

JANINA TREPİŃSKA

## Wahania termiczne w Polsce i w Europie — od małego glacjału do współczesnego ocieplenia\*

Thermic Oscillations in Poland and Europe — from the Little Glacial Age to the Contemporary Warming up

**B**adania klimatologiczne z ostatnich dziesiątków lat dowiodły, że zmiany termiczne w Europie, obserwowane od kilku stuleci, są niezaprzeczalnym faktem. Wahania temperatury powietrza, zwłaszcza ostre zimowe mrozy i niezwykle upalne letnie dni wzbudzały wśród mieszkańców kontynentu europejskiego szczególne zainteresowanie, nie tylko teoretyczne. Fluktuacje termiczne wpływały na wydajność plonów, a tym samym na możliwość uchronienia się od klęski głodu i przeżycia zimy. Obecnie, gdy naturalna wydajność upraw schodzi na dalszy plan, wskutek silnej ingerencji człowieka i możliwości sterowania produkcją rolną, gdy wskutek wprowadzenia systemu ogrzewania mieszkań zniknęła groźba zamarznięcia w zimie, można by sądzić, że wahania klimatyczne nie znajdują się w centrum zainteresowań naukowych.

Od lat siedemdziesiątych obserwuje się jednak znaczny wzrost zainteresowań zagadnieniem wahań klimatu w krótkich okresach czasowych. W ośrodkach naukowych na całym świecie pojawia się wiele prac rozpatrujących różne aspekty obserwowanych zmian wszystkich elementów klimatu oraz podających pewne rozwiązania probabilistyczne. Wynika to z przyjęcia za pewnik, że wzrasta zanieczyszczenie termiczne atmosfery wskutek niekontrolowanej emisji gazów, zmieniających jej temperaturę i skład chemiczny. Zmiana termiki atmosfery, zarówno wskutek procesów naturalnych, jak i rosnącej antropopresji jest bowiem pierwszym ogniwem w długim łańcuchu, związanych ze sobą, procesów klimatotwórczych. A więc obserwowane są procesy zmieniające hydrosferę — na przykład duże wahania opadów atmosferycznych i poziomu wód powierzchniowych i podziemnych. Występują zmiany w litosferze — na przykład przyspieszenie wietrzenia skał, ruchów masowych, procesów denudacyjnych i akumulacyjnych, składanie olbrzymich ilości odpadów przemysłowych (12). Obserwuje się zmiany w kriosferze, a więc zasięgów lodowców

\* Referat wygłoszony na sympozjum "Ekosystemy leśne w obliczu zmian klimatycznych", Białowieża 1993 r.

górkich (8) i przesuwającą się na południe (półkula północna!) granicę zasięgu gór lodowych na oceanach. I wreszcie — wyraźnie zauważalne są zmiany w biosferze — na przykład przesuwanie się północnej (półkula północna!) i górskiej granicy lasów, zmiana zasięgu roślin dziko rosnących i roślin uprawnych, zmiana składu gatunkowego lasów i zmiana tempa przyrostu biomasy (21).

