

Danuta Wielbińska
Oddział Morski IMGW w Gdyni

Dodatni subtrend temperatury powietrza
w Hornsundzie, w okresie od 1978/79 do 1990/91

Wstęp

Ostatnio wiele poświęca się uwagi dodatniemu trendowi temperatury powietrza zaznaczającego się w skali globalnej. Mówi się, że efekt ten powinien być najbardziej wyraźny w podbiegunowych obszarach globu. Pewnym więc przyczynkiem może tu być analiza przebiegu temperatury powietrza w Hornsundzie z dostępnego z ciągłych obserwacji okresu 1978 do 1991 r. Ponieważ jednak jest to okres bardzo krótki, jak na wnioskowanie o istotnych zmianach klimatycznych, można każde uzyskane z takiego ciągu pomiarowego wyniki uznać za charakterystyczne jedynie dla danego okresu i nie ekstrapolować ich bez zastrzeżeń na lata dalsze.

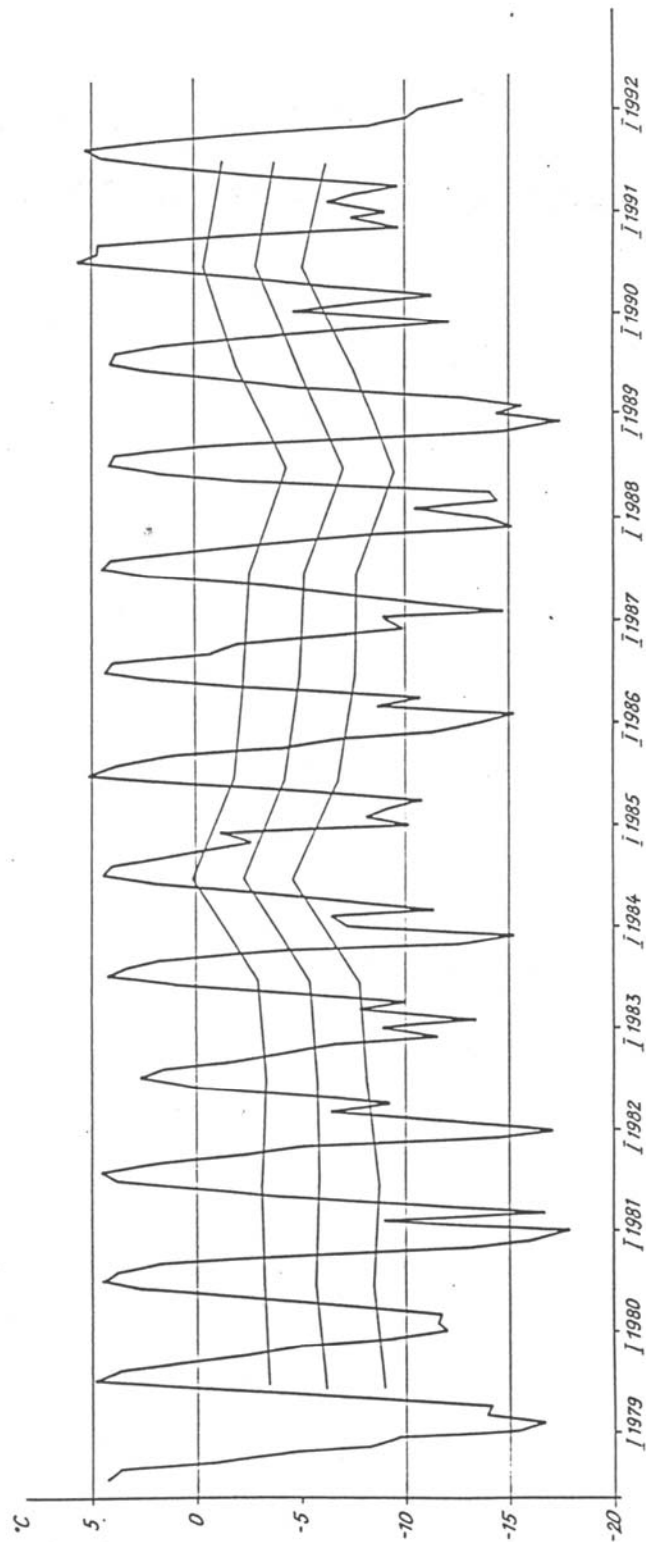
Reprezentatywność stacji i okresu pomiarowego.

