



Zagrożenia naturalne

w Polsce



Dariusz Drzewiecki

774388

AKADEMIA O



**Zagrożenia naturalne**

**w Polsce**



**Dariusz Drzewiecki**

**77438**

**AKADEMIA O**

# **Zagrożenia naturalne w Polsce**



**AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ**



# **Zagrożenia naturalne w Polsce**

**Dariusz Drzewiecki**

**WARSZAWA 2016**

**Recenzenci**

prof. dr hab. Julian Skrzyp  
dr Zbigniew Lach

**Projekt okładki**

Genowefa Majchrowska

**Skład i łamanie**

Dariusz Łysio

**Adjustacja**

Jolanta Puchalska

**Korekta**

Małgorzata Sęktas

© Copyright by Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2015

ISBN 978-83-7523-468-8

Sygn. AON 6373/16

Skład, druk i oprawa: Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej

00-910 Warszawa, al. gen. A. Chruściela 103,

tel. 261-814-055, tel./faks 261-813-752

e-mail: [wydawnictwo@aon.edu.pl](mailto:wydawnictwo@aon.edu.pl)

Zam. nr 1477/2015

# Spis treści

1. Wprowadzenie .....	7
1.1. Wstęp .....	11
1.2. Ziemia w ujęciu historycznym .....	14
1.3. Charakterystyczne okresy w dziejach Ziemi .....	17
2. Rys historyczny ziemi w ujęciu planetarnym. Budowa ziemi i procesy przyrodnicze zachodzące na jej powierzchni .....	22
2.1. Budowa wnętrza Ziemi .....	23
2.2. Sfery kuli ziemskiej.....	24
2.3. Procesy kształtujące powierzchnię Ziemi .....	34
2.4. Procesy przyrodnicze w skali globalnej .....	35
2.5. Czynniki środowiska wpływające na populację organizmów .....	39
3. Charakterystyka środowiska przyrodniczego Polski.....	44
3.1. Ogólna charakterystyka fizyczno-geograficzna .....	44
3.2. Ogólna charakterystyka zasobów wodnych.....	58
3.3. Ochrona środowiska przyrodniczego .....	59
4. Zagrożenia meteorologiczne .....	66
4.1. Wiatr o dużych prędkościach.....	67
Podsumowanie.....	84
4.2. Niskie temperatury (mróz), zawieje i zamiecie śnieżne.....	85
4.3. Marznący deszcz i gołoledź .....	101
4.4. Ograniczona widzialność i mgły.....	110
4.5. Wysokie temperatury .....	114
Podsumowanie.....	120
5. Zagrożenia hydrologiczne.....	121
5.1. Zasoby wodne w Polsce .....	122
5.1. Zjawisko powodzi w Polsce – rozkład przestrzenny .....	127
5.2. Powodzie opadowe – nawalne .....	136
5.3. Ochrona przed powodzią .....	141
5.5. Susze – deficyt opadów .....	145
Podsumowanie.....	152
6. Pozostałe zagrożenia naturalne .....	153
6.1. Osuwiska.....	153
6.2. Lawiny śnieżne.....	159
6.3. Zagrożenia biologiczne (epidemiologiczne).....	162
6.4. Pożary wielkoprzestrzenne lasów .....	171
7. Zagrożenia polskiego побереża bałtyckiego związane z procesem globalnego ocieplania się klimatu.....	175

7.1. Zmiany temperatury globalnej – rys historyczny .....	176
7.2. Symulacja miejsc szczególnie zagrożonych zalaniem w wyniku ocieplania się klimatu na obszarze polskiego pobrzeża Morza Bałtyckiego .....	187
7.3. Podsumowanie .....	193
8. Zakończenie – statystyka zagrożeń .....	196
Przydatne akty prawne .....	202
Bibliografia.....	203
Internetowe źródła danych.....	211
Spis rycin.....	213
Spis tabel.....	216
Równania zamieszczone w monografii.....	217