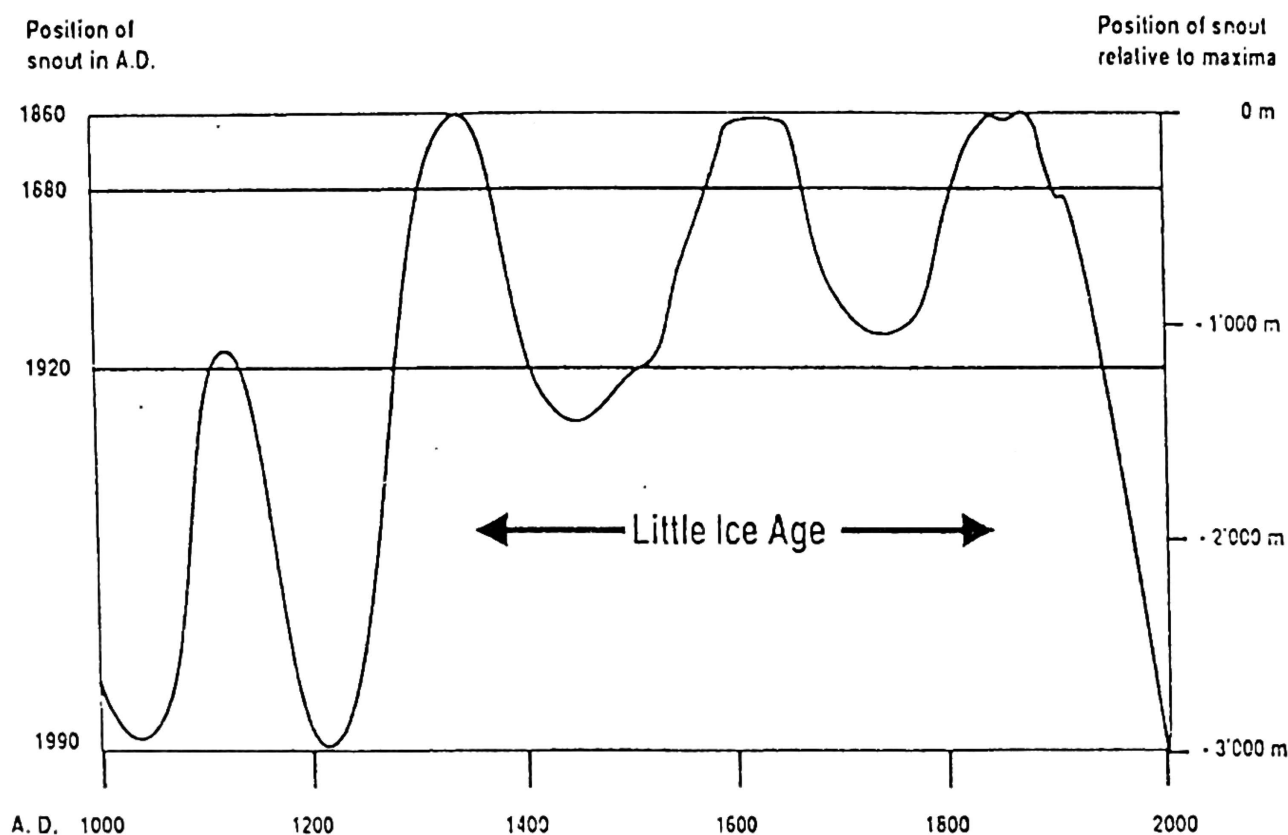
Zmiany w obiegu energii i materii pod wpływem deformacji termicznych atmosfery ziemskiej są szeroko przedstawiane w wielu publikacjach naukowych (21,7,8,4,17,14,2,10,19). Różne są jednak poglądy na przyczyny i prawdopodobne skutki zmian termicznych atmosfery i klimatów na Ziemi. Bardzo skrótowo można wymienić dwa zasadnicze nurty w badaniach zmian klimatu i ich przyczyn.

- Rozpatrywanie procesów naturalnych, pod wpływem których zmienia się ilość promieniowania słonecznego, docierającego do atmosfery ziemskiej. Do nich należy zmiana kąta nachylenia osi Ziemi do jej orbity, zmiana parametrów orbity Ziemi, zmienna aktywność fotosfery Słońca, przedstawiana numerycznie przez liczby Wolfa. Na ilość promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi wpływają także wybuchy wulkanów ziemskich, podczas których pyły docierające nawet do stratosfery powodują blokowanie dopływu strumienia promieniowania słonecznego oraz wynikająca z różnych czynników zmiana albedo planetarnego a także albedo kontynentów i oceanów;
- Rozpatrywanie procesów antropogenicznych, polegających na sztucznym wprowadzaniu energii cieplnej i zmianie składu chemicznego atmosfery ziemskiej. Te procesy wywołują efekt, który można określić jako "nadgrzanie" atmosfery w pewnych jej obszarach, chociaż w świetle dzisiejszych badań można mówić tylko o globalnym ociepleniu atmosfery. Określenie "efekt cieplarniany" atmosfery jest nieco nadużywane przez uczonych. Nie wszyscy zdają sobie sprawę z tego, że jest to efekt całkowicie naturalny, wynikający ze szczególnych właściwości fizycznych atmosfery, przepuszczającej krótkofalowe promieniowanie słoneczne i zatrzymującej długofalowe promieniowanie ziemskie.

Zasadniczym celem tego referatu jest przedstawienie termicznych zmian w Europie, a tym samym i w Polsce, od okresu tzw. **małej epoki lodowej** do czasów współczesnych.