W celu uzyskania potwierdzenia reprezentatywności termicznej zarówno okresu pomiarowego, jak i miejsca obserwacji zanalizowano przebieg średnich rocznych i miesięcznych wartości temperatur /rys.1/. Nie wykazuje on żadnych cech anomalnych. Najcieplejszym miesiącem w przekroju rocznym był lipiec, z temperaturą średnią wynoszącą $4,2^{\circ}\text{C}$ /tabl.1/, jedynie w roku 1981 i 1991 średnia sierpnia była wyższa od średniej lipca. Maksimum roczne tworzone było co roku przez średnie temperatury lipca i sierpnia, jedynie w roku 1990 również i września. Najniższe temperatury zimy obserwowano w okresie dłuższym -czasem już od listopada, aż po kwiecień.

Tabl. 1

Przebieg wieloletnich średnich miesięcznych wartości
temperatury powietrza, ($^{\circ}\text{C}$) Hornsund, VII 1978 - VI 1990

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
-12.0	-11.8	-11.3	-9.5	-3.3	1.5	4.2	3.8	0.6	-3.7	-8.2	-12.0	-5.3

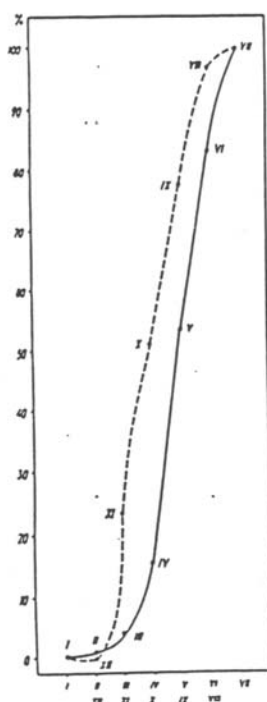


rys. 1. Wieloletni przebieg średnich miesięcznych temperatur w Hornsundzie, a na ich tle - przebieg średnich rocznych, średnich rocznych z maksimum i średnich rocznych z minimum

Zwykle miesiące bardzo mroźne przedzielane były miesiącami o temperaturach wyższych, tworząc na wykresie charakterystyczne dla tej pory roku "zęby piły" /rys.1/ Najmroźniejsze były miesiące od grudnia do marca, tworząc rozległą depresję temperatur średnich o wartościach między -12 a -11°C . /tabl.1/

Średnie roczne wahały się od $-2,3^{\circ}\text{C}$ w bardzo ciepłym roku 1984 /o znacznych dodatnich odchyleniach temperatury, zwłaszcza na początku i pod koniec roku/ do $-7,2^{\circ}\text{C}$ w r.1988 z długotrwałym okresem mrozów na początku roku i wcześniejszym pojawieniem się mroźnej zimy następnej/. Moduły odchylenia średnich rocznych od średnich z minimów były z dokładnością do $0,2^{\circ}\text{C}$ równe odchyleniom od średnich maksimów /rys.1 tabl.3/.

Prawidłowość średniego rocznego przebiegu potwierdza wykres temperatur względnych /rys. 2 i tabl. 2/, którego obie gałęzie przebiegają gładko, wskazując jednak wyraźną



Tabl. 2
Średnie miesięczne temperatury względne
w Hornsundzie, VII 1978 - VI 1990

Mies.	Tempe- ratura średnia	Średnia miesiąca danego minus średnia stycznia	Tempe- ratura względna °C
I	-12,0	0,0	0,0
II	-11,8	0,2	1,2
III	-11,3	0,7	4,3
IV	-9,5	2,5	15,4
V	-3,3	8,7	53,7
VI	1,5	13,5	83,3
VII	4,2	16,2	100,0
VIII	3,7	15,7	96,9
IX	0,6	12,6	77,8
X	-3,7	8,3	51,2
XI	-8,2	3,8	23,5
XII	-12,0	0,0	0,0

