzn – 17,1% (18,3% wśród mężczyzn 65+), **niż kobiet – 11,3%** (15,9% wśród kobiet 65+). Wzrost RR z powodu chorób układu krążenia wyniósł 21,3% (23,5% wśród osób 65+), wśród ogółu kobiet sięgnął 22,8%, a wśród ogółu mężczyzn 21,9%.

Dla porównania w Holandii w latach 1979–1997 w okresach zimnych wzrost umieralności ogólnej wynosił 12,8% w stosunku do cieplejszych dni zimowych (Huynen i in. 2001). W krajach skandynawskich, Wielkiej Brytanii i Irlandii wzrost umieralności w okresach szczególnie mroźnych zwłaszcza wśród osób starszych wynosi 5-30% (Donaldson i in. 1998b; Kunst i in. 1993; Eng, Mercer 2000).

#### SKRAJNE WARUNKI TERMICZNE A UMIERALNOŚĆ

Krzywe regresji umieralności względem temperatury powietrza i wartości wskaźników biometeorologicznych w zależności od temperatury powietrza w Polsce przyjmowały kształt pomiędzy literą U i V – krzywa po stronie niskiej temperatury była łagodniejsza, po stronie wysokiej – bardziej stroma, co wskazywało na szybszy wzrost umieralności w środowisku gorącym i było potwierdzeniem analiz innych autorów (Curriero i in. 2002; Kuchcik 2003; Kozłowska-Szczęсна i in. 2004; Błażejczyk, McGregor 2007; Baccini i in. 2008; Anderson, Bell 2011; Kuchcik, Degórski 2009; Gasparrini i in. 2015b).

Wyraźny był podział klimatyczny między miasta położone w „cieplejszych” i „zimniejszych” regionach Polski. **W miastach „cieplejszych”, do których zaliczała się Łódź, Poznań, Warszawa i Wrocław, położonymi w regionie bioklimatycznym Centralnym, najniższe ryzyko względne zgonu występowało między wartością  $t_{max}$  powietrza od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $10^{\circ}\text{C}$ .** Poniżej tego przedziału RR wznosiło się nieznacznie, zaś powyżej  $21-22^{\circ}\text{C}$  zaczynało szybko rosnać. Przy  $30^{\circ}\text{C}$  wartość RR wzrastało o 10%, przy  $33^{\circ}\text{C}$  – o 20%, a przy  $37^{\circ}\text{C}$  – o 30%. **W miastach zwanych „chłodniejszymi”, w Białymstoku, Gdańsku i Lublinie** (regiony bioklimatyczne Nadmorski Północno-wschodni i Południowo-wschodni) **wyraźne optimum termiczne wynosiło  $18-20^{\circ}\text{C}$ ,** a wzrost umieralności o 10% w stosunku do oczekiwanej pojawiał się dopiero przy  $t_{max}$   $33^{\circ}\text{C}$ . Zależności wykreślone dla Krakowa (region Świętokrzysko-małopolski) przyjmowały formy pośrednie między „cieplejszymi” i „chłodniejszymi” miastami.

W warunkach zimnych w Białymstoku 10%-owy wzrost ryzyka zgonu ogółem występował już przy temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ , w Gdańsku przy  $-12^{\circ}\text{C}$ , w Krakowie przy  $-18^{\circ}\text{C}$ . W środowisku zimnym wzrost umieralności wśród osób 65+ zaznaczał się słabiej niż w całej populacji, co może wynikać z zachowań przystosowawczych, np. z pozostawiania osób starszych w domach w dniach szczególnie mroźnych.

**Umieralność kobiet była wyraźnie mniejsza w warunkach skrajnego zimna niż umieralność mężczyzn, a silnie rosła w warunkach gorących (do 50% w Łodzi przy 37°C). Z kolei umieralność mężczyzn w warunkach gorących była mniejsza niż wśród kobiet, ale w warunkach mroźnych – znacząco większa.** W umieralności mężczyzn zaznaczało się wyraźne optimum termiczne równe: 18–19°C w Gdańsku, 19–20°C w Białymstoku i Lublinie, czy 22–23°C w Krakowie i Poznaniu. W  $t_{\max}$  poniżej -8°C w Białymstoku, -11°C w Krakowie, -13°C w Gdańsku i Poznaniu RR wśród ogółu mężczyzn rosło o ponad 10%. Od tego wzorca wyraźnie odbiegała Warszawa, gdzie nie notowano nadwyżki zgonów mężczyzn w warunkach zimnych, optimum termiczne było bardzo szerokie, za to w warunkach gorących RR rosło bardzo podobnie jak wśród kobiet. W tym miejscu można zadać pytanie: czy wpływają na to relatywnie dobre warunki społeczno-ekonomiczne, styl życia oraz pracy, czy najwyższe w Polsce PKB notowane w Warszawie?

Umieralność z przyczyn chorób układu krążenia w zależności od temperatury maksymalnej powietrza wyglądała bardzo podobnie do umieralności ogólnej, jedynie wartości RR były wyższe. W warunkach gorących wzrost ryzyka zgonu rzędu 10% występował przy temperaturze 29°C w Warszawie, 30°C w Łodzi i Poznaniu, 31°C we Wrocławiu i Krakowie i aż 33–34°C w Gdańsku i Lublinie. Wzrost RR o kolejne 10% w Warszawie, Łodzi i Poznaniu pojawiał się przy zmianie temperatury powietrza o następne 3°C, wzrost RR o kolejne 10% towarzyszył zmianie temperatury powietrza już tylko o 2°C.

W warunkach niskiej temperatury powietrza wzrost ryzyka zgonu o więcej niż 10% z powodu chorób układu krążenia pojawiał się przy temperaturze -4°C w Lublinie i Białymstoku, -10°C w Gdańsku i -14°C w Krakowie. W Poznaniu, Wrocławiu i Warszawie wzrost RR w temperaturze -20°C sięgał zaledwie 6–9%.

Różnice optimum termicznego między miastami były najwyraźniejsze w przypadku krzywych regresji dotyczących zgonów na choroby układu oddechowego. W Łodzi, Warszawie, Gdańsku optimum wynosiło 18°C, w Białymstoku 20°C, w Poznaniu 21°C, w Krakowie i Wrocławiu 23°C.

**Brak obciążeń cieplnych określonych wskaźnikiem UTCI wyraźnie sprzyjał spadkowi umieralności w Lublinie, Gdańsku i Białymstoku, zaś w pozostałych miastach wydawał się być obojętny, a najniższe wartości umieralności notowane były przy umiarkowanym, a nawet silnym obciążeniu stresem zimna.**

We Wrocławiu, Poznaniu i Łodzi w warunkach obciążenia stresem zimna wzrost umieralności ogólnej się nie zaznaczał, w Warszawie, Krakowie i Lublinie wzrost RR nie przekraczał 10% w warunkach bardzo silnego i nieznosnego stresu zimna. Z kolei już obciążenie umiarkowanym stresem ciepła powodowało wyraźny wzrost ryzyka zgonu, sięgający nawet 10% w Warszawie, Poznaniu i Łodzi. Pod wpływem silnego stresu ciepła w większości miast, z wyjątkiem Gdańska i Lublina, wzrost RR wynosił 10–20%, przy bardzo silnym stresie ciepła – ryzyko zgonu zwiększało się powyżej 20%, a w Warszawie nawet o więcej niż 30%.

Ekstremalne warunki termiczne, zwłaszcza wysoka temperatura powietrza prowadziła w Polsce do wzrostu umieralności, większego wśród kobiet niż mężczyzn. Wyniki te stanowią potwierdzenie opisywanej w przeglądzie literatury słabszej biologicznej adaptacji organizmu kobiet do wysokiej temperatury

powietrza (Ichinose-Kuwahara i in. 2010; Chesire 2016), w tym zwłaszcza kobiet po menopauzie (Kenney, Munce 2003; Hajat i in. 2007; Rey i in. 2009). Z kolei w warunkach skrajnego zimna umieralność mężczyzn znacząco przewyższała umieralność kobiet, co wynika m.in. z większego udziału tkanki tłuszczowej u kobiet oraz z mniejszej powierzchni ciała, na której dochodzi do wymiany ciepła z otoczeniem, w efekcie mniejszego narażenia na wychłodzenie (LeBlanc i in. 1978; Wagner, Horvath 1985; Young i in. 1996; Kenney, Munce 2003). Poza tym często niebezpieczne zachowania mężczyzn narażających się na wychłodzenie przy skrajnie niskich wartościach temperatury powietrza prowadzą do wzrostu umieralności (Freund i in. 1994; Yoda i in. 2008).

Z analizy regresji umieralności względem warunków termicznych wynika, że miasta nie układają się jak w regionach bioklimatycznych. W tym kontekście regionalizacja bioklimatyczna T. Kozłowskiej-Szczęsnej i innych (1997) zmodyfikowana przez K. Błażejczyka (2004) nie znajduje odzwierciedlenia w badaniach dotyczących umieralności. Zależność liczby zgonów od warunków termicznych w Białymstoku, Olsztynie i Gdańsku, zwłaszcza od skrajnego ciepła łączyła je w jedną grupę, zaś w Krakowie zależności te były zbliżone do wyników z miast z Regionu Centralnego. Zatem dwa najchłodniejsze regiony: Północno-wschodni i Południowo-wschodni, ale także chłodny Region Nadmorski w takich badaniach są bardzo do siebie zbliżone.

Podobieństwo zależności ryzyka zgonu od warunków termicznych w Białymstoku i Lublinie być może nie wynika głównie z podobieństwa warunków termicznych, ale z innych przyczyn. Województwa te w porównaniu z województwem mazowieckim cechuje wiele oczywistych różnic: demograficznych, społecznych, ekonomicznych, w dostępie do warunków sprzyjających zdrowiu, czy poziomowi edukacji. W 2014 r. wartość PKB na mieszkańca w województwach lubelskim i podlaskim wynosiła 31,2 tys. zł oraz 32,3 tys. zł, w pomorskim 42,6 tys. zł, podczas gdy w mazowieckim 71,7 tys. zł przy średniej w Polsce 44,7 tys. zł (GUS 2014). Zapewne te fakty także mają wpływ na stopień wrażliwości społeczeństwa danego miasta na skrajne warunki termiczne, nawet w kontekście dostępu do drogiego w Polsce ogrzewania zimą i do korzystania z kosztownych urządzeń klimatyzacyjnych latem.

Duży wpływ na podwyższoną umieralność mężczyzn w skrajnie mroźnych warunkach w Gdańsku, Krakowie czy Wrocławiu ma zapewne spożycie alkoholu znacznie powyżej średniej w Polsce w województwach pomorskim, małopolskim i dolnośląskim. Z kolei zmniejszona umieralność w Warszawie, Poznaniu czy Łodzi w czasie mrozów silnie współgra z mniejszym od średniej spożyciem alkoholu w odpowiednich województwach centralnej części kraju (TNS 2013).

Wiele badań epidemiologicznych uwzględnia sytuację społeczno-ekonomiczną czy pochodzenie osób w analizie zależności umieralności od czynników środowiskowych. Wykazują one zwiększone ryzyko zgonu osób żyjących samotnie, bezdomnych, uzależnionych od alkoholu, osób nie opuszczających miejsc zamieszkania (potrojenie ryzyka zgonu), chorych psychicznie, osób czarnoskórych (w USA 2-3 krotnie większe ryzyko w porównaniu z osobami z jasną skórą), starszych, osób z niskim wykształceniem i o niskim dochodzie, zatem ogólnie osób często społecznie wykluczonych (Rango 1984; Gornick



i in. 1996; Semenza i in. 1996; Kaiser i in. 2001; Basu, Samet 2002; Naughton i in. 2002; Berko i in. 2014).

Na pewno ciekawe byłoby w przyszłości wprowadzenie do badań polskich informacji o sytuacji społeczno-ekonomicznej osób i tym samym uściślenie wielkości wpływu samego środowiska termicznego na człowieka.

#### ADAPTACJA DO SKRAJNYCH WARUNKÓW TERMICZNYCH

Ostatnim sprawdzanym założeniem było, że w okresie 40 lat nastąpiła adaptacja populacji do cieplejszych warunków termicznych oraz, przede wszystkim, poszerzyła się znajomość zachowań mających na celu uniknięcie negatywnych skutków upałów. W efekcie tego wraz ze wzrostem częstości skrajnych warunków termicznych w XXI wieku występuje złagodzenie wzrostu umieralności w porównaniu do lat 80. i 90. XX wieku.

W celu zbadania prawdziwości hipotezy 3 w przypadku okresów gorących i zimnych obliczenia ryzyka zgonu w miastach wykonano w kolejnych dekadach badanego 40-lecia: 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014. Podział okresu na dekady stosowali także inni autorzy (Davis i in. 2003; Miron i in. 2012; Petkova i in. 2014).

Analiza porównawcza ryzyka zgonu w okresach gorących między poszczególnymi dekadami wykazała, że w 6 na 8 analizowanych miast (z wyjątkiem Białegostoku i Gdańska) w dekadzie 2005–2014 RR zgonu było zdecydowanie niższe w porównaniu z poprzednimi dekadami. Analiza łączna ryzyka względnego zgonu we wszystkich 8 miastach wykazała, że najwyższe RR występowało w latach 1985–1994, zaś w ostatniej dekadzie, pomimo podobnej intensywności okresów gorących RR wyraźnie zmalało w stosunku do lat 1990. **Świadczy to o adaptacji Polaków do warunków gorących, w tym zwłaszcza kobiet, a w nieco mniejszym stopniu mężczyzn.**

Jest to potwierdzeniem badań, w których autorzy wiążą spadek ryzyka zgonu w falach upałów z poprawą standardów życia, upowszechnieniem urządzeń klimatyzacyjnych, większą świadomością społeczną negatywnego oddziaływania środowiska termicznego na ludzi oraz interwencjami władz lokalnych mającymi na celu poprawę bezpieczeństwa ludzi w czasie upałów (Sheridan i in. 2009; Nordio i in. 2015; Arbuthnott i in. 2016). Badania w Szwecji obejmujące lata 1901–2009 wykazały wzrost ryzyka zgonu ogółem w okresach gorących sięgający 29% w latach 1920., 11–16% w połowie XX wieku i zaledwie 6% w latach 2000–2009 (Åström i in. 2013). Podobna analiza ryzyka zgonu w Nowym Jorku w latach 1900–1948 oraz 1973–2006 wśród osób powyżej 65 r.ż. wykazała jego spadek z 1,57 na początku XX wieku po 1,09 w 2000 w pierwszych latach XXI wieku (Petkova i in. 2014).

Potwierdziła się zatem część hipotezy, że wraz ze wzrostem częstości skrajnie gorących warunków termicznych w XXI wieku występuje złagodzenie wzrostu umieralności w porównaniu do lat 80. i 90. XX wieku.

Nieco inaczej przedstawia się sytuacja z adaptacją do okresów zimnych. W okresach zimnych najczęściej istotnych wzrostów umieralności odnotowano w dekadach 1985–1994 i 2005–2014. W Białymstoku ryzyko zgonu ogółem w ostatniej dekadzie sięgało 1,36, a z powodu chorób układu krążenia 1,56.

W Krakowie ryzyko zgonu ogółem wynosiło 1,27 w dekadzie 1984–1995 i 1,22 w latach 2005–2014. W Łodzi i Warszawie RR było najwyższe w ostatnich latach i sięgało 1,31 dla zgonów ogółem i 1,44 z powodu chorób układu krążenia w Łodzi i odpowiednio 1,11 i 1,12 w Warszawie (wśród mężczyzn w grupie zgonów z powodu chorób układu krążenia – 1,33). W Poznaniu RR ogółem było najwyższe w latach 1985–1994 osiągając istotny statystycznie wynik 1,14, we Wrocławiu umieralność w okresach zimnych rosła w ostatnich dwóch dekadach. **Proces adaptacji do warunków skrajnie mroźnych ogólnie nie był widoczny.** W niektórych miastach, jak w Poznaniu czy Lublinie w ostatnich latach umieralność wyraźnie zmalała, w większości miast – wzrosła.