Za początek małej epoki lodowej, zwanej także małym glacjałem, przyjmuje się połowę wieku XIV. Miała ona trwać do połowy wieku XIX, z przerwą około połowy XVI wieku i pewnym ociepleniem około połowy XVIII wieku. Najwyraźniej jej granice czasowe określa Lamb (1966), ale jej czasowe trwanie jest dość trudne do wyznaczenia, bowiem w różnych obszarach Europy różne było jej nasilenie, a tym samym czas trwania. W północnych obszarach i w klimatach o większym stopniu kontynentalizmu intensywność fluktuacji była większa. Okres małego glacjału charakteryzowały bardziej surowe i śnieżne zimy, krótsze wiosny i pory letnie, a także większe — na ogół — opady atmosferyczne. Lamb, (1966) datuje mały glacjał na lata 1430–1850, a Maruszczak, (1987) podaje lata 1350–1890 jako odpowiadające ochłodzeniu klimatów w Europie (według licznych autorów).

Ocenia się, że podczas małego glacjału temperatury średnie roczne w Europie były o 0,4°C do 0,5°C niższe od obecnych, co wynikało głównie z występowania surowych zim. Wielu



Source: Holzhauser and Zumbühl 1968

RYC. 1. Fluktuacje Wielkiego Lodowca Aletsch (Alpy) w latach 1000–1990. Linia krzywa przedstawia położenie bramy lodowcowej w stosunku do najbardziej wysuniętej jej pozycji podczas małego glacjału; rycina z publikacji C. Pfistera, 1992

autorów zauważa, że właśnie temperatury zimowe są najważniejszym wskaźnikiem zmian termicznych w umiarkowanych szerokościach geograficznych.

Taki obraz klimatów przeważającej części Europy rysuje się jako wynik współpracy uczonych z różnych dyscyplin naukowych, a więc geomorfologów, którzy odtwarzają warunki klimatyczne z warstw osadów jeziornych, glaciologów i hydrografów, którzy odtwarzają zasięgi lodowców alpejskich, a może przede wszystkim dendrologów, którzy podają dokładnie datowane dane klimatyczne z badań przyrostów słoju drzew (18,14). Bardzo często wykorzystywane są opisy zjawisk w kronikach historycznych i wyniki pracy archeologów (15). Według wyników takich badań wiek XVIII — to okres, w którym miało nastąpić pewne ocieplenie klimatów Europy (14).

Ale ten wiek — to już okres kiedy to rozpoczęto wykonywanie i zapisywanie wyników obserwacji meteorologicznych. Jest to bardzo ważny, często niedoceniany zwrot w historii badań klimatycznych i dlatego warto zatrzymać się przy historii zapisów w badaniach klimatologicznych.

Najstarsze zapisy wartości temperatury powietrza, które mogą być wykorzystane do celów naukowych pochodzą z drugiej połowy XVII stulecia. Istniała tzw. sieć florentyńska obejmująca kilkanaście miast europejskich (w tym Warszawę) w latach 1654–1670. Nie-

stety z tego okresu trudno odtworzyć przebieg temperatury z większą dokładnością, gdyż nie są znane terminy obserwacji i poprawki używanych wówczas termometrów rtęciowych (9,3).

W ciągu XVIII wieku na obszarze Europy, głównie przy obserwatoriach astronomicznych, powstawały stacje meteorologiczne, w których prowadzono zapisy z pełną poprawnością, w ściśle określonych terminach i według wskazań opisanych przyrządów. W Paryżu prowadzono zapisy meteorologiczne od 1757 roku, w Berlinie od 1719 roku, w Petersburgu od 1743 r. w Turynie od 1753, w Bazylei od 1755, w Sztokholmie od 1756, w Greenwich od 1763, w Edynburgu od 1764, w Genewie od 1768, w Wiedniu od 1775, w Pradze od 1771, w Wilnie od 1777, w Warszawie od 1779 i w Krakowie od 1792 roku (3,2,9). W latach 1780–1795 istniała w Europie zorganizowana sieć obserwacji meteorologicznych pod egidą Palatyńskiego Towarzystwa Meteorologicznego. Szczególne zasługi położyli tu badacze niemieccy skupieni w tym towarzystwie naukowym. W tych latach narodziła się meteorologia, a wtedy gdy zaczęto opracowywać ciągi liczbowe otrzymane z wieloletnich pomiarów meteorologicznych — narodziła się klimatologia.