# 1. Wprowadzenie

Katastrofy naturalne powstają w wyniku działania żywiołu, np. wiatru o dużych prędkościach, wstrząsów sejsmicznych, nadmiaru wody (np. z opadów deszczu lub śniegu), lawin śnieżnych lub błotnych, wysokich lub niskich temperatur, ognia (np. w wyniku uderzenia pioruna) itp. Wystąpienie ekstremalnych zjawisk pogodowych na obszarach niezamieszkanym, na których człowiek nie inwestował (np. w szlaki komunikacyjne, miasta czy kopalnie), nie prowadzi do katastrofy naturalnej. Dlatego za katastrofę naturalną w naszej cywilizacji należy uznać zdarzenie występujące na obszarze o istotnym potencjale strat – ludzkich lub ekonomicznych. W sytuacji gdy ekstremum geofizyczne (np. porywisty wiatr, bardzo wysoka lub bardzo niska temperatura, niszczący nadmiar albo długotrwały brak wody) wystąpi na gęsto zaludnionym obszarze o znacznej podatności na zagrożenia, to straty są nieuniknione. Natomiast wystąpienie zjawisk ekstremalnych – wywołanych działaniem sił natury na obszarach dziewiczych, z dala od siedlisk ludzkich, często może być nawet nierejestrowane, i jeżeli wystąpienie tych zjawisk choćby w pośredni sposób nie wpływa na nasze poczucie bezpieczeństwa, to trudno interpretować je w kategorii klęski czy katastrofy.

Dlatego zgodnie z ustawą o stanie klęski żywiołowej z dnia 18 kwietnia 2002 roku w polskim prawie pojęcie klęski żywiołowej definiuje się jako:

„Art. 3.1. Ilekroć w ustawie jest mowa o:

1) klęsce żywiołowej – rozumie się przez to katastrofę naturalną lub awarię techniczną, których skutki zagrażają życiu lub zdrowiu dużej liczby osób, mieniu w wielkich rozmiarach albo środowisku na znacznych obszarach, a pomoc i ochrona mogą być skutecznie podjęte tylko przy zastosowaniu nadzwyczajnych środków, we współdziałaniu różnych organów i instytucji oraz specjalistycznych służb i formacji działających pod jednolitym kierownictwem,

2) katastrofie naturalnej – rozumie się przez to zdarzenie związane z działaniem sił natury, w szczególności wyładowania atmosferyczne, wstrząsy sejsmiczne, silne wiatry, intensywne opady atmosferyczne, długotrwałe występowanie ekstremalnych temperatur, osuwiska ziemi, pożary, susze, powodzie, zjawiska lodowe na rzekach i morzu oraz jeziorach i zbiornikach wodnych, masowe występowanie szkodników, chorób roślin lub zwierząt albo chorób zakaźnych ludzi, albo też działanie innego żywiołu”.

**Celem niniejszego opracowania** jest uświadomienie czytelnikom skali zagrożeń naturalnych występujących na obszarze Polski, jak również przedstawienie ich hierarchii, uwzględniającej potencjalne skutki dla życia i zdrowia ludzkiego. Dotyczy to zarówno tych zjawisk, które występują rzadko, jak

np. trąby powietrzne i wodne, jak również i tych, które są charakterystyczne dla sezonów klimatycznych. W okresie chłodnym będą to: niskie temperatury powietrza czy intensywne opady śniegu, oblodzenie, zawieje i zamiecie śnieżne; w sezonie ciepłym: wysokie temperatury powietrza, ulewne opady deszczu, związane z występowaniem zachmurzenia kłębiasto-burzowego (chmury cumulonimbus – Cb), pożary lasów; niezależne od pór roku: ograniczone widzialności i mgły, wiatr o dużych prędkościach, epidemie itp. Jako uzupełnienie problematyki związanej z zagrożeniami przyrodniczymi (w rozdziale siódmym monografii) zawarto prognozy co do zmian polskiego побереża bałtyckiego w oparciu o prognozy z najnowszego raportu IPCC z 2014 roku. Dlatego przystępując do pisania pracy, sformułowano **tezę**: *zróżnicowanie przestrzenne badanych niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych, zwłaszcza hydrometeorologicznych, wynika z sezonowości klimatu w Polsce i lokalnego zróżnicowania przestrzennego warunków fizyczno-geograficznych, natomiast zmiany wieloletnie zależą od procesów atmosferycznych i zmian o charakterze globalnym, np. związanych z procesem ocieplania się klimatu Ziemi. Z racji złożoności tematyki publikacji, łączącej kilka dyscyplin, takich jak: nauki o bezpieczeństwie, w tym: geografię bezpieczeństwa, bezpieczeństwo ekologiczne, przestrzenne aspekty bezpieczeństwa, zwłaszcza w odniesieniu do nauk o Ziemi (meteorologia, klimatologia, kartografia), monografia jest uzupełnieniem luki badawczej w szerokiej tematyce z bezpieczeństwa narodowego, dystansującym się od zagadnień o podłożu militarnym, politycznym czy ekonomicznym. W związku z tym pojawił się **problem badawczy**, który można sformułować następująco:*