Analiza sumaryczna wykazała, że umieralność ogólna i z powodu chorób układu krążenia w okresach zimnych nie malała z czasem. Spadek umieralności był widoczny wśród zgonów z powodu chorób układu oddechowego, jednak wyniki te były statystycznie nieistotne.

Potwierdzenie tezy o braku adaptacji do warunków zimna można znaleźć w obszernym, przekrojowym badaniu z kilkuset miast z 13 krajów na całym świecie (Gasparrini i in. 2015b), w którym jednak uwzględniano aż 21-dniowe opóźnienie efektu w stosunku do bodźca. Podobnie w badaniach szwedzkich z lat 1901–2009 spadek umieralności w okresach szczególnie mroźnych się nie zaznaczył (Åström i in. 2013). Oczywiście w badaniach epidemiologicznych uwzględniających 100–150 letnie serie zgonów zaznacza się opisywany przez autorkę w przeglądzie literatury spadek umieralności w okresie zimowym w XX wieku, ale wynika on z rozwoju cywilizacyjnego i uniezależniania się od warunków środowiskowych, a nie dotyczy umieralności w skrajnie mroźnych warunkach termicznych (Carson i in. 2006; Ekamper i in. 2009)

Wnioski płynące z analizy skłaniają autorkę do przyszłej modyfikacji badań, przede wszystkim uwzględnienia różnych długości założonego przedłużania się efektu oddziaływania warunków gorących lub zimnych. W następnych badaniach skróceniu do 3 dni uległby czas po okresach gorących, wydłużeniu do 10–12 dni czas po wystąpieniu okresów zimnych. Z kolei do analizy wykorzystane byłyby prawdopodobnie tylko definicja I i III okresów gorących oraz C i A okresów zimnych, zatem te definicje, na podstawie których wydzielane są okresy prawdziwie skrajnie termiczne.

Przedstawiona praca ujmuje zagadnienia czysto klimatologiczne i bioklimatologiczne, ale także dotyka kwestii medycyny i demografii w Polsce na przestrzeni 40 lat. Autorka ma nadzieję, że odbiorcy treści w niej zawartych znajdą rzetelnie przeanalizowany i udokumentowany materiał. Powyższe badania posłużyć mogą w przyszłości do stworzenia modelu realnych wzrostów i spadków umieralności pod wpływem skrajnych warunków termicznych w poszczególnych miastach Polski, z uwzględnieniem procesu adaptacji do nich. Mogą stać się także podstawą kolejnych dokładniejszych analiz umieralności w skrajnych warunkach termicznych.

## LITERATURA

- Alber-Wallerström B., Holmér I., 1985, *Efficiency of sweat evaporation in unacclimatized man working in a hot humid environment*, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54, 55, s. 480–487.
- Almeida S.O., Casimiro E., Calheiros J., 2010, *Effects of apparent temperature on daily mortality in Lisbon and Oporto, Portugal*, *Environmental Health*, 9:12, <http://www.ehjournal.net/content/9/1/12>.
- Analtis A., Katsouyanni K., Biggeri A., Baccini M., Forsberg B., Bisanti L., Kirchmayer U., Ballester F., Cadum E., Goodman P.G., Hojs A., Sunyer J., Tiittanen P., Michelozzi P., 2008, *Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project*, *American Journal of Epidemiology*, 168, 12, s. 1397–1408.
- Anderson G.B., Bell M.L., 2011, *Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities*, *Environmental Health Perspectives*, 119, 2, s. 210–218.
- Arbuthnott K., Hajat S., Heaviside C., Vardoulakis S., 2016, *Changes in population susceptibility to heat and cold over time: assessing adaptation to climate change*, *Environmental Health*, 15(Suppl 1), 33, s. 73–93.
- Argaud L., Ferry T., Le Q.H., Marfisi A., Ciorba D., Achache P., Ducluzeau M., Robert D., 2007, *Short- and long-term outcomes of heatstroke following the 2003 heat wave in Lyon, France*, *Archives of Internal Medicine*, 167, 20, s. 2177–2183.
- Åström D.O., Forsberg B., Edvinsson S., Rocklöv J., 2013, *Acute fatal effects of short-lasting extreme temperatures in Stockholm, Sweden: evidence across a century of change*, *Epidemiology*, 24, s. 820–829.
- Åström D.O., Schifano P., Asta F., Lallo A., Michelozzi P., Rocklöv J., Forsberg B., 2015, *The effect of heat waves on mortality in susceptible groups: a cohort study of a mediterranean and a northern European City*, *Environmental Health*, 14, 30.
- Auliciems A., Skinner J.L., 1989, *Cardiovascular deaths and temperature in subtropical Brisbane*, *International Journal of Biometeorology*, 33, 4, s. 215–221.
- Auliciems A., Frost D., 1989, *Temperature and cardiovascular deaths in Montreal*, *International Journal of Biometeorology*, 33, 3, s. 151–156.
- Aylin P., Morris S., Wakefield J., Grossinho A., Jarup L., Elliott P., 2001, *Temperature, housing, deprivation and their relationship to excess winter mortality in Great Britain, 1986–1996*, *International Journal of Epidemiology*, 30, 5, s. 1100–1108.
- Baccini M., Biggeri A., Accetta G., Kosatsky T., Katsouyanni K., Analtis A., Anderson H.R., Bisanti L., D'Ippoliti D., Danova J., Forsberg B., Medina S., Paldy A., Rabaczenko D., Schindler Ch. Michelozzi P., 2008, *Heat Effects on Mortality in 15 European Cities*, *Epidemiology*, 19, 5, s. 711–719.
- Bajbakova E.M., Nevraev G.A., Čubukov L.A., 1963, *Metodika analiza klimata kurortov I meteorologičeskich uslovij klimaoterapii*, *Očerki po Klimatologii kurortov*, Naua, Moskwa, s. 5–42.
- Baranowska M., Boniecka-Żółcik H., Gurba A., 1986, *Weryfikacja skali klimatu odzawalnego dla Polski*, *Przeгляд Geofizyczny*, 31, 1, s. 27–40.

- Baranowska M., Cedzyńska-Ziemia J., 1997, *Meteoropatia w świetle wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród wybranych populacji zamieszkałych w warunkach klimatu Polski*, *Gazeta Obserwatora IMGW*, 3, s. 13–18.
- Baranowska M., Wojtach B., Cedzyńska J., Martynuska A., 2000, *Czas reakcji a pogoda. Wyniki eksperymentu pomiarowego MZK z 1984 r. po eliminacji procesu uczenia się*, [w:] *Doskonalenie systemu informacji biometeorologicznej, raport końcowy grupy tematycznej M-15*, IMGW, Warszawa [manuskrypt].
- Baranowski W., 1936, *Kilka uwag o wpływie czynników atmosferycznych na częstość zgonów*, *Polska Gazeta Lekarska*, 35, s. 686–687.
- Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., Garcia-Herrera R., 2011, *The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe*, *Science*, 08.04.2011: 332 (6026), s. 220–224.
- Basu R., Samet J.M., 2002, *Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence*, *Epidemiologic Reviews*, 24, 2, s. 190–202.
- Berko J., Ingram D.D., Saha S., Parker J.D., 2014, *Deaths attributed to heat, cold and other weather events in the United States, 2006-2010*, *National Health Statistics Reports*, 76, July 30, ss. 15.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, *Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951–2006*, *Prace Geograficzne*, 132, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, s. 59–98.
- Biernacki A., Czarniecki W., Grzędziński E., Chełchowski W., 1966, *Badania nad wpływem biometeorologicznym zespołu tzw. parności na ciśnienie tętnicze*, *Wiadomości Uzdrawiskowe*, XI, 1/2, s. 77–83.
- Błażejczyk K., 1993, *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem i otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, *Prace Geograficzne*, IGiPZ PAN, 159.
- Błażejczyk K., 1998, *Promieniowanie słoneczne a gospodarka ciepła organizmu człowieka*. Zeszyty IGiPZ PAN, 51, Warszawa.
- Błażejczyk K., 2004, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, *Prace Geograficzne*, 192.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Błażejczyk A., 2015, *Wpływ klimatu na stan zdrowia w Polsce: stan aktualny oraz prognoza do 2100 roku*, Wydawnictwo Akademickie SEDNO, Warszawa.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Pisarczyk S., Śmietanka M., 1998, *Wpływ warunków meteorologicznych na zachorowalność mieszkańców Warszawy*, *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica*, 3, s. 145–151.
- Błażejczyk K., Broede P., Fiala D., Havenith G., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., 2010, *UTCI – Nowy wskaźnik oceny obciążeń cieplnych człowieka*, *Przegląd Geograficzny*, 82, 1, s. 49–71.
- Błażejczyk K., Epstein Y., Jendritzky G., Staiger H., Tinz B., 2012, *Comparison of UTCI to selected thermal indices*, *International Journal of Biometeorology*, 56, 3, s. 515–535.
- Błażejczyk K., Kuchcik M., Błażejczyk A., Milewski P., Szmyd J., 2014a, *Assessment of urban thermal stress by UTCI—experimental and modelling studies: an example from Poland*, *Die Erde*, 144, 3, s. 105–116.
- Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P., Dudek W., Kręcisz B., Błażejczyk A., Szmyd J., Degórska B., Pałczyński C., 2014b, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie, uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne*, Wydawnictwo Akademickie SEDNO, Warszawa.
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce, Wydanie 2, poprawione i uzupełnione*, IGiPZ PAN Monografie, 13, Warszawa.

- Błażejczyk K., McGregor G., 2007, *Warunki biotermiczne a umiERALNOŚĆ w wybranych aglomeracjach europejskich*, Przegląd Geograficzny, 79, 3–4, s. 401–423.
- Błażejczyk K., Szyguła Z., 2004, *Wpływ gorącego otoczenia na zdolność wysiłkową sportowca. Jak przygotować zawodnika do startu w Igrzyskach Olimpijskich w Atenach?*, Sport Wyczynowy, 42, 5/6, s. 45–63.
- Bobb J.F., Peng R.D., Bell M.L., Dominici F., 2014, *Heat-related mortality and adaptation to heat in the United States*, Environmental Health Perspectives, 122, 8, s. 811–816.
- Bogucki J., 1967a, *Nowa typologia pogody dla analizy biometeorologicznych podstaw rytmów biologicznych*, Zeszyty Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego, Monografie, 21, Poznań.
- Bogucki J., 1967b, *Wstępne uwagi z badań rytmu dobowego wypadków drogowych w mieście Poznaniu*, Monografie, Podręczniki, Skrypty Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Seria Monografie, 19.
- Bogucki J., Kielczewski B., Tyczka S., 1961, *Rytmika dobowa umiERALNOŚCI dla Poznania w latach 1955–56*, Wiadomości Uzdrowiskowe 1/2, s. 47–50.
- Bogucki J., Kielczewski B., 1968, *UmiERALNOŚĆ w Poznaniu na tle plam słonecznych i rozbłysków (erupcji)*, [w:] *Zagadnienia klimatu i warunków higienicznych na obszarze Poznania i strefy podmiejskiej*, PTPN, Komisja Upowszechniania Nauki, 3, s. 151–158.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2007, *Okresowe wahania temperatury powietrza w Europie w XIX–XXI wieku i ich przyczyny*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, s. 163–174.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1998, *Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, 11, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999a, *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, 13, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wągrowaska M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999b, *Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, 12, Warszawa.
- Braga A., Zanobetti A., Schwartz J., 2002, *The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 US cities*, Environmental Health Perspectives, 110, 9, s. 859–863.
- Brown R.D., 2000, *Northern Hemisphere snow cover variability and change, 1915–97*, Journal of climate, 13, 13, s. 2339–2355.
- Bröde P., Fiala D., Błażejczyk K., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., Tinz B., Havenith G., 2012, *Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*, International Journal of Biometeorology, 56, 3, s. 481–494.
- Bull G.M., Morton J., 1978, *Environment, temperature and deaths rates*, Age Ageing, 7, s. 210–224.
- Burkart K., Meier F., Schneider A., Breitner S., Canário P., Alcoforado M.J., Scherer D., Endlicher W., 2016, *Modification of heat-related mortality in an elderly urban population by vegetation (urban green) and proximity to water (urban blue): evidence from Lisbon, Portugal*, Environmental Health Perspectives, 124, 7, s. 927–934.
- Carson C., Hajat S., Armstrong B., Wilkinson P., 2006, *Declining vulnerability to*



- temperature-related mortality in London over the 20<sup>th</sup> century*, *American Journal of Epidemiology*, 164, 1, s. 77–84.
- Cebulak E., Limanówka D., 2007, *Dni z ekstremalnymi temperaturami powietrza w Polsce*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, s. 185–194.
- Changnon S.D., Changnon D., Fosse E.R., Hoganson D., Roth R.J., Totsch J., 1997, *Effects of recent extremes on the insurance industry: Major implications for the atmospheric sciences*, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, s. 425–435
- Chełchowski W., 1963, *Rzadki przypadek nocy gorącej („tropikalnej”) w Polsce*, *Gazeta Obserwatora PIHM*, 8, s. 3–5.
- Chełchowski W., 1967, *Jeszcze o nocach gorących w Polsce*, *Gazeta Obserwatora PIHM*, 9, s. 3–6.
- Cheshire W.P., 2016, *Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress*, *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 196, s. 91–104.
- Chestnut L., Breffle W., Smith J., Kalkstein L., 1998, *Analysis of differences in hot-weather-related mortality across 44 U.S. metropolitan areas*, *Environmental Science & Policy* 1, s. 59–70.
- Cierniak-Piotrowska M., Marciniak G., Stańczak J., 2015, *Statystyka zgonów i umieralności z powodu chorób układu krążenia*, [w:] Z. Strzelecki, J. Szyborski (red.) *Zachorowalność i umieralność na choroby układu krążenia a sytuacja demograficzna Polski*, Rządowa Rada Ludnościowa, Główny Urząd Statystyczny <http://bip.stat.gov.pl/organizacja-statystyki-publicznej/rzadowa-rada-ludnosciowa/publikacje-rzadowej-rady-ludnosciowej> [dostęp 11.07.2016].
- Clark R.P., Edholm O.G., 1985, *Man and his thermal environment*, E. Arnold Ltd, London.
- Cleveland R.B., Cleveland W.S., McRae J.E., Terpenning I., 1990, *STL: a seasonal-trend decomposition procedure based on loess*, *Journal of Official Statistics*, 6, s. 3–7.
- Clinch J.P., Healy J.D., 2000, *Housing standards and excess winter mortality*, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54, 9, s. 719–720.
- Curriero F., Heiner K., Samet J., Zeger S., Strug L., Patz J., 2002, *Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States*, *American Journal of Epidemiology*, 155, 1, s. 80–87.
- Davis R.E., Hondula D.M., Patel A.P., 2016, *Temperature observation time and type influence estimates of heat-related mortality in seven U.S. cities*, *Environmental Health Perspectives*, 124, 6, s. 795–804.
- Davis R., Knappenberger P., Michaels P., Novicoff W., 2003, *Changing heat-related mortality in the United States*, *Environmental Health Perspectives* 111, 14, s. 1712–1718.
- De Livera A.M., Hyndman R.J., Snyder R. D., 2011, *Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing*, *Journal of the American Statistical Association*, 106(496), s. 1513–1527.
- Diaz J., Garcia R., Velazquez de Castro F., Hernandez E., Lopez C., Otero A., 2002, *Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986–1997*, *International Journal of Biometeorology*, 46, 1, s. 145–149.
- Diaz J., Garcia R., Lopez C., Linares C., Tobias A., Prieto L., 2005, *Mortality impact of extreme winter temperatures*, *International Journal of Biometeorology*, 49, 3, s. 179–183.