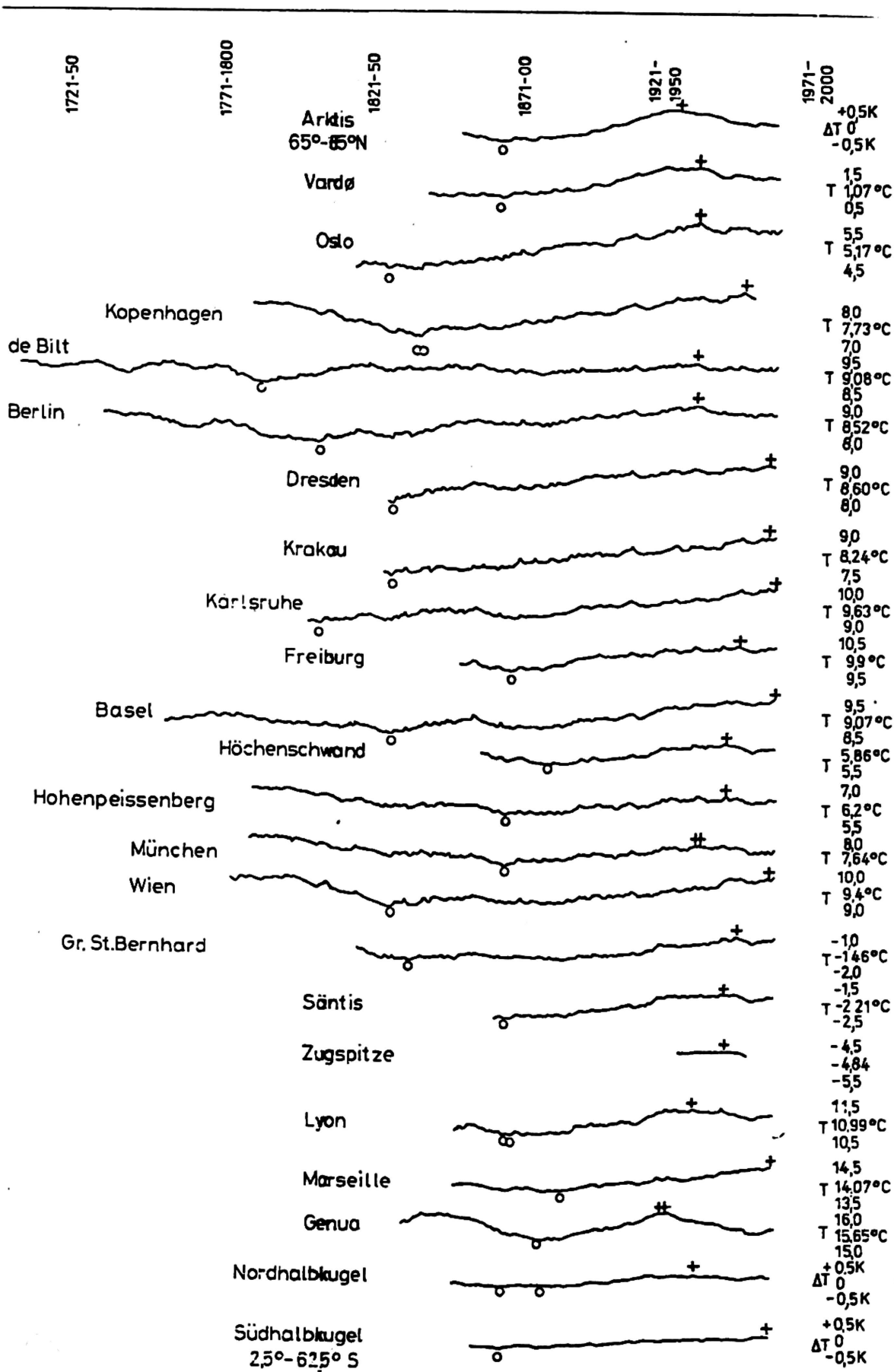
W pierwszych dziesiątkach lat XIX wieku klimaty europejskie były bardziej surowe. Znane są ostre zimy okresu wojen napoleońskich. Rekordowo niskimi temperaturami odznaczyła się na dużych obszarach Europy zima 1829/1830, według krakowskiej serii pomiarów temperatury — najmroźniejsza (19). Jednakże w ciągu XIX stulecia temperatura powietrza w Europie wykazała się przyrostem dodatnim. Pojawiły się przypuszczenia, że zgodność taka nie jest przypadkowa, a wieloletnie zmiany temperatury mają charakter ogólny (11,3,8). Wśród miesięcy szczególnie wyróżniał się styczeń, w którym temperatura uległa znacznemu podwyższeniu. Pewnej obniżce uległa temperatura średnia maja i miesięcy letnich, nie tak znacznej jednak jak podwyżki zimowe.