*Jakie zagrożenia naturalne występują w Polsce oraz które obszary są najbardziej narażone ze względu na częstotliwość występowania zjawisk i skalę skutków społeczno-gospodarczych?*

Podziału zjawisk na meteorologiczne i hydrologiczne dokonano w sposób nieprzypadkowy. Jako główne kryterium podziału przyjęto wpływ zjawiska na powstawanie zagrożenia. I tak np. burze, które teoretycznie zalicza się do zjawisk meteorologicznych, rozpatrywano w rozdziale dotyczącym zagrożeń hydrologicznych, ponieważ związane z nimi opady deszczu są głównym czynnikiem wpływającym na zagrożenie wystąpienia powodzi opadowych – nawałnych. Podobnie wysokie temperatury powietrza w kontekście zagrożenia deficytem wody i suszą.

Książka przeznaczona jest dla szerokiego grona odbiorców: nauczycieli, samorządowców, urzędników (w szczególności związanych z zarządzaniem kryzysowym), funkcjonariuszy służb mundurowych i studentów, zwłaszcza na kierunkach związanych z bezpieczeństwem: narodowym, publicznym czy wewnętrznym. Publikacja może być także bogatym źródłem wiedzy dla stu-

dentów na kierunkach związanych z naukami przyrodniczymi, geograficznymi i ochroną środowiska, a nawet turystyką i rekreacją.

Publikację można podzielić na trzy części. W pierwszej zaprezentowano w syntetycznej formie dzieje naszej planety oraz procesy przyrodnicze zachodzące na jej powierzchni i w atmosferze ziemskiej, mające wpływ na bezpieczeństwo jej mieszkańców. Następnie przedstawiono charakterystykę środowiska przyrodniczego Polski, dzieląc je na środowisko fizycznogeograficzne, charakterystykę klimatu i zasobów wodnych. W tej części korzystano głównie z opracowań dostępnych w literaturze tematu, rzadko posiłkując się informacjami zawartymi na stronach internetowych.

W drugiej części opracowania przedstawiono analizę i rozkład przestrzenny niebezpiecznych zjawisk: pogodowych (występujących na terytorium Polski – dzieląc je na zjawiska meteorologiczne i hydrologiczne), zjawisk tektonicznych, epidemiologicznych i pożarów lasów. Podstawowym źródłem danych dla Polski były informacje dostępne na oficjalnej stronie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Niestety, jak to bywa u monopolisty, dostęp do danych źródłowych jest ograniczony i z tego powodu analizy klimatycznej dokonano na podstawie ciągle najnowszego *Atlasu klimatu Polski* (IMGW), zawierającego interesujące nas dane w ujęciu historycznym, gdzie przedział czasowy mieści się w latach 1966–2000. Dane najnowsze pozyskiwano ze stron ICM (Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego przy Uniwersytecie Warszawskim) oraz za pośrednictwem stron internetowych wiodących ośrodków zagranicznych, takich jak: Wetterzentrale (Niemcy), Exeter Meteorology Center (Wielka Brytania), czy NASA i NOAA w Stanach Zjednoczonych. Do opisu i zobrazowania sytuacji synoptycznych wykorzystywano również publikacje z ogólnodostępnych stron krajowych mediów publicznych, serwisu BBC i opracowań udostępnionych na oficjalnych stronach jednostek administracji państwowej, np. odnośnie do zagrożeń tektonicznych, epidemiologicznych czy pożarów.

W części trzeciej publikacji przedstawiono prognozę zmian rzeźby polskiego wybrzeża, związaną z procesem globalnego ocieplania się klimatu. Metodę tego opracowania oraz źródła danych wyszczególniono w rozdziale siódmym.

Na końcu monografii zestawiono zagrożenia naturalne występujące w Polsce w ujęciu tabelarycznym, prezentując ich rozkład w przebiegu rocznym. Dodatkowo zaprezentowano trzy wybrane geoportale, z których można uzyskać aktualne informacje na temat zmian i zagrożeń w środowisku przyrodniczym w Polsce – po jednym dla każdego ze zjawisk: hydrometeorologicznych, tektonicznych i pożarów lasów. Wnioski i uwagi odnośnie do poszczególnych

grup zagrożeń zawarte są na końcu rozdziałów, jak również na końcu monografii (w podsumowaniu).