- D'Ippoliti D., Michelozzi P., Marino C., de'Donato F., Menne B., Katsouyanni K., Kirchmayer U., Analitis A., Medina-Ramón M., Paldy A., Atkinson R., Kovats S., Bisanti L., Schneider A., Lefranc A., Iñiguez C., Perucci C.A., 2010, *The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project*, Environmental Health, 9:37, <http://www.ehjjournal.net/content/9/1/37> [dostęp 11.11.2016].
- Donaldson G.C., Ermakov S.P., Komarov Y.M., McDonald C.P., Keatinge W.R., 1998a *Cold related mortalities and protection against cold in Yakutsk, eastern Siberia: observation and interview study*, British Medical Journal, 317 (7164), s. 978–982.
- Donaldson G.C., Keatinge W.R., 1997, *Early increases in ischaemic heart disease mortality dissociated from and later changes associated with respiratory mortality after cold weather in south east England*, Journal of Epidemiology and Community Health, 51, s. 643–648.
- Donaldson G.C., Keatinge W.R., 2002, *Excess winter mortality: influenza or cold stress? Observational study*, British Medical Journal, 324 (7329), s. 89–90.
- Donaldson G.C., Tchernjavskii V.E., Ermakov S.P., Bucher K., Keatinge W.R., 1998b, *Winter mortality and cold stress in Yekaterinburg, Russia: interview survey*, British Medical Journal, 316 (7130), s. 514–518.
- Ebi K.L., Teisberg T.J., Kalkstein L.S., Robinson L., Weiher R.F., 2004, *Heat Watch/ Warning Systems save lives. Estimated costs and benefits for Philadelphia 1995–98*, Bulletin of the American Meteorological Society, 85, 8, s. 1067–1073.
- Ekamper P., van Poppel F., van Duin C., Garseen J., 2009, *150 Years of temperature-related excess mortality in the Netherlands*, Demographic Research, 21, 14, s. 385–426.
- Ellis F.P., Prince H.P., Lovatt G., Whittington R.M., 1980, *Mortality and morbidity in Birmingham during the 1976 heatwave*, Quarterly Journal of Medicine, New Series, 193, s. 1–8.
- Ellis F.P., Nelson F., 1978, *Mortality in the elderly in a heat wave in New York City, August 1975*, Environmental Research, 15, 3, s. 504–512.
- EMDAT, Emergency Events Database, <http://www.emdat.be/> [dostęp 11.03.2016].
- Eng H., Mercer J., 2000, *Mortality from cardiovascular diseases and its relationship to air temperature during the winter months in Dublin and Oslo/Akershus*, International Journal of Circumpolar Health, 59, 3–4, s. 176–181.
- Epstein Y., Moran D.S., 2006, *Thermal comfort and the heat stress indices*, Industrial Health, 44, s. 388–398.
- ERZ, 2012, *Europejski Raport Zdrowia 2012: droga do osiągnięcia dobrostanu*, Europejskie Biuro Regionalne WHO, Kopenhaga, <http://www.who.un.org.pl/aktualnosci.php?news=84%26wid=14> [dostęp 11.03.2016]
- Eurowinter Group, 1997, *Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe*, Lancet, 349, s. 1341–1346.
- Fiala D., Havenith G., Bröde P., Kampmann B., Jendritzky G., 2012, *UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation*, International Journal of Biometeorology, 56, 3, s. 429–441.
- Filleul L., Cassadou S., Medina S., Fabres P., Lefranc A., Eilstein D., Le Tertre A., Pascal L., Chardon B., Blanchard M., Declercq C., Jusot J.F., Prouvost H., Ledrans M., 2006, *The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003*, Environmental Health Perspectives, 114, 9, s. 1344–1347.

- Fouillet A., Rey G., Laurent F., Pavillon G., Bellec S., Guihenneuc-Jouyaux C., Clavel J., Jouglu E., Hémon D., 2006, *Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France*, International Archives of Occupational and Environmental Health, 80, 1, s. 16–24.
- Fouillet A., Rey G., Wagner V., Laaidi K., Empereur-Bissonnet P., Le Tertre A., Frayssinet P., Bessemoulin P., Laurent F., De Crouy-Chanel P., Jouglu E., Hémon D., 2008, *Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave*, International Journal of Epidemiology, 37, 2, s. 309–17.
- Freitas C.R., Grigorieva E.A., 2017, *A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices*, International Journal of Biometeorology, 61, 3, s. 487–512.
- Freund B.J., O'Brien C., Young A.J., 1994, *Alcohol ingestion and temperature regulation during cold exposure*, Journal of Wilderness Medicine, 5, 1, s. 88–98.
- Frost D., Auliciems A., 1993, *Myocardial infarct death, the population at risk and temperature habituation*, International Journal of Biometeorology, 37, 1, s. 14–17.
- Gabriel K.M.A., Endlicher W.R., 2011, *Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany*, Environmental Pollution, 159, 8–9, s. 2044–2050.
- Garssen J., Harmsen C., de Beer J., 2005, *The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands*, Eurosurveillance, 10, 7–9, s. 165–167.
- Gasparrini A., Armstrong B., Kenward M.G., 2012, *Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations*, Statistics in Medicine, 31, 29, s. 3821–3839.
- Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M., Kinney P.L., Petkova E.P., Lavigne E., Zanobetti A., Schwartz J.D., Tobias A., Leone M., Tong S., Honda Y., Kim H., Armstrong B.G., 2015a, *Temporal variation in heat–mortality associations: a multi-country study*, Environmental Health Perspectives, 123, 11, s. 1200–1207.
- Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M., Lavigne E., Zanobetti A., Schwartz J., Tobias A., Tong S., Rocklöv J., Forsberg B., Leone M., De Sario M., Bell M.L., Guo Y.-L.L., Wu Ch.-f., Kan H., Yi S.-M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M., Hilario Nascimento Saldiva P., Honda Y., Kim H., Armstrong B., 2015b, *Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multi-country observational study*, Lancet, 386, s. 369–375.
- Gemmell I., McLoone P., Boddy F., Dickinson G., Watt G.C.M., 2000, *Seasonal variation in mortality in Scotland*, International Journal of Epidemiology, 29, 2, s. 274–279.
- Girguś R., Strupczewski W., 1965, *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, ss. 214.
- Goldsmith J.R., Perkins N.M., 1967, *Seasonal variations in mortality*, [w:] S.W. Tromp, W.H. Weihe (red.), *Biometeorology*, 2, 1, Symposium Publications Division, Pergamon Press, Oxford, s. 97–114.
- Gordon Ch., Berk M., 2003, *The effect of geomagnetic storms on suicide*, South African Psychiatry Review, 6 (August 2003), s. 24–27.
- Gorjanc M.J., Flanders W.D., VanDerslice J., Hersh J., Malilay J., 1999, *Effects of temperature and snowfall on mortality in Pennsylvania*, American Journal of Epidemiology, 149, 12, s. 1152–1160.
- Gornick M.E., Eggers P.W., Reilly T.W., Mentnech R.M., Fitterman L.K., Kucken L.E., Vladeck B.C., 1996, *Effects of race and income on mortality and use of services*



- among medicare beneficiaries, *The New England Journal of Medicine*, 335, 11, s. 791–799.
- Gosling S.N., McGregor G.R., Lowe J.A., 2009, *Climate change and heat-related mortality in six cities Part 2: climate model evaluation and projected impacts from changes in the mean and variability of temperature with climate change*, *International Journal of Biometeorology*, 53, 1, s. 31–51.
- Grączewski J., 1972, *Wpływ pogody na zdrowie człowieka, Uwagi lekarza o biometeorologii*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
- Green J.S. Kalkstein .S., Kim K.R., Choi Y.-J. Lee D.-G., 2016, *The application of the European heat wave of 2003 to Korean cities to analyze impacts on heat-related mortality*, *International Journal of Biometeorology*, 60, 2, s. 231–243.
- Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler Ch., Braun-Fahrlander Ch., 2005, *Heat wave 2003 and mortality in Switzerland*, *Swiss Medical Weekly*, 135, s. 200–205.
- Grzędziński E., Czarniecki W., Baranowska M., 1969, *Badania nad wpływem prężności pary wodnej i temperatury powietrza (ze szczególnym uwzględnieniem dni parnych, gorących i upalnych) na ciśnienie tętnicze krwi*, *Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej*, 43, 5/11, s. 1459–1464.
- Grzędziński E., Kopacz M., Czarniecki W., Jaworski W., Gajewski J., Okołowicz W., 1972, *Recherches sur l'influence des facteurs météorologiques sur les symptômes subjectifs humains*, *Cahiers de l'Association Française de Biométéorologie*, 5, 4, s. 5–21.
- Gumiński R., 1931, *Zima roku 1928/29 w Polsce*, *Przegląd Geograficzny*, 11, s. 119–127.
- GUS, 1976, *Rocznik Demograficzny*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- GUS, 1996, *Rocznik Statystyczny Demografii*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- GUS, 2012, *Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011. Raport z wyników*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, [http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/lud\\_raport\\_z\\_wynikow\\_NSP2011.pdf](http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/lud_raport_z_wynikow_NSP2011.pdf) [dostęp 11.07.2016].
- GUS, 2014, *Podstawowe informacje o rozwoju demograficznym Polski do 2013 roku*, Główny Urząd Statystyczny, Departament Badań Demograficznych i Rynku Pracy, [http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/L\\_podst\\_inf\\_o\\_rozwoju\\_dem\\_pl\\_do\\_2013.pdf](http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/L_podst_inf_o_rozwoju_dem_pl_do_2013.pdf) [dostęp 10.02.2016].
- GUS, 2015, *Rocznik Demograficzny*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Guyton A.C., Hall J.E., 2006, *Medical physiology*, wydanie 11, Elsevier Saunders, Philadelphia, <http://vet.uokufa.edu.iq/staff/falah/Textbook%20of%20Medical%20Physiology.pdf> [dostęp 30.09.2016].
- Hajat S., Armstrong B., Baccini M., Biggeri A., Bisanti L., Russo A., Paldy A., Menne B., Kosatsky T., 2006, *Impact of high temperatures on mortality: is there an added heat wave effect?* *Epidemiology*, 17, 6, s. 632–638.
- Hajat S., Kovats R., Atkinson R., Haines A., 2002, *Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach*, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, 5, s. 367–372.
- Hajat S., Kovats R.S., Lachowycz K., 2007, *Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk?* *Occupational and Environmental Medicine*, 64, 2, s. 93–100.
- Hajat S., Sheridan S.C., Allen M.J., Pascal M., Laaidi K., Yagouti A., Bickis U., Tobias A., Bourque D., Armstrong B.G., Kosatsky T., 2010, *Heat-Health Warning Systems: a comparison of the predictive capacity of different approaches to identifying dangerously hot days*, *American Journal of Public Health* 100, 6, s. 1137–1144.
- Hartz D.A., Brazel A.J., Golden J.S., 2013, *A comparative climate analysis of heat-*

- related emergency 911 dispatches: Chicago, Illinois and Phoenix, Arizona USA 2003 to 2006*, International Journal of Biometeorology, 57, 5, s. 669–678.
- Hastie T., Tibshirani R., 1990, *Generalized Additive Models*, Chapman and Hall, London.
- Havenith G., Fiala D., Błażejczyk K., Richards M., Bröde P., Holmér I., Rintamaki H., Benschabat Y., Jendritzky G., 2012, *The UTCI-clothing model*, International Journal of Biometeorology, 56, 3, s. 461–470.
- Hayhoe K., Sheridan S., Kalkstein L., Greene S., 2010, *Climate change, heat waves, and mortality projections for Chicago*, Journal of Great Lakes Research, 36, s. 65–73.
- Healy J., 2003, *Excess winter mortality in Europe: a cross-country analysis identifying key risk factors*, Journal of Epidemiology and Community Health, 57, 10, s. 784–789.
- Ho H.C., Lau K.K.-L., Ren C., Ng E., 2017, *Characterizing prolonged heat effects on mortality in a sub-tropical high-density city, Hong Kong*, International Journal of Biometeorology, DOI 10.1007/s00484-017-1383-4.
- Hogan D.E., Burstein J.L., 2007, *Disaster medicine, Second edition*, Lippincott Williams&Wilkins, Wolters Kluwer, Philadelphia.
- Höppe P., 1999, *The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*, International Journal of Biometeorology, 43, 2, s. 71–75.
- Hsia L.B., Lu J.K., 1988, *Association between temperature and death in residential populations in Shanghai*, International Journal of Biometeorology, 32, 1, s. 47–51.
- Huynen M.M.T.E., Martens P., Schram D., Weijenberg M.P., Kunst A.E., 2001, *The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population*, Environmental Health Perspectives, 109, 5, s. 463–470.
- Hyndman R.J., Khandakar Y., 2008, *Automatic time series forecasting: the forecast package for R*, Journal of Statistical Software, 27, 3, s. 1–22.
- ICD-9, 1983, *Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób, Urazów i Przyczyn Zgonów, Rewizja Dziewiąta*, Ministerstwo Zdrowia i Opieki społecznej, PZWL, Warszawa.
- ICD-10, 2012, *Międzynarodowa Statystyczna Klasyfikacja Chorób i Problemów Zdrowotnych, Rewizja dziesiąta*, tom I, Centrum Systemów Informacyjnych Ochrony Zdrowia, <http://www.icd10.pl/> [dostęp 11.01.2016].
- Ichinose-Kuwahara T., Inoue Y., Iseki Y., Hara S., Ogura Y., Kondo N., 2010, *Sex differences in the effects of physical training on sweat gland responses during a graded exercise*, Experimental Physiology, 95, 2, s. 1026–1032.
- Idzikowska D., 2011, *Związki między umieralnością a UTCI w Paryżu, Rzymie, Warszawie i Budapeszcie*, Prace i Studia Geograficzne, 47, s. 311–318.
- IPCC, 2007, *Summary for policymakers*, [w:] S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (red.) *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- IPCC, 2013, *Summary for policymakers*, [w:] T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (red.) *Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of climate change, summary for policymakers*, [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf) [dostęp 1.10.2015]