Ocieplenie się zim, a tym samym podwyższenie średnich rocznych temperatur, na zachodzie Europy wystąpiło już około połowy XIX wieku. W Europie środkowej proces ten rozpoczął się w trzecim ćwierćwieczu XIX wieku, ale najwyraźniej wystąpił w pierwszych dwóch dziesiątkach lat XX stulecia. Wtedy już także Europa północna i wschodnia (Uppsala, Haparanda, Kijów, Moskwa) była objęta procesem współczesnej oceanizacji klimatu. Taką bowiem nazwę zyskał wśród klimatologów ten niezwykle zespół zjawisk klimatycznych, objawiający się zmianą cyrkulacji atmosferycznej, ociepleniem wszystkich pór roku, z wyjątkiem lata i zmniejszającą się roczną amplitudą temperatury. Pisał o tym E. Romer, w roku 1947. Obecnie proces ten określa się jako **współczesne ocieplenie**.

W pierwszej połowie XIX wieku listopad i grudzień były najczęściej miesiącami wybitnie zimowymi. Pod koniec wieku początek zimy przypadał często na koniec listopada, a nawet grudnia. Dane temperaturowe z Petersburga, Sztokholmu, Moskwy i Kazania wskazują na szczególne ocieplenie grudnia na przełomie wieku XIX i XX (19). Tendencja do ocieplania się klimatów Europy postępowała od zachodu — przez Europę środkową — do Europy wschodniej i północno-wschodniej. Najsilniejsza była na przełomie wieków oraz w pierwszych dwóch dziesiątkach lat wieku XX, przed okresem szczególnie intensywnej industrializacji i urbanizacji obszaru Europy.

Lata czterdzieste przerwały tę "hoszę" klimatyczną, gdyż wystąpiła wtedy seria surowych zim, obniżająca bardzo (około 0,5–1,0°C) średnie roczne temperatury. Najsurowsza na





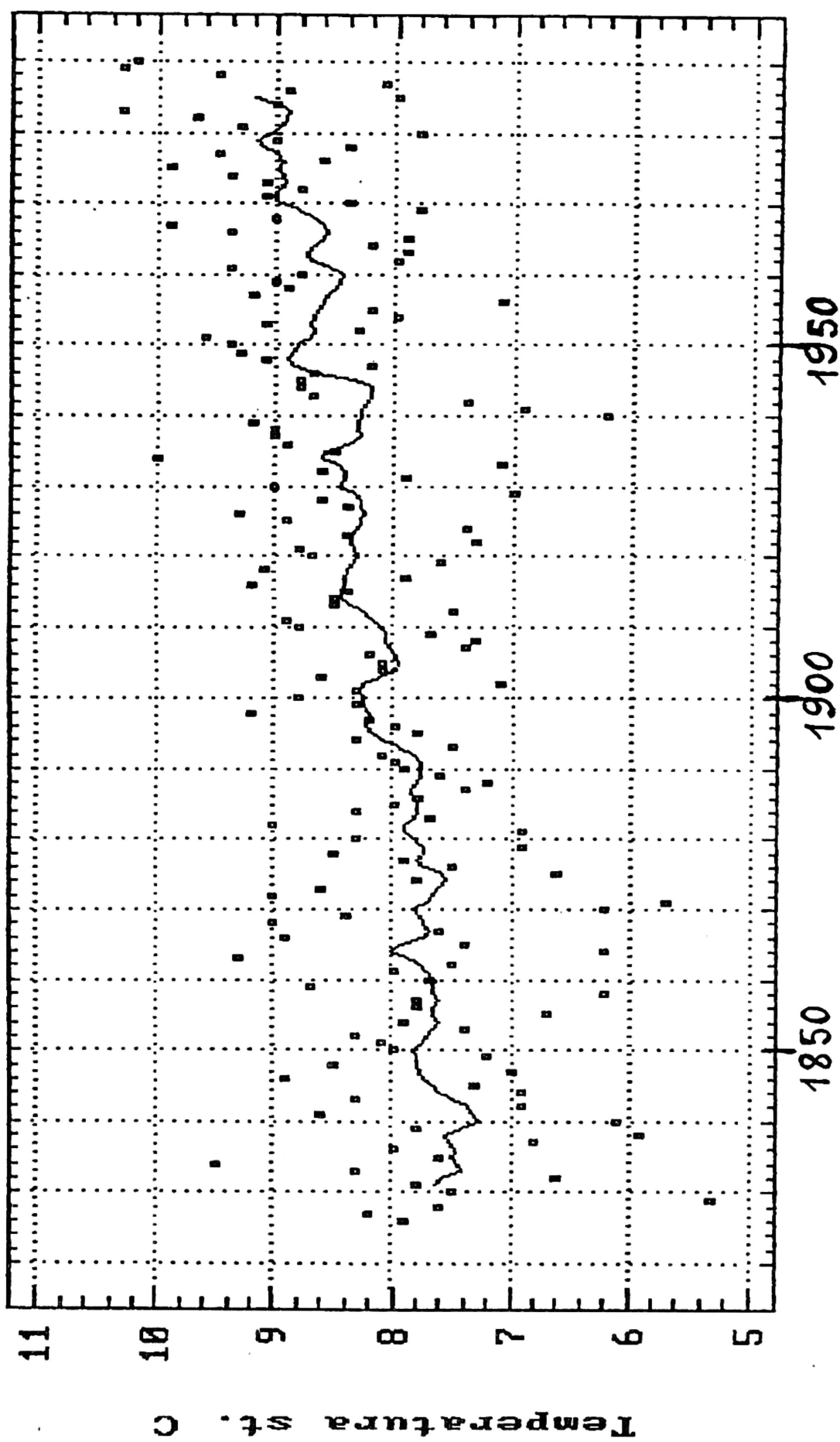
RYC. 2. Trzydziestoletnie średnie ruchome anomalie średnich rocznych temp. powietrza w °C w odniesieniu do średniej wartości z lat 1851-1980 dla wybranych stacji i regionów; ryc. z publikacji H.v. Rudloffa. 1991.