Rys. 2. Średnie miesięczne temperatury względne
okresu VII 1978 - VI 1990 w Hornsundzie.

asymetrię termiczną roku: temperaturę względną poniżej 5% miały aż trzy miesiące początku, a tylko jeden miesiąc końca roku, ponadto między wartościami progowymi temperatury względnej 20 i 80% znalazły się aż trzy miesiące jesiennego spadku a tylko jeden - wiosennego wzrostu temperatury. Temperatury względne każdego miesiąca zostały obliczone jako stosunek różnicy temperatury średniej z miesiąca danego i temperatury stycznia $\bar{T}_n - \bar{T}_I$ do amplitudy rocznej $\bar{T}_I - \bar{T}_{VII}$, wyrażony w procentach.

Subtrend temperatury powietrza w okresie 1978 - 1990

Na podstawie danych z omówionego wyżej ciągu pomiarowego, przedstawionych w tablicy 3, obliczono średnie roczne przyrosty temperatury dla roku kalendarzowego, wykorzystując proste równanie regresji.

$$\bar{T}_R = \bar{T}_R \text{ pocz.} + n \bar{T}_R$$

gdzie: R - dowolny rok kalendarzowy okresu 1979 - 1989, $\bar{T}_R$ - średnia temperatura roczna dla dowolnego roku tego okresu, $\bar{T}_R \text{ pocz.}$ - średnia roczna temperatura roku, od którego zaczyna liczyć się zmiany, spowodowane przyrostem, $n = 1, 2, \dots, 11$ - kolejne sezony roczne okresu 1979 - 1989, $\bar{T}_R$ - obliczona wartość przyrostu rocznego temperatury średniej w tym okresie.

Dla ciągu temperatur średnich rocznych, średnich rocznych z minimów i średnich rocznych z maksimów uzyskano:

$$a/ \bar{T}_R \text{ śr} = -5,5^\circ\text{C} + n \cdot 0,05^\circ\text{C} \quad \text{przy } \sigma^2 = 1,7$$

$$b/ \bar{T}_R \text{ mn} = -8,3^\circ\text{C} + n \cdot 0,07^\circ\text{C} \quad \text{przy } \sigma^2 = 1,88$$

$$c/ \bar{T}_R \text{ mx} = -3,03^\circ\text{C} + n \cdot 0,05^\circ\text{C} \quad \text{przy } \sigma^2 = 1,35$$

gdzie symbole: śr, mn i mx mają swoje zwykłe znaczenie.

Gdyby przyjąć obliczone z równań /a/ do /c/ przyrosty roczne, to średnia roku, średnia z minimów i średnia z maksimów na przykład za rok 1989, wynosiłaby odpowiednio -5,0 -7,6 i -2,5°C, co się prawie dokładnie zgadza z wartościami, jakie wystąpiły rzeczywiście /porównaj liczby podane w tablicy/, ale już dla wcześniejszego roku 1988 wartości obliczone

odbiegałyby znacznie in plus od rzeczywistych.

Tabl. 3
Średnie roczne oraz średnie z maksimów i minimum
temperatury, °C. Hornsund, VII 1978 - XII 1991