- Isaksen T.B., Fenske R.A., Hom E.K., Ren Y., Lyons H., Yost M.G., 2016, *Increased mortality associated with extreme-heat exposure in King County, Washington, 1980–2010*, *International Journal of Biometeorology*, 60, 1, s. 85–98.
- IUPS, 2003, *Glossary of terms for thermal physiology*, 3<sup>rd</sup> edition revised by The Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological Sciences, *Journal of Thermal Biology*, 28, 1, s. 75–106.
- Jankowiak J. (red.), 1976, *Biometeorologia człowieka*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
- Jankowski Z., 2002, *Śmierć z ochłodzenia*, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii*, 52, 4, s. 313–322, [http://www.amsik.pl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=198](http://www.amsik.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=198) [dostęp 1.10.2015].
- Jendritzky G., 2002, *Wirkungen von Wetter und Klima auf die Gesundheit des Menschen*, [w:] W.E. Wichman, H.W. Schlipkoeter, G. Fulgraff (red.), *Handbuch Umweltmedizin, Andere Umweltfaktoren*, *Wetter-Klima-Mensch*, 7, 3, s. 1–14.
- Jendritzky G., De Dear R., Havenith G., 2012, *UTCI – why another thermal index?* *International Journal of Biometeorology*, 56, 3, s. 421–428.
- Jendritzky G., Maarouf A., Staiger H., 2001, *Looking for a Universal Thermal Climate Index UTCI for outdoor applications*, Windsor-Conference on Thermal Standards, April 5–8, 2001, Windsor, UK, [http://www.utci.org/isb/documents/windsor\\_vers04.pdf](http://www.utci.org/isb/documents/windsor_vers04.pdf) [dostęp 12.09.2016].
- Jendritzky G., Staiger H., Bucher K., Graetz A., Laschewski G., 1999, *The Perceived Temperature: the method of the Deutscher Wetterdienst for the assessment of cold stress and heat load for the human body*, Deutscher Wetterdienst, Germany, [http://www.utci.org/isb/documents/perceived\\_temperature.pdf](http://www.utci.org/isb/documents/perceived_temperature.pdf) [dostęp 12.09.2016].
- Jędrychowski W., 1986, *Epidemiologia. Wprowadzenie i metody*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Jędrychowski W., 2010, *Epidemiologia w medycynie klinicznej i zdrowiu publicznym. Podręcznik dla studentów i lekarzy*, wyd. 1, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Kaciuba-Uscilko H., Greenleaf J.E., 1989, *Acclimatization to cold in humans*, NASA, Technical Memorandum 101012, National Aeronautics and Space Administration, California.
- Kaczorowska Z., 1986, *Pogoda i klimat*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Kaiser R., Rubin C.H., Henderson A.K., Wolfe M.I., Kieszak S., Parott C.L., Adcock M., 2001, *Heat-related death and mental illness during the 1999 Cincinnati heat wave*, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 22, 3, s. 303–307.
- Kalkstein L., 1991, *A new approach to evaluate the impact of climate on human mortality*, *Environmental Health Perspectives*, 96, s. 145–150.
- Kalkstein L.S., 1998, *Climate and human mortality: relationships and mitigating measures*, [w:] A. Auliciems (red.), *Advances in Bioclimatology 5, Human Bioclimatology*, Springer, Heidelberg, s. 161–177.
- Kalkstein L.S., 2004, *Heat and health: methodological considerations for warning system development*, Workshop on Climate Changes, Heat Waves, and Population Health Organized by the Municipality of Rome, March 30, 2004.
- Kalkstein L.S., Barthel C.D., Greene J.S., Nichols M.C., 1996a, *A new Spatial Synoptic Classification: application to air mass analysis*, *International Journal of Climatology*, 16, 9, s. 983–1004.
- Kalkstein L.S., Corrigan P., 1986, *A synoptic climatological approach for geographical analysis: assessment of sulfur dioxide concentrations*, *Annals of the Association of American Geographers*, 76, 3, s. 381–395.

- Kalkstein L.S., Davis R.E., 1989, *Weather and human mortality: an evaluation of demographic and interregional responses in the United States*, *Annals of the Association of American Geographers*, 79, 1, s. 44–64.
- Kalkstein L.S., Greene S., 1997, *An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change*, *Environmental Health Perspectives*, 105, 1, s. 84–93.
- Kalkstein L.S., Jamason P.F., Greene J.S., Libby J., Robinson L., 1996b, *The Philadelphia hot weather -health watch/warning system: development and application, summer 1995*, *Bulletin of the American Meteorological Society* 77, 7, s. 1519–1528.
- Kalkstein L.S., Valimont K., 1986, *An evaluation of summer discomfort in the United States using a Relative Climatological Index*, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67, 7, s. 842–848.
- Kassomenos P., Gryparis A., Samoli E., Katsouyanni K., Lykoudis S., Flocas H., 2001, *Atmospheric circulation types and daily mortality in Athens, Greece*, *Environmental Health Perspectives*, 109, 6, s. 591–596.
- Kaszewski B.M., Bilik A.Z., 2015, *Zmiany średniej dobowej temperatury powietrza w Lublinie w latach 1951–2010*, *Annales UMCS*, XIV, 2, B, s. 71–82.
- Katsouyanni K., Pantazopoulou A., Toiloumi G., Tselepidaki I., Moustiris K., Asimakopoulos D., Pouloupoulou G., Trichopoulos D., 1993, *Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality*, *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 48, 4, s. 235–242.
- Keatinge W.R., 2002, *Winter mortality and its causes*, *International Journal of Circumpolar Health*, 61, 4, s. 292–299.
- Keatinge W.R., Donaldson G.C., 2001, *Mortality related to cold and air pollution in London after allowance for effects of associated weather patterns*, *Environmental Research, Section A*, 86, 3, s. 209–216.
- Keevallik S., Vint K., 2015, *Temperature extremes and detection of heat and cold waves at three sites in Estonia*, *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64, 4, s. 473–479.
- Kejna M., Arażny A., Maszewski R., Przybylak R., Uscka-Kowalkowska J., Vizi Z., 2009, *Daily minimum and maximum air temperature in Poland in the years 1951–2005*, *Bulletin of Geography – physical geography series*, 2, s. 35–56.
- Kenney W.L., 1998, *Physiological responses to the thermal environment*, [w:] J.M. Stellman (red.) *Encyclopaedia of occupational health and safety*, International Labour Office, II, edycja 4, Genewa, 42, s. 2–42.
- Kenney W.L., Munce T.A., 2003, *Aging and human temperature regulation*, *Journal of Applied Physiology*, 95, 6, s. 2598–2603.
- Kilbourne E.M., Choi K., Jones T.S., Thacker S.B., 1982, *Risk factors for heat stroke: a case-control study*, *The Journal of the American Medical Association (JAMA)*, 247, 24, s. 3332–3336.
- KLIMADA, <http://klimada.mos.gov.pl/zmiany-klimatu-w-polsce/tendencje-zmian-klimatu/> [dostęp 23.08.2016].
- Klonowicz S., Kozłowski S., 1970, *Człowiek a środowisko termiczne*, PZWL, Warszawa.
- Koppe Ch., Kovats S., Jendritzky G., Menne B., Baumüller J., Bitan A., Díaz Jiménez J., Ebi K.L., Havenith G., López Santiago C., Michelozzi P., Nicol F., Matzarakis A., McGregor G., Nogueira P.J., Sheridan S., Wolf T., 2004, *Heat-waves: risk and responses*, *Health and Global Environmental Change*, 2, WHO, <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/heat-waves-risks-and-responses> [dostęp 10.03.2010].

- Korczyński L., 1933, *Zarys klimatologii lekarskiej*, Polskie Towarzystwo Balneologiczne, T. I, Kraków-Lwów.
- Korczyński L., 1936, *Zarys klimatologii lekarskiej*, Polskie Towarzystwo Balneologiczne, T. II, Kraków-Lwów.
- Korzeniecki P., 2015, *Fale upałów w Polsce na tle regionów bioklimatycznych (2002-2012)*, Prace i Studia Geograficzne 57, s. 75–87.
- Kosatsky T., 2005, *The 2003 European heat waves*, Archives: Eurosurveillance monthly releases, 10, s. 148–149.
- Kossowska-Cezak U., 2003, *Współczesne ocieplenie a częstość dni charakterystycznych*, Balneologia Polska, 45, 1–2, s. 92–100.
- Kossowska-Cezak U., 2010, *Występowanie pogody gorącej w Warszawie (1951–2009)*, Przegląd Geofizyczny, 1–2, s. 61–75.
- Kossowska-Cezak U., 2014, *Zmiany wieloletnie liczby termicznych dni charakterystycznych w Warszawie (1951–2010)*, Prace Geograficzne, IGiGP UJ, 136, s. 9–30.
- Kossowska-Cezak U., Skrzypczuk J., 2011, *Pogoda upalna w Warszawie (1947–2010)*, Prace i Studia Geograficzne, 47, s. 139–146.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2012, *Niezwykłe gorące miesiące i sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951 – 2010)*. Cz. I . *Niezwykłe gorące miesiące letnie*. Cz. II. *Niezwykłe gorące sezony letnie*, Przegląd Geofizyczny, 57, 3–4, s. 299–342.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2015, *Niezwykłe mroźne zimy i niezwykle gorące lata w Europie (1951 – 2010)*, Przegląd Geofizyczny, 60, 3–4, s. 163–187.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2017, *Anomalie termiczne w Europie (1951–2010)*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Kossowska-Cezak U. Wawer J., 2014, *Skrajności termiczne w klimacie Warszawy (1947-2013)*, Prace i Studia Geograficzne, 56, s. 119–145.
- Kozłowska-Szczęśna T., 1958, *Zima roku 1951/52 w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem opadów*, Biuletyn PIHM, 8, Wydawnictwa Komunikacyjne, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęśna T., 1993, *Temperatura powietrza w Polsce w trzydziestolecu 1951–1980*, [w:] Charakterystyka termiczna Polski, Zeszyty IGiPZ PAN, 18, s. 5–29.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*, IGiPZ PAN Monografie, 1, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*, IGiPZ PAN Monografie, 3, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęśna T., Grzędziński E., 1990/91, *The influence of atmospheric environment upon the occurrence of accidents among construction workers*, Energy and Buildings, 15–16, s. 749–753.
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie IGiPZ PAN, 4, Warszawa.
- Kozłowski S., 1986, *Granice przystosowania*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Koźmiński C., Michalska B., 2008, *Zmienność minimalnej dobowej temperatury powietrza w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*, Acta Agrophysica, 12, 3, s. 713–736.
- Koźmiński C., Michalska B., 2011, *Ćwiczenia z bioklimatologii. Wybrane metody opracowań bioklimatu dla potrzeb rekreacji i turystyki*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.



- Koźmiński C., Michalska B., 2013, *Ćwiczenia z bioklimatologii. Wybrane metody opracowań bioklimatu dla potrzeb rekreacji i turystyki*, wydanie II uzupełnione, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Koźmiński C., Michalska B., Szczepanowska E., Górnik K., 2013, *Zarys turystyki zdrowotnej i uzdrowskiej*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Koźmiński C., Michalska B., Szczepanowska E., Górnik K., Marks R., 2015, *Turystyka zdrowotna, uzdrowska i uwarunkowania bioklimatyczne*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Kozuchowski K., Lenartowicz B., Papiernik Ż., 1998, *Sezonowe wahania naturalnego ruchu ludności i roczny cykl klimatyczny*, *Czasopismo Geograficzne* LXIX, 1, s. 13–24.
- Krawczyk 1993, *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu cieplnego ciała człowieka*, *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 160.
- Krawczyk B., 2003, *Stres ciepła – cecha bioklimatu Polski*, [w:] K. Błażejczyk, B. Krawczyk, M. Kuchcik (red.), *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, *Prace Geograficzne*, 188, s. 283–294.
- Krzyżewska A., 2014, *Przegląd metod wydzielenia fal upałów i fal mrozów*, *Przegląd Geofizyczny*, 59, 3–4, s. 157–173.
- Krzyżewska A., 2015, *Szczególnie uciążliwe fale upałów w Lublinie*, *Przegląd Geofizyczny*, LX, 3–4, s. 207–215.
- Krzyżewska A., Dobek M., Domżał-Drzewicka R., Rząca M., 2015, *Upały a zdrowie i życie człowieka na przykładzie Lublina*, [w:] A. Wdowiak, A. Tucki (red.), *Aspekty środowiskowo-rekreacyjne i prawne zdrowia człowieka*, Międzynarodowe Towarzystwo Wspierania i Rozwoju Technologii Medycznej, s. 39–51.
- Krzyżewska A., Dobek M., Domżał-Drzewicka R., Rząca M., 2017, *Emergency interventions due to weather related hypothermia*, *Weather*, 72, 1, s. 8–12.
- Krzyżewska A., Wereski S., 2011, *Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000–2010)*, *Przegląd Geofizyczny*, LVI, 1–2, s. 99–109.
- Kuchcik M., 1998, *Influence of atmospheric conditions on traffic accidents. The case of Radom*, *Miscellanea Geographica* 8, s. 141–147.
- Kuchcik M., 1999, *Wpływ warunków pogodowych na umieralność mieszkańców Warszawy*, *Balneologia Polska*, 1–2, s. 118–125.
- Kuchcik M., 2000, *Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy*, WGiSR UW, Warszawa, maszynopis rozprawy doktorskiej.
- Kuchcik M., 2001a, *Mortality in Warsaw: is there any connection with weather and air pollution?* *Geographia Polonica*, 74, 1, s. 29–45.
- Kuchcik M., 2001b, *Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy*, [w:] *50 lat działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951–2000)*, *Prace i Studia Geograficzne*, 28, s. 233–243.
- Kuchcik M., 2003, *The influence of aerosanitary and biometeorological conditions on the health and mortality of the inhabitants of Warsaw*, [w:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies, s. 155–166.
- Kuchcik M., 2006a, *Defining heat waves – different approaches*, *Geographia Polonica*, 79, 2, s. 47–63.

- Kuchcik M., 2006b, *Fale upałów w Polsce w latach 1993–2002*, Przegląd Geograficzny, 78, 3, s. 397–412.
- Kuchcik M., 2006c, *Pogoda w Polsce a umieralność: współcześnie oraz w świetle prognoz zmian klimatu*, Balneologia Polska, 48, 4, s. 239–244.
- Kuchcik M., Błażejczyk K., 2001, *Wpływ warunków pogodowych na zachorowalność i umieralność mieszkańców Warszawy*, [w:] B. Krawczyk, G. Węclawowicz (red.), *Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*, Prace Geograficzne, 180, s. 71–87.
- Kuchcik M., Błażejczyk K., Szmyd J., Milewski P., Błażejczyk A., Baranowski J., 2013, *Potencjał leczniczy klimatu Polski*, Wydawnictwo Akademickie SEDNO, Warszawa.
- Kuchcik M., Degórski M., 2009, *Heat- and cold-related mortality in the north-east of Poland as the example of socio-economic effects of extreme hydrometeorological events on Polish Lowland*, Geographia Polonica, 82, 1, s. 69–78.
- Kuchcik M., Milewski P., 2016, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie – próba oceny z wykorzystaniem Local Climate Zones*, Acta Geographica Lodziensia, 104, s. 21–33.
- Kunst A., Looman C., Mackenbach J., 1993, *Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: a time-series analysis*, American Journal of Epidemiology, 137, 3, s. 331–341.
- Kuziemska D., 1983, *O zakresie zmienności temperatury powietrza w Polsce*, Przegląd Geofizyczny, 28, 3–4, s. 329–343.
- Kveton V., 1991, *Weather fronts and acute myocardial infarction*, International Journal of Biometeorology, 35, 1, s. 10–13.
- Kyselý J., 2004, *Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic*, International Journal of Biometeorology, 49, 2, s. 91–97.
- Kyselý J., Huth R., 2004, *Heat-related mortality in the Czech Republic examined through synoptic and “traditional” approaches*, Climate Research, 25, 3, s. 265–274.
- Kyselý J., Kriz B., 2008, *Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response?* International Journal of Biometeorology, 52, 8, s. 733–45.
- Kyselý J., Plavcová E., 2012, *Declining impacts of hot spells on mortality in the Czech Republic, 1986–2009: adaptation to climate change?* Climate Change, 113, 2, s. 437–53.
- Laaidi M., Laaidi K., Besancenot J.-P., 2006, *Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming*, International Journal of Biometeorology, 51, 2, s. 145–153.
- Larsen U., 1990, *The effects of monthly fluctuations on mortality in the United States from 1921 to 1985*, International Journal of Biometeorology, 34, 3, s. 136–145.
- Laschewski G., Jendritzky G., 2002, *Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany*, Climate Research, 21, 1, s. 91–103.
- LeBlanc, J., 1987, *Adaptation to low ambient temperature*, [w:] P. Dejours (red.), *Adaptations to Extreme Environments, Comparative physiology of environmental adaptations*, 8<sup>th</sup> Conference of the European Society for Comparative Physiology and Biochemistry, Strasbourg 1986, 2, s. 65–75, Karger, Basel.
- LeBlanc J., Blais B., Barabé B., Côté J., 1976, *Effects of temperature and wind on facial temperature, heart rate, and sensation*, Journal of Applied Physiology, 40, 2, s. 127–31.
- LeBlanc J., Côté J., Dulac S., Dulong-Turcot F., 1978, *Effects of age, sex and physical fitness on responses to local cooling*, Journal of Applied Physiology, 44, 5, s. 813–817.