ziemiach polskich zima w XX wieku wystąpiła już wcześniej, w roku 1928/1929. Być może, niesłychanie długo, w styczniu i lutym 1929 roku utrzymujący się północny i północno-wschodni spływ mroźnych mas powietrza stał się zaczątkiem zmiany epoki makrocyrkulacyjnej, z zachodniej — z przewagą spływów mas powietrza znad oceanu Atlantyckiego — na epokę południkową — spływów o przeważającym kierunku północnym i północnowschodnim. Taka zmiana makrotypów cyrkulacyjnych (rozpatrywanych na dużych obszarach) powoduje większą zmienność typów pogody i intensyfikację fluktuacji klimatycznych. Można było obserwować takie procesy w dalszych latach.

Po obniżeniu się temperatur rocznych w latach czterdziestych i początkowych pięćdziesiątych XX stulecia nastąpił kolejny zwrot klimatyczny — w stronę ocieplenia. Jednakże jeszcze w latach sześćdziesiątych (5,7) pewna grupa klimatologów uważała, że następuje okres powtórnego oziębienia klimatu. Wyraźnie dające się zauważyć ocieplenie w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych szczególnie pory ziomowej, wpłynęło na zmianę zdania zwolenników poglądu o nowej epoce lodowej. Seria łagodnych zim w latach siedemdziesiątych, końcowych osiemdziesiątych i początkowych dziewięćdziesiątych XX stulecia w Europie, skracanie się okresu mrozów, podwyższanie się temperatury jesieni, kilka bardzo gorących sezonów letnich (lato 1992 roku — najcieplejsze w Europie środkowej w ciągu 200 lat!) oraz zadziwiająca zgodność tych tendencji na obszarze prawie całej Europy, z wyjątkiem jej południowych rubieży — prowadzą do stwierdzenia, że obserwujemy rozszerzanie się strefy klimatu podzwrotnikowego, bądź umiarkowanego ciepłego na północ (12). Jest to hipoteza, znajdująca pewne potwierdzenie w obserwowanych faktach przyrodniczych — lecz ten kierunek wahnięcia klimatycznego wymaga jeszcze dalszych badań. Ocieplenie pociąga za sobą zmianę rodzaju upraw rolnych na bardziej ciepłolubne, a także zmianę naturalną sukcesji roślin, w tym i drzew w lasach środkowej, wschodniej i północnej Europy.

Kaprysy głównych kierunków adwekcji mas powietrza oraz ich powtarzalność ciągle jeszcze nie są znane na tyle, by możliwa była niezawodna teoria makrocyrkulacyjna.