Okres	Rok kalendarzowy			Sezon VII - VI		
	TXI	TXM	TSL	TXI	TXM	TSL
1978/79				-3,9	-9,6	-6,8
1979	-3,5	-9,0	-6,2			
1979/80				-1,7	-7,0	-4,3
1980	-3,2	-8,4	-5,7			
1980/81				-4,3	-10,0	-7,0
1981	-3,2	-8,8	-5,9			
1981/82				-2,6	-7,6	-5,1
1982	-3,4	-8,1	-5,7			
1982/83				-2,7	-7,7	-5,2
1983	-3,0	-8,1	-5,4			
1983/84				-2,1	-7,2	-4,7
1984	0,1	-4,6	-2,3			
1984/85				-0,5	-5,2	-2,8
1985	-1,9	-6,9	-4,3			
1985/86				-2,5	-7,9	-5,1
1986	-2,4	-7,7	-5,0			
1986/87				-2,2	-7,0	-4,6
1987	-2,7	-7,7	-5,1			
1987/88				-3,4	-8,6	-6,1
1988	-4,5	-9,6	-7,2			
1988/89				-3,9	-9,4	-6,6
1989	-2,5	-7,6	-5,0			
1989/90				-1,3	-6,0	-3,6
1990	-0,5	-5,1	-2,8			
1990/91				-0,7	-5,6	-3,2
1991	-1,4	-6,3	-3,8			

Uwaga: wartości z sezonów 1990/91 i 1991 obliczo-
no na podstawie danych nie zweryfikowanych

Dla podkreślenia, jak duże ryzyko zafałszowania trendu niesie z sobą przyjęcie, jako podstawy obliczeń, okresu zbyt krótkiego zwiększono ilość wyrazów ciągu obliczeniowego o jeden, włączając wewnątrz pomiary z drugiego półrocza 1978 i pierwszego półrocza 1990 i tworząc średnie dla sezonów od lipca roku poprzedzającego do czerwca roku następnego. Pokrywa się to w przybliżeniu z sezonami ekspedycji. Uzyskano w ten sposób ciąg temperatur z 12 sezonów /tabl.3/ do którego zastosowano podane poprzednio równanie regresji. Symbol S zastąpił w tym równaniu symbol R i oznacza dowolny roczny sezon od lipca do czerwca z okresu 1978/79 do 1989/90, a $n = 1, 2, \dots, 12$.

Uzyskano

$$/A/ \bar{T}_S \text{ śr} = -5,7^{\circ}\text{C} + n \cdot 0,09^{\circ}\text{C} \quad \text{przy } \sigma^2 = 1,75$$

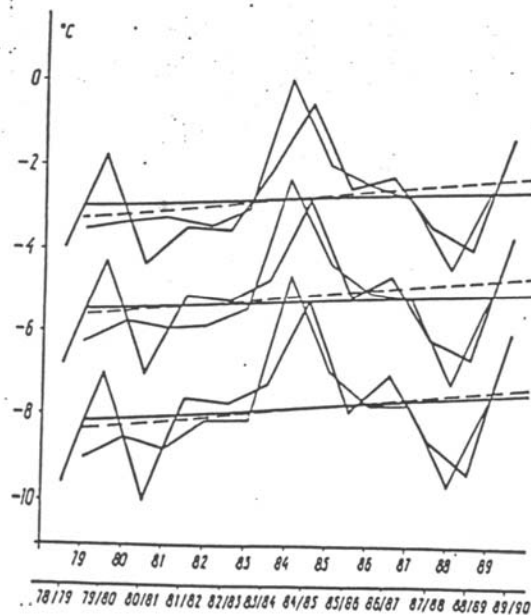
$$/B/ \bar{T}_S \text{ mn} = -8,5^{\circ}\text{C} + n \cdot 0,1^{\circ}\text{C} \quad \text{przy } \sigma^2 = 2,13$$

$$/C/ \bar{T}_S \text{ mx} = -3,3^{\circ}\text{C} + n \cdot 0,09^{\circ}\text{C} \quad \text{przy } \sigma^2 = 1,45$$

przy wyjaśnionych uprzednio znaczeniach symboli.

W stosunku do równań /a/, /b/, /c/ przyrosty otrzymane z równań /A/ do /C/ są większe, natomiast zmalały temperatury wyjściowe /stałe równań regresji/. Zwiększenie więc jedenastoletniego ciągu o jeden wyraz przez uwzględnienie na jego początku chłodnego wtedy półrocza VII - XII roku 1978, a na jego końcu dość ciepłego pierwszego półrocza 1990 wywołało znaczące różnice w obliczanym subtrendzie. Przyrosty za sezon wynoszą średnio prawie $0,1^{\circ}\text{C}$. Jest to jeszcze jeden dowód na to, że ciąg obliczeniowy powinien mieć dostateczną długość.