- Lee W.K., Lee H.A., Lim Y.H., Park H., 2016, *Added effect of heat wave on mortality in Seoul, Korea*, International Journal of Biometeorology, 60, 5, s. 719–726.
- Lerchl A., 1998, *Changes in the seasonality of mortality in Germany from 1946 to 1995: the role of temperature*, International Journal of Biometeorology, 42, 2, s. 84–88.
- Leszczyński B., 1970, *Wpływ pogody i klimatu na występowanie udarów mózgowych*, Wiadomości Lekarskie, 23, 17, s. 1477–1480.
- Leszczyński B., 1973, *Występowanie zawałów serca w zależności od ekstremalnych wartości zespołu czynników meteorologicznych*, Problemy Uzdrawiskowe, 5(71), s. 185–189.
- Lim Y.H., Kim H., Hong Y.C., 2013, *Variation in mortality of ischemic and hemorrhagic strokes in relation to high temperature*, International Journal of Biometeorology, 57, 1, s. 145–153.
- Lim Y.H., Reid C.E., Honda Y., Kim H., 2016, *Temperature deviation index and elderly mortality in Japan*, International Journal of Biometeorology, 60, 7, s. 991–998.
- Limanówka D., 1999, *Ryzyko występowania silnych mrozów w Polsce*, [w:] *Zmiany i zmienność klimatu Polski. Ich wpływ na gospodarkę i ekosystemy człowieka*, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IGBP Global Change, Uniwersytet Łódzki, Ogólnopolska Konferencja Naukowa Łódź 4–6 XI 1999, Łódź, s. 123–127.
- Limanówka D., 2001, *Rekonstrukcja warunków klimatycznych Krakowa w pierwszej połowie XVI wieku*, Materiały Badawcze, seria: Meteorologia, 33, IMGW, Warszawa.
- Limanówka D., Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1993, *Prawdopodobieństwo występowania wybranych ekstremalnych charakterystyk termicznych w Polsce*, [w:] *Charakterystyka termiczna Polski*, Zeszyty IGIPZ PAN, 18, s. 34–37.
- Lorenc H., 2000, *Studia nad 220-letnią (1779–1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*, Materiały Badawcze, seria: Meteorologia, 31, IMGW, Warszawa.
- Lorenc H. (red.), 2005, *Atlas klimatu Polski*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Łazowski J., Pasieczny J., Marciniak K., Wiaderny J., 1979, *Rytm dobowy objawów choroby nadcisnieniowej przy różnych sytuacjach pogodowych*, Problemy Uzdrawiskowe, 9/10, s. 73–77.
- Łobożewicz T. (red.), 1985, *Krajoznawstwo i turystyka szkolna*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Machalek A., 1997, *Czy jestem meteoropatą?*, W.A.B., Warszawa.
- Majer J., 1845, *Wpływ stanu meteorologicznego na śmiertelność oceniony według dziesięcioletnich sprostżeń w Krakowie*, Roczniki Wydziału Lekarskiego, UJ, VIII.
- Mannino J., Washburn R., 1989, *Environmental temperature and mortality from acute myocardial infarction*, International Journal of Biometeorology, 33, 1, s. 32–35.
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2012, *Wieloletnia zmienność sytuacji meteorotropowych w Krakowie*, Przegląd Geograficzny, 84, 3, s. 413–422.
- Matzarakis A., Amelung B., 2008, *Physiologically equivalent temperature as indicator for impacts of climate change on thermal comfort of humans*, [w:] M.C. Thomson, R. Garcia-Herrera, M. Beniston (red.), *Seasonal forecasts, climate change and human health*, Advances in Global Change Research 30. Springer Sciences and Business Media, Berlin, s. 161–172.
- Matzarakis A., Mayer H., 1991, *The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology*, Atmospheric Environment, 25B, 2, s. 203–211.
- Matzarakis A., Mayer H., Iziomon M.G., 1999, *Applications of a universal thermal*



- index: physiological equivalent temperature*, International Journal of Biometeorology, 43, 2, s. 76–84.
- Mayer H., Höppe P.R., 1987, *Thermal comfort of man in different urban environments*, Theoretical and Applied Climatology, 38, 1, s. 43–49.
- Mączyński B., 1972a, *Warunki pogody – czas reakcji prostej i wypadki drogowe w Wielkopolsce, cz. 1*, Balneologia Polska, XVII, 1/2, s. 107–131.
- Mączyński B., 1972b, *Warunki pogody – czas reakcji prostej i wypadki drogowe w Wielkopolsce, cz. 2*, Balneologia Polska, XVII, 3, s. 307–336.
- Mączyński B., 1973, *Roczny rytm biologiczny reakcji prostej i sezonowy rytm wypadków drogowych w Wielkopolsce na przestrzeni roku*, Monografie, Podręczniki, Skrypty WSWF w Poznaniu, Seria Monografie, 43, s. 81–89.
- McGregor G.R., 1999, *Winter ischaemic heart disease deaths in Birmingham, United Kingdom: a synoptic climatological analysis*, Climate Research, 13, 1, s. 17–31.
- McGregor G.R., 2001, *The meteorological sensitivity of ischaemic heart diseases mortality events in Birmingham UK*, International Journal of Biometeorology 45, 3, s. 133–142.
- McGregor G.R., Bessemoulin P., Ebi K., Menne B. (red.), 2015, *Heatwaves and health: guidance on Warning-system development*, World Meteorological Organization, World Health Organization, Wmo-no. 1142 [http://www.who.int/global-change/publications/wmo\\_who\\_heat\\_health\\_guidance\\_2015.pdf?ua=1](http://www.who.int/global-change/publications/wmo_who_heat_health_guidance_2015.pdf?ua=1) [dostęp 16.11.2016].
- McGregor G. R., Walters S., Wordley J., 1999, *Daily hospital respiratory admissions and winter air mass types, Birmingham, UK*, International Journal of Biometeorology, 43, 1, s. 21–30.
- McMichael A.J., Kovats R.S., 2000, *Climate change and climate variability: adaptations to reduce adverse health impacts*, Environmental Monitoring and Assessment, 61, s. 49–64.
- Menne B., Matthies F. (red.), 2009, *Improving public health responses to extreme weather/heatwaves – EuroHEAT: Technical Summary*. WHO Regional Office for Europe, Kopenhaga, <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Climate-change/publications/2009/improving-public-health-responses-to-extreme-weather-heat-waves.-summary-for-policy-makers.-euroheat> [dostęp 30.01.2016].
- Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*, Druk. i Litogr. Jana Cotty, Warszawa.
- Michalska B., 2011, *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce*, Prace i Studia Geograficzne WGiSR, 47, s. 67–76.
- Michalski T., Malinowska M., 2002, *Warunki bioklimatyczne i aerosanitarne a sytuacja zdrowotna mieszkańców Aglomeracji Gdańskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Michelozzi P., de Donato F., Accetta G., Forastiere F., D’Ovidio M., Perucci C., Kalkstein L., 2004, *Impact of heat waves on mortality – Rome, Italy June–August 2003*, Morbidity and Mortality Weekly Report, 53, 17, s. 369–371.
- Michelozzi P., Fano V., Forastiere F., Barca A., Kalkstein L., Perucci C., 2000, *Weather conditions and elderly mortality in Rome during summer*, World Meteorological Organization Bulletin, 49, 4, s. 348–355.
- Michelozzi P., Kirchmayer U., Katsouyanni K., Biggeri A., McGregor G., Menne B., Kasomenos P., Anderson H.R., Baccini M., Accetta G., Analytis A., Kosatsky T., 2007, *Assessment and prevention of acute health effects of weather conditions in Europe, the PHEWE project: background, objectives, design*, Environmental Health, 6, 12.
- Michna E., 1974, *Rozmieszczenie i częstość występowania dni z mrozem, silnym mro-*

- zem oraz dni gorących na obszarze województwa rzeszowskiego, *Biuletyn Lubelskiego Towarzystwa Naukowego*, 16, 2, s. 105–113.
- Milata W., 1953, *Liczba dni z mrozem w Polsce*, *Przegląd Geograficzny*, 1950/51, 23, s. 123–126.
- Milata W., 1955, *Temperatura powietrza w Krakowie (na podstawie wyników obserwacji w latach 1864–1949)*, *Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny*, 8, 3–4, s. 199–209.
- Mills B.N., Suggett J., Wenger L., 2003, *You and whose army? A review of the January 1999 Toronto Snow Emergency*, [w:] J. Andrey, Ch. Knapper, *Weather and transportation in Canada*, Department of Geography University of Waterloo, Publication Series, 55, s. 161–195.
- Miron I.J., Linares C., Montero J.C., Criado-Alvarez J.J., Diaz J., 2015, *Changes in cause-specific mortality during heat waves in central Spain, 1975–2008*, *International Journal of Biometeorology*, 59, 9, s. 1213–1222.
- Miron I.J., Montero J.C., Criado-Alvarez J.J., Linares C., Díaz J., 2012, *Intense cold and mortality in Castile-La Mancha (Spain): study of mortality trigger thresholds from 1975 to 2003*, *International Journal of Biometeorology*, 56, 1, s. 145–152.
- Motohashi Y., Takehito T., Nakamura K., Nakata K., Tanaka M., 1996, *Seasonality of mortality in Sri Lanka: biometeorological considerations*, *International Journal of Biometeorology*, 39, 3, s. 121–126.
- Narodowy Plan Zdrowotny, 2003, *Narodowy Plan Zdrowotny na lata 2004–2013*, Minister Zdrowia, Warszawa [http://www2.mz.gov.pl/wwwfiles/ma\\_struktura/docs/narodowy\\_plan\\_zdrowia\\_30042004.pdf](http://www2.mz.gov.pl/wwwfiles/ma_struktura/docs/narodowy_plan_zdrowia_30042004.pdf) [dostęp 11.01.2016].
- Nastos P.T., Matzarakis A., 2012, *The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece*, *Theoretical and Applied Climatology*, 108, s. 591–599.
- Naughton M.P., Henderson A., Mirabelli M., Kaiser R., Wilhelm J., Kieszak S., Rubin C., McGeehin M., 2002, *Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago*, *American Journal of Preventive Medicine*, 22, 4, s. 221–227.
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, *Słownik Meteorologiczny*, Atlasy i Monografie IMGW, IMGW, Warszawa.
- Noe R.S., Jin J.O., Wolkin A.F., 2012, *Exposure to Natural Cold and Heat: Hypothermia and Hyperthermia Medicare Claims, United States, 2004–2005*, *American Journal of Public Health*, 102, 4, s. 11–18.
- Nordio F., Zanobetti A., Colicino E., Kloog I., Schwartz J., 2015, *Changing patterns of the temperature–mortality association by time and location in the US, and implications for climate change*, *Environment International*, 81 (August 2015), s. 80–86.
- Normand S.-L., 1999, *Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting*, *Statistics in Medicine*, 18, s. 321–359.
- NSIDC, National Snow and Ice Data Center, <https://nsidc.org/> [dostęp 10.03.2012].
- Okołowicz W., Pełko I., 1968, *Temperatura minimalne w Polsce w latach 1951–1960*, *Prace i Studia Instytutu Geograficznego UW*, 3, s. 68–89.
- O’Neill M., Zanobetti A., Schwartz S., 2003, *Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities*, *American Journal of Epidemiology*, 157, 12, s. 1074–1082.
- Paci D., 2014, *Human health impacts of climate change in Europe: report for the PESETA II Project*, Luxembourg, European Commission Joint Research Centre <http://dx.doi.org/10.2791/64481>
- Pacione M. (red.), 1986, *Medical Geography*, Croom Helm, Londyn.

- Pascal M., Wagner V., Le Tertre A., Laaidi K., Honoré C., Bénichou F., Beaudou P., 2013, *Definition of temperature thresholds: the example of the French heat wave warning system*, *International Journal of Biometeorology*, 57, 1, s. 21–29.
- Pasieczny J., Łazowski J., Świstak A., Marciniak K., Nowak J., 1979, *Analiza częstości zgonów przy różnych sytuacjach pogodowych*, *Problemy Uzdrawiskowe*, 9/10, s. 79–83.
- Pattenden S., Nikiforov B., Armstrong B.G., 2003, *Mortality and temperature in Sofia and London*, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, 8, s. 628–633.
- Pengelly L.D., Campbell M.E., Cheng Ch.S., Fu Ch., Gingrich S.E., Macfarlane R., 2007, *Anatomy of heat waves and mortality in Toronto. Lessons for public health protection*, *Canadian Journal of Public Health*, 98, 5, s. 364–368.
- Petkova E.P., Gasparrini A., Kinney P.L., 2014, *Heat and mortality in New York City since the beginning of the 20<sup>th</sup> century*, *Epidemiology*, 25, 4, s. 554–60.
- Piotrowicz K., 2007a, *Temperatura powietrza*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*, IGI GP UJ, Kraków, s. 99–112.
- Piotrowicz K., 2007b, *Wieloletnie zróżnicowanie nocy gorących w Krakowie*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, s. 279–286.
- Podstawczyńska A., Adamkiewicz B., 1998, *Częstość występowania krwotoków podpajęczyńskich w województwie łódzkim w latach 1992–1995 w świetle typologii pogody*, *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica*, 3, s. 547–558.
- Podstawczyńska A., 2010, *Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu*, [w:] J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.), *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 63–73.
- Polackówna M., 1925, *Wahania klimatyczne w Polsce w wiekach średnich*, *Prace Geograficzne*, 5, s. 1–80, Lwów.
- Ponikowska I. (red.), 1995, *Medycyna uzdrawiskowa w zarysie*, Wyd. WATEXT'S, Warszawa.
- Pozos R.S., Danzl D.F., 2002, *Human physiological responses to cold stress and hypothermia*, [w:] K.B. Pandoff, R.E. Burr (red.), *Textbooks of Military Medicine, Medical Aspects of Harsh Environments*, 1, Office of the Surgeon General, U.S. Army, s. 351–382.
- Pre-Historical Temperature Record 2010*, *Global Warming Science*, [http://appinsys.com/GlobalWarming/GW\\_Part1\\_PreHistoricalRecord.htm](http://appinsys.com/GlobalWarming/GW_Part1_PreHistoricalRecord.htm)
- Psikuta A., Fiala D., Laschewski G., Jendritzky G., Richards M., Błażejczyk K., Mekjavić I., Rintamäki H., de Dear R., Havenith G., 2012, *Evaluation of the Fiala multi-node thermophysiological model for UTCI application*, *International Journal of Biometeorology*, 56, 3, s. 443–460.
- Qiu H., Tian L., Ho K.-f., Yu I.T.S., Thach T.-Q., Wong Ch.-M., 2016, *Who is more vulnerable to death from extremely cold temperatures? A case-only approach in Hong Kong with a temperate climate*, *International Journal of Biometeorology*, 60, 5, s. 711–717.
- QUANTUP, 2014, <http://quantup.pl/2014/03/12/gnu-r/analiza-i-prognozowanie-szeregow-czasowych-o-zlozonej-sezonowosci-2/> [dostęp 1.03.2016].
- R Core Team, 2014, *R: a language and environment for statistical computing*. <http://www.r-project.org/> [dostęp 11.03.2015].
- Rabczenko D., Seroka W., Wojtyniak B., 2015, *Analiza związku umieralności miesz-*