Jedną z dróg poszukiwania pewnej regularności wahnięć termicznych są obliczenia wykazujące cykliczność zmian (2,17,19,20). Jednakże tylko około 30% wahnięć termicznych można wyjaśnić występowaniem zmian o charakterze cyklicznym. Duże nadzieje budzi zwrócenie szczególnej uwagi na okresy zimowe (13), a także powiązanie wszelkich zmian termicznych z epokami cyrkulacji atmosferycznej w makroskali (6,19). Powstają stosunkowo proste i bardziej skomplikowane modele zmian klimatu, w których zawsze istotną rolę odgrywają fluktuacje termiczne. W coraz szerszym stopniu uwzględnia się antropopresję na klimat przez zwiększanie się w atmosferze ilości dwutlenku węgla i innych gazów. W modelach zmian klimatu nie sposób jednak przewidzieć wszystkiego, jak silnych erupcji wulkanicznych: El Chichon (Meksyk) w roku 1983, Pinatubo (Filipiny) w roku 1991 i niezwykle gęstego zanieczyszczenia dymów z palących się szybów naftowych w rejonie Zatoki Perskiej na początku 1992 roku. Takie acykliczne zjawiska mogą mieć silny wpływ na termikę atmosfery, nawet w skali globalnej, a bardzo trudno ich skutki umieścić w odpowiednim miejscu modelu klimatycznego. Nieco łatwiejsze jest określenie ocieplającego wpływu rozwoju miast na atmosferę — ale obecnie podaje się tylko szacunkowe wartości  $0,2^{\circ}$ – $0,3^{\circ}$  na 100 lat (średnia roczna). Jednakże i tu występują pewne komplikacje — okazuje się, że najszybciej rosną temperatury średnie minimalne, około  $1^{\circ}/100$  lat,



RYC. 3. Wieloletni przebieg temperatury średniej rocznej w °C w Krakowie; średnie dziesięcioletnie ruhome; 1826–1990

podczas gdy średnie rzeczywiste (bądź terminowe) ok.  $0,5^{\circ}/100$  lat (w tej wartości mieści się podana już wartość  $0,2-0,3^{\circ}/100$  lat, określająca ocieplenie wynikające z urbanizacji). Większe przyrosty temperatury minimalnej tłumaczy się także wpływem miejskim. Te wartości nie oznaczają, że przyrost temperatury odbywa się z roku na rok. Za najmniejszą jednostkę czasową określającą zmiany termiczne można przyjąć 10 lat, a niektórzy badacze uważają, że trzeba przyjąć co najmniej 20 lat.

W Europie intensywność fluktuacji termicznych jest związana ze stopniem kontynentalizmu termicznego, a więc i z długością i z szerokością geograficzną. Klimaty kontynentalne i północne odznaczają się większą wrażliwością na fluktuacje i reakcja tych regionów na zmiany klimatu jest szybsza (19).

Interesującym spostrzeżeniem w kwestii zmian termicznych może być zauważona reakcja klimatów górskich na zmiany. Otóż wrażliwość tych klimatów jest mała. Tendencje termiczne mają przebieg podobny, ale fluktuacje są słabe, a nawet mogą mieć kierunek odwrotny (21). Wynika to z uruchamiania się w obszarach górskich wielu procesów przy określonej przewodze makrotypów cyrkulacyjnych, które mogą zaciemniać obraz trendów termicznych. Jako przykład można podać zwiększanie się ocieplających wpływów częstszych wiatrów fenowych przy ogólnych tendencjach spadkowych temperatury i zwiększanie się oziębiających wpływów inwersji termicznych, częstszych w okresach tendencji wzrostowych temperatury.

Ukształtowanie powierzchni lądu, obszaru o zmieniającym się albedo wskutek wylesienia jest równie ważnym czynnikiem klimatotwórczym jak temperatura powierzchni oceanu. Sztucznie kształtowana powierzchnia lądu europejskiego może okazać się jedną z ważniejszych przyczyn zmian cyrkulacyjnych w atmosferze.

## Literatura

1. **Bednarz Z.:** The comparison of dendroclimatological reconstructions of summer temperatures from the Alps and Tatra Mountains from 1741–1965, *Dendrochronologia*, 2, 1984.
2. **Brázdil R.:** Kolisání vybraných meteorologických prvků ve střední Evropě v období předtrojových pozorování, *Narodni klimatycký program ČSFR*, Praha 1991.
3. **Gorczyński W., Kosińska S.:** O temperaturze powietrza w Polsce (z mapami izoterm). *Pamiętnik Fizyograficzny*, t. XXIII, Warszawa 1916.
4. **Hecht A.:** Paleoclimatology: a retrospective of the past 20 years, w: *Paleoclimate analysis and modeling*, edited by Alan D. Hecht, A Wiley-Interscience Publication, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 1985.
5. **Kosiba A.:** Zagadnienie ostatniego ochłodzenia klimatu po 1939 roku, *Czasop. Geogr.* XXXIII, 1, Warszawa-Wrocław 1962.
6. **Kozuchowski K., Marciniak K.:** The influence of global circulation patterns in inter-annual temperature changes in Europe, *Z. Meteorol.* 40, 4, Berlin, 1990.
7. **Lamb H.H.:** *The Changing Climate*, London 1966.