Ilustrację omówionych wyżej równań przedstawiono na rys.3. Obliczone subtrendy wykreślono na tle przebiegu średnich temperatur rocznych i sezonowych oraz odpowiednich średnich z minimów i z maksimów.



Rys. 3. Obliczone subtrendy na tle przebiegu średnich rocznych wartości temperatur w okresie od VII 1978 do VI 1990, w Hornsundzie. Objaśnienia w tekście.

Cieńsza linia ilustruje przebieg wartości temperatury dla 11 kalendarzowych okresów roku, linią grubszą wykreślono przebieg średnich dla 12 sezonów, liczonych od lipca do czerwca każdy. Trendy obliczone na podstawie danych z kalendarzowych okresów rocznych oznaczono linią ciągłą, a na podstawie średnich za sezony od lipca do czerwca - linią przerywaną.

Trendy temperatury na stacji Hopen i Isfjord-Radio

Obliczenia wykonane na podstawie danych z dwu najbliższych Hornsundowi stacji meteorologicznych, Hopen /Wyspa Nadziei/ i Isfjord-Radio, rozwiewają obawy co do niepokojąco dużego, dodatniego subtrendu temperatury w Hornsundzie w ostatnim okresie. Stacje te reprezentują obszar w promieniu 150 km na północ i na wschód od Hornsundu i przebieg ich rocznych wartości wykazuje duży związek. Niestety, nie można porównać bezpośrednio przebiegu temperatury na tych stacjach z jej przebiegiem w Hornsundzie, gdyż opublikowane dane nie obejmują lat późniejszych niż 1980 dla Hopen, a stacja w Isfjord-Radio przestała funkcjonować w roku 1976. Hornsund zaś prowadzi pomiary w trybie ciągłym dopiero od połowy roku 1978.

Mimo to, w oparciu o dostępne dane z tych stacji obliczono interesujące nas wskaźniki, otrzymując zawarte

Subtrendy temperatury na stacjach
Hopen i Isfjord-Radio

Tab.4

okres	Hopen		Isfjord-Radio	
	stała rown. 'C	przyrost roczny 'C	stała rown. 'C	przyrost roczny 'C
1912-1923	-	-	-9,4	0,5
1924-1934	-	-	-5,2	0,2
1935-1945	-	-	-3,3	-0,1
1946-1956	-6,1	0,2	-5,0	0,1
1957-1968	-4,2	-0,4	-2,7	-0,4
1946-1968	-4,2	-0,14	-3,5	-0,1
1946-1980	-5,1	-0,05	-	-
1912-1968	-	-	-5,5	0,02

w tablicy 4. wartości dla kolejnych okresów obserwacyjnych dobranych w ten sposób, żeby swoją długością przypominały 11-letni okres obserwacyjny Hornsundu. Jak widać, obliczone subtrendy podlegały wyraźnym wahaniom w różnych okresach wielolecia, zarówno co do wielkości jak i znaku i proces ten będzie się przypuszczalnie w dalszym ciągu powtarzał. Gdyby jednak wartości trendów uzyskane z obserwacji z tych dwu punktów pomiarowych o dosyć przecięz

długich ciągach obserwacyjnych ^{przyjęt} jako stałą w ostatnim czasie tendencję temperatury w tym rejonie, to należałoby sądzić, że efektem wypadkowym będzie jednak oczekiwane z takim niepokojem ocieplenie. W przypadku Isfjordu wyniosłoby ono nieco ponad 1°C za 64-letni okres obserwacyjny, a gdyby tempo

Przyrostu temperatury średniej utrzymywało się nadal na dotychczasowym poziomie, to ocieplenie na tej stacji sięgnęłoby 2°C pod koniec drugiej dekady następnego stulecia i średnia roczna temperatura byłaby tam wtedy nawet nieco wyższa niż $-3,0^{\circ}\text{C}$.