- kańców Warszawy z poziomem maksymalnej temperatury dziennej w latach 2008–2013, końcowy raport dla projektu Adaptcity, maszynopis.
- Rabczenko D., Wojtyniak B., Kuchcik M., Seroka W., 2009, *Ryzyko zgonu z powodu chorób układu krążenia mieszkańców polskich miast związane z dobowymi zmianami temperatury maksymalnej*, Przegląd Epidemiologiczny, 63, 4, s. 565–570.
- Rabczenko D., Wojtyniak B., Kuchcik M., Szymalski W., Seroka W., Żmudzka E., 2016, *Association between high temperature and mortality of Warsaw inhabitants, 2008–2013*, Przegląd Epidemiologiczny, 70, 4, s. 629–640.
- Rango N., 1984, *Exposure-Related Hypothermia Mortality in the United States, 1970–79*, American Journal of Public Health, 74, 10, s. 1159–1160.
- Ree J.S., Kalkstein L.S., Kim K.R., Choi Y.J., Lee D.G., 2016, *The application of the European heat wave of 2003 to Korean cities to analyze impacts on heat-related mortality*, International Journal of Biometeorology, 60, 2, s. 231–243.
- Revich B., Shaposhnikov D., 2008, *Temperature-induced excess mortality in Moscow, Russia*, International Journal of Biometeorology, 52, 5, s. 367–374.
- Rewerski W., Kozłowski S., Korolkiewicz Z., Wróblewski T.E., 1972, *Termoregulacja: fizjologia, patologia i farmakologia*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
- Rey G., Fouillet A., Bessemoulin P., Frayssinet P., Dufour A., Jouglu E., Hemon D., 2009, *Heat exposure and socio-economic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality*, European Journal of Epidemiology, 24, 9, s. 495–502.
- Rey G., Jouglu E., Fouillet A., Pavillon G., Bessemoulin P., Frayssinet P., Clavel J., Hémon D., 2007, *The impact of major heat waves on all-cause and cause-specific mortality in France from 1971 to 2003*, International Archives of Occupational and Environmental Health, 80, 7, s. 615–626.
- Robine J.M., Cheung S.L., LeRoy S., Van Oyen H., Griffiths C., Michel J.P., Herrmann F.R., 2008, *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003*, Comptes Rendus Biologies, 331, 2, s. 171–178.
- Robine J.M., Cheung S.L., Le Roy S., Van Oyen H., Herrmann F.R., 2007, *Report on excess mortality in Europe during summer 2003*, European Union Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114, 2003 Heat Wave Project [http://ec.europa.eu/health/archive/ph\\_projects/2005/action1/docs/action1\\_2005\\_a2\\_15\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/archive/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf) [dostęp 25.11.2013].
- Robinson P., 2001, *On the definition of a heat wave*, Journal of Applied Meteorology, 40, 4, s. 762–775.
- Rojecki A. (red.), 1965, *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI*, Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, Warszawa.
- Rooney C., McMichael A., Kovats S., Coleman M., 1998, *Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave*, Journal of Epidemiology and Community Health, 52, 8, s. 482–486.
- Rocklöv J., Ebi K., Forsberg B., 2011, *Mortality related to temperature and persistent extreme temperatures: a study of cause-specific and age-stratified mortality*, Occupational & Environmental Medicine, 68, 7, s. 531–536.
- Rocklöv J., Forsberg B., Ebi K., Bellander T., 2014, *Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden*, Global Health Action, 7: 22737 – <http://dx.doi.org/10.3402/gha.v7.22737>.

- Royé D., 2017, *The effects of hot nights on mortality in Barcelona, Spain*, International Journal of Biometeorology, DOI 10.1007/s00484-017-1416-z.
- Rudawy P., 2014, *Rozbłyśki słoneczne i zakłócenia na Ziemi*, <http://uni.wroc.pl/wiadomosci/astrologia/rozblyski-sloneczne-i-zaklocenia-na-ziemi> [dostęp 10.06.2016].
- Saez M., Sunyer J., Castellsague J., Murillo C., Anto J., 1995, *Relationship between weather, temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona*, International Journal of Epidemiology, 24, 3, s. 576–582.
- Saha M.V., Davis R.E., Hondula D.M., 2014, *Mortality displacement as a function of heat event strength in 7 US cities*, American Journal of Epidemiology, 179, 4, s. 467–474.
- Sartor F., Snacken R., Demuth C., Walckiers D., 1995, *Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer, 1994, in Belgium*, Environmental Research, 70, 2, s. 105–113.
- Schifano P., Leone M., De Sario M., de Donato F., Bargagli A.M., D’Ippoliti D., Marino C., Michelozzi P., 2012, *Changes in the effects of heat on mortality among the elderly from 1998–2010: results from a multicenter time series study in Italy*, Environmental Health, 11:58, <http://www.ehjournal.net/content/11/1/58>. [dostęp 15.02.2016]
- Schofield R., Reher D., Bideau A. (red.), 1991, *The decline of mortality in Europe*, Clarendon Press, Oxford.
- Schwartz J., 2000, *The distribution lag between air pollution and daily deaths*, Epidemiology, 11, 3, s. 320–326.
- Semenza J., Rubin C., Falter K., Selanikio J., Flanders W. D., Howe H., Wilhelm J., 1996, *Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago*, The New England Journal of Medicine, 335, 2, s. 84–90.
- Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T., Bedada G.B., Bottai M., Kharkova T., Kvassha E., Lezina E., Lind T., Semutnikova E., Pershagen G., 2014, *Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010*, Epidemiology, 25, 3, s. 359–364.
- Shah S., Peacock J., 1999, *Deprivation an excess mortality*, Journal of Epidemiology and Community Health, 53, 8, s. 499–502.
- Sheridan S.C., 2002, *The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America*, International Journal of Climatology, 22, 1, s. 51–68.
- Sheridan S.C., Kalkstein A.J., Kalkstein L.S., 2009, *Trends of heat-related mortality in the United States: 1975–2004*, Natural Hazards, 50, 1, s. 145–160.
- Siemiński M., 2001, *Środowiskowe zagrożenia zdrowia*, PWN, Warszawa.
- Skrobowski A., 1998, *Wpływ wybranych warunków atmosferycznych na ciśnienie tętnicze krwi*, Wojskowa Akademia Medyczna, Warszawa, [manuskrypt].
- Smoyer K.E., 1998, *A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri – 1980 and 1995*, International Journal of Biometeorology, 42, 1, s. 44–50.
- Smoyer-Tomic K, Rainham D., 2001, *Beating the heat: development and evaluation of a Canadian Hot Weather Health-Response Plan*, Environmental Health Perspectives, 109, 12, s. 1241–1248.
- Spangehl T., Cubasch U., Raible Ch.C., Schimanke S., Körper J., Hofer D., 2011, *Evolution of climate from the late maunder Minimum (1675–1715 ad) to present day with special focus on Poland*, Prace i Studia Geograficzne, 47, s. 17–23.
- Spinoni J., Naumann G., Vogt J.V., Paulo Barbosa P., 2015, *The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012*, Journal of Hydrology: Regional Studies, 3, s. 509–524.



- Steadman R.G., 1984, *An universal scale of Apparent Temperature*, Journal of Applied Meteorology 23, 12, s. 1674–1687.
- Staiger H., Laschewski G., Graetz A., 2012, *The perceived temperature—a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part a: scientific basics*, International Journal of Biometeorology, 56, 1, s. 165–176.
- Strešćik J., Sitar J., 1996, *The influence of heliogeophysical and meteorological factors on sudden cardiovascular mortality*, Biometeorology 14, 2, 3 Proceedings of the 14<sup>th</sup> Congress of Biometeorology, Ljubljana, Slovenia, s. 166–173.
- Strzelecki Z., Szymborski J. (red.), 2015, *Zachorowalność i umieralność na choroby układu krążenia a sytuacja demograficzna Polski*, Rządowa Rada Ludnościowa, Warszawa.
- Sugg M.M., Konrad C.E., Fuhrmann C.M., 2016, *Relationships between maximum temperature and heat-related illness across North Carolina, USA*, International Journal of Biometeorology 60, 5, s. 663–675.
- Szczepanek R., 2014, *Extreme daily air temperatures in Poland (2000–2013)*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, IV, 3, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, s. 1487–1498.
- Szukalski P., 2007, *Umieralność osób bardzo starych w Polsce w latach 1931/1932–2005*, Gerontologia Polska, 15, 1–2, s. 31–39.
- TNS, 2013, *Spożycie alkoholu w Polsce w 2012 r.* Raport z badania, Kantar TNS, <http://www.tnsglobal.pl/jakpijapalacy/pdf/raport.pdf>
- Tomczyk A.M., 2017, *Atmospheric circulation during heat waves in Eastern Europe*, Geografie 122/2, s. 121–146.
- Tong S., Wang X.Y., Yu W., Chen D., Wang X., 2014, *The impact of heatwaves on mortality in Australia: a multicity study*, BMJ Open, 4.
- Tromp S.W., 1963, *Medical Biometeorology*, Elsevier, Amsterdam – London – New York.
- Tromp S.W., 1980, *Biometeorology*, London, Heyden.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2013, *Exceptionally hot summers in Central and Eastern Europe (1951–2010)*, Theoretical and Applied Climatology, 112, 3–4, s. 617–628.
- Tyczka S., Marusik T., Wolski J., Czajkowska D., 1988, *Obiektywna ocena meteorotropowych sytuacji pogodowych na zachodnim wybrzeżu Bałtyku – w rejonie Kamienia Pomorskiego*, Problemy Uzdrowiskowe, 9–10, s. 5–65.
- Tyczka S., Ponikowska I., 1983, *Człowiek, pogoda, klimat*, PZWL, Warszawa.
- UN, 1948, *United Nations Demographic Yearbook 1948*, <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dybsets/1948%20DYB.pdf> [dostęp 12.03.2016].
- Urban A., Kysely, 2014, *Comparison of UTCI with other thermal indices in the assessment of heat and cold effects on cardiovascular mortality in the Czech Republic*, International Journal of Environmental Research and Public Health, 11, s. 952–967.
- Vaneckova P., Hart M.A., Beggs P.J., 2008, *Synoptic analysis of heat-related mortality in Sydney, Australia, 1993–2001*, International Journal of Biometeorology, 52, 6, s. 439–451.
- Villoresi G., Ptitsyna N.G., Tiasto M.I., Iucci N., 1998, *Myocardial infarct and geomagnetic disturbances: analysis of data on morbidity and mortality*, Biofizika, 43, 4, s. 623–631.
- Vuori I., 1987, *The heart and the cold: a review*, Annals of Clinical Research, 19, 3, s. 156–162.

- Wagner J.A., Horvath S.M., 1985, *Cardiovascular reactions to cold exposures differ with age and gender*, *Journal of Applied Physiology*, 58, 1, s. 187–192.
- Wagner J.A., Robinson S., Marino R.P., 1974, *Age and temperature regulation of humans in neutral and cold environments*, *Journal of Applied Physiology*, 37, 4, s. 562–565.
- Wang X., Li G., Liu L., Westerdahl D., Jin X., Pan X., 2015, *Effects of extreme temperatures on cause-specific cardiovascular mortality in China*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 12, s. 16136–16156.
- WHO, 2013, *WHO methods and data sources for global causes of death 2000–2011*, Department of Health Statistics and Information Systems, WHO, Geneva June 2013, [http://www.who.int/healthinfo/statistics/GHE\\_TR2013-3\\_COD\\_MethodsFinal.pdf](http://www.who.int/healthinfo/statistics/GHE_TR2013-3_COD_MethodsFinal.pdf) [dostęp 11.07.2016].
- Wibig J., Głowicki B., 2002, *Trends of minimum and maximum temperature in Poland*, *Climate Research*, 20, s. 123–133.
- Wibig J., 2012, *Has the frequency or intensity of hot weather events changed in Poland since 1950?*, *Advances in Science & Research*, 8, s. 87–91.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2006a, *Coldwaves in Poland – frequency, trends and relations to atmospheric circulation*, [w:] *Extreme hydro-meteorological events in Poland and their impacts – European context*. International Conference, Warsaw, Poland, 7–9 December 2006, Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Sosnowiec-Warszawa, s. 140–143.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2006b, *Heatwaves in Poland – frequency, trends and relations to atmospheric circulation*, [w:] *Extreme hydro-meteorological events in Poland and their impacts – European context*. International Conference, Warsaw, Poland, 7–9 December 2006, Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Sosnowiec-Warszawa, s. 90–93.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009a, *Heatwaves in Poland – frequency, trends and relations with atmospheric circulation*, *Geographia Polonica*, 82, 1, s. 33–46.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009b, *Coldwaves in Poland – frequency, trends and relations with atmospheric circulation*, *Geographia Polonica*, 82, 1, s. 47–59.
- Wiecha D., 1952, *Wpływ warunków meteorologicznych na śmiertelność na terenie miasta Krakowa w roku 1950*, *Rozprawy Wydziału Lekarskiego PAU, S I*, 13, 2, s. 23–58.
- Wilhmurst P., 1994, *Temperature and cardiovascular mortality*, *British Medical Journal*, 309, s.1029–1030.
- Wojtusiak R.J. (red.), 1986, *Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt*, PWN, Warszawa, Kraków.
- Wojtach B., 2003, *Le milieu „Oxygeno-thermique” comme l’instrument d’évaluation de variabilité du temps*, [w:] K. Błażejczyk, A.B. Adamczyk (red), *Les relations Climat-Homme-Climat*, Dokumentacja Geograficzna, 29, s. 363–366.
- Wojtyniak B., Jankowski K., Zdrojewski T., Opolski G., 2012a, *Regional differences in determining cardiovascular diseases as the cause of death in Poland: time for change*, *Kardiologia Polska*, 70, 7, s. 695–701.
- Wojtyniak B., Rabczenko D., Pokarowski P., Poznańska A., Stokwiszewski J., 2012b, *Atlas umieralności ludności Polski 2008–2010*, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego, Państwowy Zakład Higieny, Warszawa.