8. **Lamb H.H.:** *Climate, History and the Modern World*, Methuen, London, New York. 1982.
9. **Landsberg H.E.:** *Historic weather data and early meteorological observations*, w: *Paleoclimate analysis and modeling*, edited by Alan D. Hecht, A. Wiley-Interscience Publication, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 1985.
10. **Maruszczak H.:** *Zmiany środowiska przyrodniczego kraju w czasach historycznych, Przemiany środowiska geograficznego Polski*, red. L. Starkel, Wszechnica PAN, Warszawa. 1988.
11. **Merecki R.:** *Nieokresowa zmienność temperatury powietrza*, Rozprawy Wydz. Mat. Przyr. Akademii Umiejętności, Kraków. 1899.
12. **Obreńska-Starkel B., Starkel L.:** *Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego*. Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Nr 4, Warszawa, 1991.
13. **Paczos S.:** *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*, UMCS, Lublin. 1982.
14. **Pfister C.:** *Five centuries of little ice age climate in Western Europe*, Proceedings of the International Symposium on the Little Ice Age Climate, Editorial Committee of LIAC Proceedings, Dept. of Geography, Tokyo Metropolitan University. 1992.
15. **Polackówna M.:** *Wahania klimatyczne w Polsce w wiekach średnich*, Prace Geogr. V, Lwów — Warszawa. 1925.
16. **Romer E.:** *O współczesnej oceanizacji klimatu europejskiego*, Przegl. Geogr. XXII, Warszawa 1947.
17. **Rudloff von H.:** *Klimaschwankungen in Europa, Stadteinfluss und Treibhaus-Effekt*, Z. Meteorol. 41, Berlin. 1991.
18. **Stockton C.W., Bogges W.R., Meko D.M.:** *Climate and tree rings*, w: *Paleoclimate analysis and modeling*, edited by Alan D. Hecht, A Wiley-Interscience Publication, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 1985.
19. **Trepińska J.:** *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, Uniwersytet Jagielloński, Rozprawy Habilitacyjne Nr 140, Kraków. 1988.
20. **Trepińska J.:** *Cykle aktywności Słońca — cykle klimatyczne — cykliczność w przebiegu ciśnienia i temperatury powietrza w Europie*. Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr. 90, Kraków. 1992.
21. **Trepińska J.:** *Variability of mean air temperatures in Zakopane-town (1896–1990)*, 16th International Conference on Carpathian Meteorology, Slovakia — Smolenice, 4–8 Oct. 1993.
22. **Webb III T.:** *Holocene palynology and climate*, w: *Paleoclimate analysis and modeling*, edited by Alan D. Hecht. A Wiley — Interscience Publication, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 1985.



## Summary

The contemporary climatological studies showed that thermic changes recorded from Europe since several centuries could be enlisted into proven facts. The deviations of air temperature in dozen-or-so-year periods and its multimannual increasing trends involve consecutive changes in hydrosphere, lithosphere, cryosphere, and — this being very crucial — in biosphere. The outlooks on climatic changes are connected with studies on their causes, and these can be divided into natural (changes in solar activity, albedo change, volcanic eruptions) and manmade ones (development of industries and cities). The most important changes in the climates of Europe refer to the recent years. During the Middle-ages the European continent was under impact of a little glacial age (XV–XIX centuries, with a slight warming up in XVII and XVIII centuries), when the annual averages were by 0.4–0.5°C lower than they are today.

The intensity of the little glacial age and its lasting time were different in various regions of Europe. The intensity of thermic fluctuations was greater over northern and eastern areas, this fact being recorded also from the present time. Around the mid-XIX century a process of the recent warming up started in Western Europe. That process covered also Poland later on (at the turn of XIX and XX centuries). The greatest warming up occurred in Poland in two first decades of the XX century. In forties and fifties the mean annual temperatures were lower, mainly because of occurrence of frequent harsh winters. In seventies temperatures showed an increasing trend. This process intensified at the end of eighties and it still continues.