- Wood S., 2006, *Generalized Additive Models: An Introduction with R*, Chapman & Hall/CRC, USA, Boca Raton.
- Wójcik R., Miętus M., 2014, *Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951–2010)*, Przegląd Geograficzny, 86, 3, s. 339–364
- Wójtowicz W., Dzierżyński M., 1962, *Zawał serca a pogoda*, Przegląd Lekarski, IX, II, 9, s. 357–376.
- Wysocki M.J., Car J., 2010, *Zmiany hierarchii przyczyn zgonów w niektórych krajach Unii Europejskiej*, Przegląd Epidemiologiczny, 64, 1, s. 115–118.
- Xiao J., Peng J., Zhang Y., Liu T., Rutherford S., Lin H., Qian Z., Huang C., Luo Y., Zeng W., Chu C., Ma W., 2015, *How much does latitude modify temperature–mortality relationship in 13 eastern US cities?* International Journal of Biometeorology, 59, 3, s. 365–372.
- Xie H., Yao Z., Zhang Y., Xu Y., Xu X., Liu T., Lin H., Lao X., Rutherford S., Chu C., Huang C., Baum S., Ma W., 2013, *Short-Term Effects of the 2008 Cold Spell on Mortality in Three Subtropical Cities in Guangdong Province, China*, Environmental Health Perspectives, 121, 2, s. 210–216.
- Ye X., Wolff R., Yu W., Vaneckova P., Pan X., Tong S., 2012, *Ambient temperature and morbidity: a review of epidemiological evidence*, Environmental Health Perspectives, 120, s. 19–28.
- Yoda T., Crawshaw L.I., Saito K., Nakamura M., Nagashima K., Kanosue K., 2008, *Effects of alcohol on autonomic responses and thermal sensation during cold exposure in humans*, Alcohol, 42, 3, s. 207–212.
- Young A.J., Sawka M.N., Pandolf K.B., 1996, *Physiology of cold exposure*, [w:] *Nutritional needs in cold and in high-altitudes environments: application for military personnel in field operations*, Institute of Medicine, National Academy Press, Washington D.C., s. 127–147.
- Yu W., Vaneckova P., Mengersen K., Pan X., Tong S., 2010, *Is the association between temperature and mortality modified by age, sex, and socio-economic status?* Science of the Total Environment 408, 17, s. 3513–3518.
- Zacharias S., Koppe Ch., Mücke H.-G., 2014, *Influence of heat waves on ischemic heart diseases in Germany*, Climate, 2, 3, s. 133–152.
- Zagdański A., Suchwałko A., 2015, *Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Praktyczne wprowadzenie na podstawie środowiska R*, PWN, Warszawa.
- Zanobetti A., Schwartz J., 2008, *Temperature and mortality in nine US cities*, Epidemiology, 19, 4, s. 563–570.
- Zeng Q., Li G., Cui Y., Jiang G., Pan X., 2016, *Estimating temperature-mortality exposure-response relationships and optimum ambient temperature at the multi-city level of China*, International Journal of Environmental research and Public Health, 13, 279.
- Zemła B., 1984, *Geografia nowotworów złośliwych najczęstszych umiejscowień wśród mężczyzn i kobiet w świetle uprzemysłowienia i innych czynników ryzyka*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
- Zhang D., Shen X., Qi X., 2016, *Resting heart rate and all-cause and cardiovascular mortality in the general population: a meta-analysis*, Canadian Medical Association Journal, 188, 3, s. 53–63.
- Ziółko E., 2006, *Podstawy fizjologii człowieka*, Oficyna Wydawnicza PWSZ w Nysie, Nysa, [http://www.dbc.wroc.pl/Content/14559/podstawy\\_fizjologii\\_czlowieka.pdf](http://www.dbc.wroc.pl/Content/14559/podstawy_fizjologii_czlowieka.pdf) [dostęp 2.11.2016]
- Żarnowiecki G., 1998, *Umieralność w Kielcach na tle warunków synoptycznych*, Rocznik Świętokrzyski, Ser.B-Nauki Przyrodnicze, 25, s. 121–133.



## THERMAL CONDITIONS IN POLAND AT THE TURN OF THE 20<sup>TH</sup> AND 21<sup>ST</sup> CENTURIES, AND THEIR IMPACT ON MORTALITY

### Summary

The atmospheric environment affects human beings constantly, and can be a favourable or unfavourable factor in their health. Observed climate changes are resulting in more-frequent extreme weather situations, e.g. heat and cold waves, intense storm cells, floods or droughts. Such weather influences mortality in a limited but clear way, with the "climatic" factor being among the mortality risk factors, along with such key issues as: genetics, style of life (sport, diet, high blood pressure, obesity, smoking, drinking alcohol), environmental factors (air pollution, sanitary and housing conditions) .

The work presented here has been an analysis of the impact on mortality of changing thermal conditions in Poland at the turn of 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries. A basis for the study was provided by meteorological and mortality data from respectively 8 and 12 Polish cities, over the years 1975–2014. This is the longest database available in Poland, for daily mortality totals broken down by sex, age and cause of death. The impact of thermal conditions on mortality was assessed in 8 large Polish cities, i.e. Białystok, Gdańsk, Cracow, Lublin, Łódź, Poznań, Warsaw and Wrocław. Air temperature changes were also analysed for Katowice, Olsztyn, Szczecin and Toruń, in order that the whole area of Poland might be encompassed.

The study sought to check hypotheses to the effect that:

- observed climate changes influenced the frequency and intensity of particularly hot and cold periods and other thermal characteristics for the years 1975–2014;
- extreme thermal conditions generate a rise in mortality, causing death directly, or indirectly by exacerbating disease, usually with a small time lag following the stimulus;
- over the 40-year period, adaptation to warmer conditions occurred and, most of all, knowledge regarding behaviour through which the negative results of heat may be avoided was acquired, with the result being that, notwithstanding a 21<sup>st</sup>-century rise in the frequency of extreme thermal conditions, reduced heat/cold-related mortality is noted as compared with the 1980<sup>s</sup> or 1990<sup>s</sup>;
- it may be more appropriate for weather-mortality studies to define hot periods by reference to series of very warm nights, during which there are no conditions for the human organism to rest from heat stress, as opposed to defining hot periods using specific maximum air temperature thresholds;
- it may be also more appropriate for weather-mortality studies to define hot and cold periods using centile values calculated separately for successive decades, rather than absolute thresholds appointed a priori.

To check the above hypotheses:

- changes in air temperature, in the frequency of tropical, hot, frosty days or very warm nights etc., and in the frequency of heat/cold stress categories (in line with the universal thermal climate index UTCI) were determined over the years 1975–2014;
- statistical trends for these changes and their statistical significance were calculated;
- changes in the occurrence and intensity of hot and cold periods (defined in 5 different ways) were checked;

- 10 (5+5) different definitions of hot and cold periods were tested, to choose the most appropriate for weather-mortality studies;
- relative risks of death were calculated (among women, men, before and after 65 years of age, for all reasons and as a result of cardiovascular and respiratory system diseases) during and 7 days after hot and cold periods in 8 cities;
- relative risks of death during cold and hot periods in successive decades of the 40-year period were compared to assess adaptation to changed thermal conditions;
- the relative risk of death in line with air temperatures values, Apparent Temperature and the Universal Thermal Climate Index was calculated, and thresholds accompanying rises in mortality appointed.

The meteorological data comprised daily mean, minimum and maximum air temperatures and data from 12 UTC (air temperature, air humidity, wind speed, air pressure, cloudiness), which were applied to calculate Universal Thermal Climate Index (UTCI), with a view to the type of heat stress influencing human beings being assessed, as well as the Apparent Temperature (AT) calculated, as used in defining one of the hot periods.

Mortality data were daily numbers of deaths from all causes, as well as from circulatory and respiratory system diseases. According to the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, circulatory diseases numbered respectively 390-459 in ICD-9 and I00-I99 in ICD-10. The numbers of respiratory system diseases were 460-519 in ICD-9 and J00-J99 in ICD-10. All deaths were broken down by sex (male, female) and age (under or above 65 years of age).

To assess thermal conditions, several characterised days were analysed, i.e. hot days ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ), very hot days ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), days with frost ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ), very frosty days ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ), extreme frosty days ( $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ), days fluctuating above or below  $0^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$  and  $t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ ), very warm nights ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) and hot nights ( $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ), and days featuring a high daily amplitude of air temperature ( $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$ ), as well as number of major day-to-day changes in mean daily air temperature ( $\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$ ).

Consideration of different types of definitions of hot and cold periods made use of common definitions in wide use, as well as certain new proposals (e.g. based on values for the 1st and 99th centiles of air temperature). Hot periods were defined as follows:

I.  $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$  – a period of at least 3 very hot days in succession, where maximum air temperature exceeds  $30^{\circ}\text{C}$  (heat waves);

II. periods of a minimum of 3 days on which average maximum air temperature  $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ , during which very hot days constitute at least half and the series of hot days ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) among very hot days does not exceed 3 (periods of heat);

III.  $t_{\max} \geq 99^{\text{th}}$  centile – a period of at least 3 days in succession with maximum air temperature equal to or higher than the 99<sup>th</sup> centile, as calculated for 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, and 2005–2014;

IV. a period lasting a minimum of 6 days (5 days when the start is in May or June) with an Apparent Temperature calculated for 12 UTC above the 95th annual centile, and an increase of  $2^{\circ}\text{C}$  compared with the previous day. In the permissible 1-day breaks the Apparent Temperature may not drop below the 90<sup>th</sup> centile (calculated as one value for the whole 40-year period) (waves of warmth);

V.  $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$  – a period of at least 3 successive very warm nights with minimum air temperature above  $18^{\circ}\text{C}$ .

In turn, the definitions relating to cold periods were as follows:

A.  $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$  – a period of at least 3 extreme frosty days in succession, i.e. with maximum air temperature equal to or below  $-10^{\circ}\text{C}$  (extreme cold waves);

B.  $t_{\max} \leq 1^{\text{st}}$  centile – a period of at least 3 days in succession with maximum air temperature equal to or lower than the 1<sup>st</sup> annual centile calculated for 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, and 2005–2014;

C.  $t_{\min} \leq 1^{\text{st}}$  centile – a period of at least 3 days in succession with minimum air temperature equal to or lower than the 1<sup>st</sup> annual centile calculated for 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, and 2005–2014;

D.  $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$  – a period of at least 6 very frosty days in succession, with minimum air temperature equal to or lower than  $-10^{\circ}\text{C}$  (cold waves);

E.  $t_{\min}$  and  $t_{\text{mean}}$  – a period lasting a minimum of 6 days with a daily minimum air temperature and mean daily air temperature below the 5<sup>th</sup> annual centile, and a decrease of  $2^{\circ}\text{C}$  compared with the previous day. In the possible 1-day break the minimum air temperature and mean daily temperature cannot exceed the 10<sup>th</sup> centile (cool waves).

In the statistical analysis of mean (also minimum and maximum) monthly air temperature from the 40-year period, the seasonal breakdown of time series TBATS 2 method was used. This method was evaluated for a time series of complex seasonality (multiseasonality). With the exponential smoothing space model and Box-Cox transformation, this separates individual components (trend, cycle, seasonality) out of the series, and offering forecasts for them.

The next step assessed the statistical significance of the data levels extracted by TBATS 2, and of the changes in thermally characteristic days, using hockey-stick segmented regression. This estimated nonlinear parameters with two linear functions – for air temperature or the number of thermally characteristic days for the years before and after the year in which a trend changes direction.

Next, weather-mortality analysis was carried out using generalized additive models. The GAM models allowed for regression analysis of linear relationships without any strong assumptions as to their shape, as well as in regard to estimation variables for the Poisson distribution (e.g. for daily numbers of deaths).

For each city and each cause of death it was possible to devise a unique statistical model describing the dependence of mortality upon weather conditions, as well as long-term and seasonal changes in mortality. The models also included the year, the day of the week, and mean air temperature. A predicted number of deaths was obtained in this way. In the analysis of the influence of both hot and cold periods on mortality it was assumed that the impact of heat or cold could extend to 7 days after the occurrence of the specific unfavourable conditions.

The relative risk of death was then calculated, with 95% confidence intervals. RR is a measurement of rises or falls in mortality. It relates to rates of death in a particular weather situation, as compared with figures for days with reference atmospheric conditions in the given city, presented also as the percentage rise or fall in predicted numbers of deaths. If the value “1” was not in range of the confidence interval, it was concluded that there was an increased or decreased risk on specific days compared with non-specific days.

The analysis of mean, minimum and maximum air temperature trends, checked using the TBATS 2 time series decomposition method, demonstrates significant changes and trends. The trend for maximum air temperature was downward up to 1979, and amounted to 0.12–0.14°C/year in most of the cities. However, this was followed by the appearance of an upward trend that continued through to the end of the period of analysis, and assumed a value of 0.3–0.4°C/10 years.

Trends as regards changes in minimum temperature proved to be very varied: a downward trend came to an end in most of the cities in the years 1979–1980 (though only in 1986 in the case of Kraków), with the magnitude of the decline being in the range 0.01 to 0.11°C/year. In turn, in the case of most of the cities, an upward trend for mean minimum air temperature took hold from 1980 onwards, at the level of 0.1–0.3°C/10 years, i.e. much less distinct than in the case of the mean maximum air temperature.

Where hot days were concerned, the 1975–2014 period brought a steady upward trend, achieving statistical significance, and amounting to an extra 4.6 days of this kind every ten years. Data for the number of days with very hot conditions also featured an increase equal to 0.3 days/year up to 1992, and thereafter of 0.1 days a year, though neither of these trends achieved statistical significance. Very warm nights (of  $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) hardly occurred at all up to 1985, but later increased in number quite markedly (after 2002), and most especially in the years 2006, 2010 and 2012–2014, when central Poland noted between 11 and 22 nights in this category each year.

The number of days with frost declined throughout the analysed period, by almost 0.2 days per year on average, with moderately frosty days declining in number by 0.1 days on average with each successive year. Mean numbers of very frosty days in the 12 cities varied from none whatsoever in many years up to more than 10 in 1985 and 1987. In recent years, the frequency of occurrence of such days did not decrease at all, but in fact increased slightly. Numbers of days with  $dt \geq 12^{\circ}\text{C}$  were in turn characterised by a steady and statistically significant rise of 3.2 days per 10 years, meaning that there were on average nearly 13 more days of this kind at the end of the analysed period than at the beginning. This suggests an increase in thermal contrasts overall. In turn, the number of major changes of mean air temperature from one day to the next grew until 1985 – at a rate of 2.6 such days more each decade, before a marked, steady and statistically significant decline set in subsequently, at a rate of 0.1 days per year.

In the 1975–1994 period, most of the cities experienced a clear and often statistically significant increase in the frequency of occurrence of heat-stress burdening in terms of UTCI (with severe and very severe heat stress taken together), with this being equal to between +0.2 and +0.6 days per year. Post-1994, the frequency of occurrence of days in these categories increased only slightly, or was maintained at a similar level. The number of days with at least severe (i.e. in the categories severe, very severe or unbearable) declined very markedly and in a statistically significant manner up to 1989 (in Białystok, Gdańsk and Olsztyn) or even up to 1999–2000 (in Katowice, Łódź and Szczecin), with the rates being in the range 0.8–3.0 days/year. However, since then the frequency of occurrence of these kinds of problem category has increased slightly again.

Fewest in number, but of greatest intensity, are the hot periods identified by reference to definition III, as based on the value of the 99<sup>th</sup> centile for maximum temperature recorded in successive decades. There were between 4 such hot periods in the case of Gdańsk and 20 where

Białystok, Kraków and Katowice were concerned. Values for the 99<sup>th</sup> centile  $t_{\max}$  were mostly in excess of 30°C, regarded as the thermal threshold under definition 1, hence the greater number of heatwaves identified by reference to that criterion (between 1 in Gdańsk and 35 in Torun). In Poland as a whole, over the analysed multi-annual period, it was 1992, 1994, 2006, 2010 and in years after 2012 that the greatest numbers of hot periods were recorded.

Cold periods defined by reference to definition A proved to be rather a rarity, with just 2 of them being noted in Szczecin, as opposed to 17 in Białystok. These were characterised by the lowest air temperature values. Numbers of such periods defined in relation to either the value of the first centile of maximum temperature (definition B), or else the minimum air temperature (definition C) proved to be very similar, and there were 19-20 of them on average. In Poland overall, the years with a markedly greater number of days falling within cold spells were 1985, 1987 and 1996, but also 2010 and 2012.

Analysis of the influence of atmospheric conditions on death rates was preceded by a characterisation of the populations of the 8 cities. Over the 1975–2014 period, the most major changes in population were those noted in Wrocław and Gdańsk where, in the 1970s, just 6.5–7% of the population was made up of people aged over 65. Today, however, the situation is beginning to recall that in the remaining cities and in Łódź, where in recent years the proportion of elderly people aged 65 and over has been greatest, at 20%, and points to a rapidly ageing society in that city at least.

In Poland, the highest incidence of recorded deaths is that relating to diseases of the circulatory system. As of the early 1990s, these accounted for 52% of all deaths (as opposed to 46% in 2013), while the share of women was 51% and that of men 41%. Diseases of the respiratory system take fourth place among causes of death in Poland, after strokes and cases of poisoning (with the mean share in the cities analysed over 40 years being in the range 3.6% (for Krakow) to 5.4% (in the case of Łódź). The highest overall mean rates of mortality per 100,000 people over the years 1975-2014 were those incurred by Łódź (1321 deaths per 100,000) and Warsaw (1070). The lowest value was in turn the 779 per 100,000 recorded in Białystok.

Analysis of the influence of hot periods on the relative risk of death (RR) entailed calculations for both the whole May-August period and the May-June (early) and July-August sub-periods, as well as data for successive decades of the 40-year period, i.e. 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, and 2005–2014. All calculations serving the 5 different definitions were carried out, with the results allowing for the determining, not only of increases or decreases in death rates as hot periods arose, but also of an optimal definition that would allow those periods leading to the greatest increase in mortality to be singled out.

The results of the meta-analysis of the influence of hot days on mortality thus point to the most suitable definition for this kind of work being the one based on the value for the 99<sup>th</sup> centile in the case of maximum temperature. The mean RR overall was of 1.27 (1.17 amongst the under-65s, 1.31 amongst those aged 65 and over), while that for women was 1.36 (1.39 for those in the 65+ group), and that for men 1.18 (1.22 in the 65+ group). Relevant values for deaths due to diseases of the circulatory system were in turn of 1.29 (1.34 for the 65+ group), 1.40 for women and 1.16 for men (1.22 amongst the 65+ group of men). These results confirm the vulnerability of older people (especially women) to the influence of the thermal environment. The aforementioned definitions III and I, based on the  $t_{\max} > 30^\circ\text{C}$  threshold, were identified as the ones best suited to the study of mortality during particularly hot periods.

In the different cities, the relative risks of death overall in the hot periods as defined in the above way ranged from the 1.50 applying in the case of Poznan (with 1.60 in the case of the 65+ group), and 1.34 in Białystok (1.41 in the 65+ group) down to the values of 1.16 (1.20) applying in the case of Warsaw. Several days of very hot nights in a row could be associated with a marked increase in RR, among 65+ women in particular (by even 74% in the case of Wrocław, and 59% in Lublin), and more generally among elderly people. In the case of deaths due to diseases of circulation, RR was slightly higher than with deaths overall. Deaths due to diseases of the respiratory season were few in number anyway, so even a small increase in numbers contributed to considerable percentage differences in risk of death. The most significant (and greatest, above-30%) elevation of RR due to respiratory diseases was noted for heatwaves defined in line with the  $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$  definition. The risk reached 1.36 for Warsaw, 1.50 for Łódź, 1.76 in the case of Kraków and as much as 3.31 in Białystok (a 231% increase).

Hot periods in the spring were seen to provoked smaller increases in mortality than their counterparts in full summer, except in Kraków. This is a result rather distinct from that obtained by the author in 2004, in the course of an analysis of mortality in 16 cities in Poland in the 8 years of the 1993–1996 and 1999–2002 periods (Kozłowska-Szczęsna et al. 2004).

Comparative analysis of RR in hot periods between one decade and another is indicative of some process of adaptation, and in this way tends to confirm earlier American studies in which authors ascribe steadily reducing risk of death during heatwaves to the ever wider use of air-conditioning systems, greater public awareness of the negative impacts the thermal environment can exert, and intervention on the part of local authorities seeking to raise the level of personal safety during heatwaves.

Meta-analysis of the influence of cold periods on deaths in all of the cities, across the whole 1975–2014 period, showed that the definition most suitable in assessing impact is the one based on the 1st centile of minimum temperature, as calculated for successive decades (i.e. definition C). Second only to that is the series of extreme frosty days or "extreme cold waves", encapsulated by definition A. Both of these definitions allowed for the identification in thermal terms of the most "severe" periods of cold. In turn, where research takes in Poland's warmest regions, it should be definitions D and E that gain application, since they encompass more days and identify cold periods of milder course.

The mean increase in overall risk of death in winter in all cities taken together was 14.6% in respect of the 1st-centile  $t_{\min}$ ; though 16.5% in the case of those aged 65 and over. The effect was more marked among men, at +17.1% (and even +18.3% among males in the 65+ group), as opposed to women, on +11.3% (15.9% within the 65+ group). The increase in RR associated with circulatory diseases, irrespective of age or sex, was greatest in periods of cold as defined using definition C, amounting to +21.3% (or +23.5% in the 65+ age group). Among all women taken together it was 22.8%, and among men 21.9%. Among the cities, the so-called "frost waves" under definition A gave an overall risk of death of 1.23 in Białystok and Kraków (1.25 among 65+ people, and 1.32 among women of 65 and over), as well as figures in the 1.13–11.6 range in the cases of Warsaw and Łódź. The rise in the risk of death from diseases of the circulatory system was greater than that overall, reaching 1.44 in Białystok, and 1.72 and 1.27 in Poznań and Kraków respectively.

Unlike hot periods, cold periods are associated with an increase in numbers of deaths among under-65 men, with this most likely reflecting high-risk behaviours in particular associated with alcohol consumption.

The most cases of significant increases in mortality during periods of colds were to be noted in the decades of 1985–1994 and 2005–2014, hence a process of adaptation to extremely frosty conditions in Poland was not to be noted. However, in certain individual cities, like Poznań and Lublin, recent years have indeed brought a marked decline in rates of death in winter periods – with this standing in marked contrast to the increases noted in a majority of the cities studied.

Regression lines for mortality rates in association with air temperature in Poland assume a shape half way between a U and a V, with the part of the curve on the side of low temperatures sloping more gently, while that associated with high temperatures assumes a steeper slope. This indicates a more rapid increase in mortality in a hot – as opposed to a cold – environment. There was a clear climatic division between cities located in warmer or colder parts of Poland. The “warmer” cities (including Łódź, Poznań, Warsaw and Wrocław, located in bioclimatic region IV and associated with the most limited relative risk of death) fell within the  $t_{\max}$  air values of -10 and +10°C. Just beyond this interval, RR only increased slightly, only to rise far more rapidly above, say, 21–22°C. At 30°C, the RR value is elevated by 10%, but at 33 and 37°C respectively it is higher by 20 and even 30%. In turn, in the “cooler” cities, i.e. Białystok, Gdańsk and Lublin (as located in bioclimatic regions I, III and V), a clear thermal optimum was present across the 18–20°C range, with mortality only achieving the 10% higher than expected level where  $t_{\max}$  is 33°C. The relationships characterising Kraków (in region VI) prove to be intermediate between those of the “warmer” and “cooler” cities.

The regression curves for overall mortality in the 65+ group resembled those for the population as a whole, albeit with a 10% rise in RR occurring with  $t_{\max}$  equal to just 28°C, while  $t_{\max}$  of 35°C was associated with an increase in RR reaching 30%.

Where cold conditions are experienced in Białystok, an overall risk of death elevated by 10% applies where the temperature is -5°C. The same rise is generated in Gdańsk where the temperature is at -12°C, and in Kraków where it is -18°C. In cold circumstances, the increase in mortality among people in the 65+ group is less marked than with the population as a whole, perhaps because adaptive behaviour is resorted to, for example with the elderly staying at home on particularly frosty days.

Mortality among women was at a markedly lower level than among men, where conditions of extreme cold had set in, while it rose strongly in hot conditions, to reach a 40% elevation in Łódź at 35°C and even 50% at 37°C. In turn, mortality among men experiencing hot conditions was lower than among women, whereas male mortality in cold conditions was very much higher. This is merely a confirmation of the physiological differences between men and women described in Chapters 4.1 and 4.2.

Where mortality among men is concerned, a clear thermal optimum was to be noted, of 18–19°C in Gdańsk, 19–20°C in Białystok and Lublin, and 22–23°C in Kraków and Poznań. A marked departure from this trend is to be noted with Warsaw, in which no excess of male deaths was to be noted in cold conditions, while the thermal optimum was very broad, and the RR in hot conditions increased in very much the same way as among women.

When set against maximum air temperature, mortality due to diseases of the circulatory system looked very similar to overall mortality, except that the RR values were higher. In hot conditions, a risk of death elevated by something of the order of 10% was present where the temperature was 29°C in Warsaw, 30°C in Łódź and Poznań, 31°C in Wrocław and Kraków



and 33–34°C in Gdańsk and Lublin. RR values elevated by a further 10% could be noted in Warsaw, Łódź and Poznań where the air temperature was a further 3°C higher, while 10% beyond that was associated with a further elevation of temperature of just 2°C.

Differences in the thermal optimum from one city to another are most distinct in the case of deaths caused by diseases of the respiratory system. In Łódź, Warsaw and Gdańsk that temperature is 18°C, in Białystok 20°C, in Poznań 21°C, and in Kraków and Wrocław 23°C.

A lack of the burdensome conditions described using the Universal Thermal Climate Index (UTCI) was clearly linked with lower mortality in Lublin, Gdańsk and Białystok, while in the remaining cities it seemed to be immaterial, with the lowest values for mortality noted when there was moderate or even severe burdening by cold stress. In turn, under the influence of severe heat stress (UTCI 32.1–38.0°C), most of the cities other than Gdańsk and Lublin experienced a 10–20% rise in RR. In turn, where the heat stress was very severe (UTCI above 38.0°C), the risk of death was elevated by more than 20%, and even more than 30% in the case of Warsaw.

Among women living in the cities with a low mean annual air temperature, the lowest RR was noted where there was no burdening with heat at all. In the remaining cities, in turn, this was rather the case in conditions of moderate cold stress.

In brief, the assessment of the results in the context of the hypotheses advanced at the outset would be as follows.

- Ongoing changes of climate taking place in the 1975–2014 period exerted a considerable influence on the frequency and intensity of especially hot or cold periods, as well as other thermal characteristics.
- Extreme thermal conditions, especially high air temperature, led to raised mortality, especially among women, as a reflection of the better biological adaptation to high temperatures present in men than women that is well-documented in the subject literature. In turn, in conditions of extreme cold, it is the mortality rates among men that exceed the female rates markedly, *inter alia* thanks to the presence of a greater share of fatty tissue in women than men, as well as a body surface area available to exchange heat with the environment that is more limited, and hence associated with more limited vulnerability to falls in temperature. Furthermore, males frequently engage in risky behaviour that leaves them extra prone to death in the circumstances of extremely low values for air temperature.
- Over the recent, 40-year study period, people have adapted to warmed thermal conditions, given that death rates in the course of hot periods between 2005 and 2014 were markedly lower in most of the cities than in earlier decades, notwithstanding hot periods occurring with similar intensity. Confirmation is thus offered for the part of the hypothesis holding that, as the frequency of occurrence of extremely hot thermal conditions increased in the early part of the 21<sup>st</sup> century, the rate of increase in mortality over and above the level of the 1980s and 1990s was seen to ease off.
- There is no obvious sign of a process of adaptation to extreme cold: it was during the winter periods of the most recent decades that many cities reported their highest levels of mortality.
- The defining of hot periods in terms of their generating a series of very warm nights – during which the organism has no conditions for cooling, and for taking a break from



heat stress – does not prove to be the best method, since nights of this kind are a rarity, and all the more so several together in a series.

- It emerges that the most favourable way of defining hot or cold periods is by reference (respectively) to values for the 99<sup>th</sup> centile as regards maximum air temperature and the 1<sup>st</sup> centile where minimum temperature calculated for several successive decades are concerned. Such an approach takes account of features of the given area's climate, but also of climate change, and it ensures the hot and cold periods can also be identified in such cities as Gdańsk or Wrocław.

The work presented is a wide-ranging description of the relationship between mortality and the thermal environment in Poland over the 40-year period 1975–2014. It takes in both climatological and bioclimatological aspects, as well as touching upon medical and demographic matters.

Translated by: James Richards

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN im. Stanisława Leszczyckiego wydaje następujące publikacje seryjne:

*Geographia Polonica,*  
*Przegląd Geograficzny,*  
*Europa XXI,*  
*Prace Geograficzne,*  
*Studia Obszarów Wiejskich,*  
*Monografie IGiPZPAN (17 tomów)*  
*Atlas Warszawy*

oraz *Dokumentacja Geograficzna, Geopolitical Studies, Bibliografia Geografii Polskiej, Atlas Rzeczypospolitej Polskiej (1993–1997)* i *Centralny Katalog Zbiorów Kartograficznych w Polsce (1961–2000).*

#### MONOGRAFIE

1. Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski.*
2. Starkel L., 2001, *Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś.*
3. Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie.*
4. Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka.*
5. Gawryszewski A., 2005, *Ludność Polski w XX wieku.*
6. Węclawowicz G., Bański J., Degórski M., Komornicki T., Korcelli P., Śleszyński P., 2006, *Przestrzenne zagospodarowanie Polski na początku XXI wieku.*
7. Taylor Z., 2007, *Rozwój i regres sieci kolejowej w Polsce.*
8. Matuszkiewicz J.M. (red.), 2007, *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski.*
9. Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M., 2007, *Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych.*
10. Gawryszewski A., 2009, *Ludność Warszawy w XX wieku.*
11. Grzeszczak J., 2010, *Gentryfikacja osadnictwa. Charakterystyka, rozwój koncepcji badawczej i przegląd wyjaśnień.*
12. Eberhardt P., 2011, *Political migrations on Polish territories (1939–1950).*
13. Błażejczyk K., 2011, Kunert A., *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce.*
14. Korcelli P., Grochowski M., Kozubek E., Korcelli-Olejniczak E., Werner P., 2012, *Development of Urban-Rural Regions: from European to Local Perspective.*
15. Taylor Z., Ciechański A., 2013, *Bezpośrednie inwestycje zagraniczne w polskim transporcie.*
16. Taylor Z., Ciechański A., 2014, *Transport companies in the servicing of organised tourism in Poland.*

Zachodzące zmiany klimatu są odczuwane przez każdego mieszkańca naszej planety. Zmienia się zakres wartości obserwowanej temperatury powietrza oraz amplituda zjawisk, które nie tylko są intensywniejsze niż kiedyś, ale pojawiają się w miejscach, gdzie jeszcze 30 lat temu były rzadkością.

Warunki termiczne stanowią jeden z wielu czynników ryzyka zgonu i w ograniczony, ale widoczny sposób kształtują umieralność. Zaostrzają one przebieg wielu chorób, ale też je wywołują, przyspieszają śmierć osób chorych, ale także w skrajnych przypadkach prowadzą do zgonu osób zdrowych.

Analiza wpływu środowiska termicznego na umieralność - główny cel opracowania - oparta jest na 40-letniej serii codziennych danych o liczbie zgonów ogółem oraz z powodu chorób układu krążenia i układu oddechowego w Białymstoku, Gdańsku, Krakowie, Lublinie, Łodzi, Poznaniu, Warszawie, i Wrocławiu. Opracowanie warunków termicznych obejmuje ponadto Katowice, Olsztyn, Szczecin i Toruń.

W książce można m.in. znaleźć odpowiedzi na następujące pytania: W jakim stopniu, zmieniające się w ostatnich latach w Polsce, skrajne warunki termiczne wpływały na umieralność? Czy okresy gorące notowane w latach 80. i 90. XX wieku powodowały większy wzrost umieralności niż obecnie? Jak zmieniła się częstość okresów szczególnie silnych mrozów, i jak one wpływały na umieralność? Jak definiować te okresy? Czy widoczna jest adaptacja mieszkańców Polski do skrajnych obciążeń cieplnych? Jakie środowisko termiczne w poszczególnych miastach sprzyja spadkowi umieralności?

Wyniki są istotne, czasem zaskakujące. Odnoszą się do zagadnień czysto klimatycznych i bioklimatycznych, ale także medycznych i demograficznych w Polsce w okresie 1975-2014.