**Informacje zawarte w monografii są zgodne ze stanem prawnym i nazewnictwem instytucji państwowych do 15 listopada 2015 roku.**

Miłym obowiązkiem autora jest podziękować wszystkim osobom, bez pomocy których niniejsza monografia nie mogłaby powstać. Na wstępie pragnę podziękować Panu doktorowi Zbigniewowi Lachowi z Akademii Obrony Narodowej w Warszawie za wiele cennych uwag i opinii podczas pisania pracy. Słowa wdzięczności kieruję również do Kolegów z Zakładu Geostrategii i Geografii Wydziału Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Obrony Narodowej w Warszawie, szczególnie do Pana doktora Andrzeja Łaszczuka – za wsparcie przy okazji prowadzonych dyskusji.

*Dariusz Drzewiecki*

## 1.1. Wstęp

Problematyka występowania niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych interesowała ludzi od dawna, jednak systematyka rejestracji zjawisk i opracowania naukowe dotyczące ich występowania głównie są związane z rozwojem transportu morskiego, a później lotnictwa. Intensywne burze, które 14 listopada 1854 roku były powodem zatonięcia wielu okrętów połączonej floty angielsko-francuskiej, działających przeciwko Rosji w okresie wojny krymskiej, zapoczątkowały badania naukowe nad procesem powstawania niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych. Badania przeprowadzone przez francuskiego uczonego Urbaina Leverriera (1811–1877) przyczyniły się do powstania pierwszej sieci wymiany informacji hydrometeorologicznych, dzięki której przesyłano (przy pomocy telegrafu) komunikaty ostrzegawcze o miejscach występowania niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych.

W czasie pierwszej wojny światowej wraz z rozwojem lotnictwa i jego rosnącym wpływem na przebieg działań wojennych w krajach zaangażowanych w wojnę rozwój nauk związanych z badaniami procesów zachodzących w atmosferze został ograniczony. Jednym z powodów był zanik wymiany informacji dotyczących danych hydrometeorologicznych między walczącymi państwami i celowe wprowadzanie błędnych danych odnośnie do tych zjawisk w sieciach regionalnych, by utrudnić przeciwnikowi działania na morzu i w powietrzu. Jednakże w krajach skandynawskich, niezaangażowanych w wojnę, w tym samym okresie powstała gęsta sieć stacji hydrometeorologicznych. Umożliwiło to tworzenie dokładnych map pogody, na podstawie których uczonym norweskim udało się wykryć rozdziały frontowe między masami powietrza, a także wiązać powstawanie i rozwój cyklonów z frontami atmosferycznymi. W latach 1918–1928 J. Bjerknes, H. Solberg, T. Bergeron (w Bergen – Norwegia) opracowali fizyczną teorię frontów atmosferycznych. W okresie międzywojennym uczeni radzieccy jako jedni z pierwszych zaczęli rozwijać prace Norwegów. W tym okresie rozwinięto teorię o transformacji mas powietrza, teorię frontów atmosferycznych i cyklonów (A.I. Asknazij, S.P. Chromow, A.F. Djubjuk). Na okres międzywojenny przypada gwałtowny rozwój komunikacji powietrznej. Restrykcje wobec Niemiec ograniczające rozwój lotnictwa wojskowego przyczyniają się do gwałtownego rozwoju lotnictwa komunikacyjnego w tym kraju. Początkowo zasadniczym środkiem transportu pasażerskiego na dłuższych trasach były sterowce i hydroplany, środki komunikacji powietrznej szczególnie wrażliwe na występowanie burz i zjawisk im towarzyszących (porywisty wiatr, opady czy ograniczone widzialności). W tym okresie powstają opracowania uczonych niemieckich zajmujące się w sposób kompleksowy problematyką niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych.

Powstają pierwsze opracowania przedstawiające rozkłady przestrzenne liczby dni z burzami i mgłami, jak i ujęcia tabelaryczne dotyczące wpływu tych zjawisk na zagrożenia związane z wystąpieniem powodzi.

Powstanie III Rzeszy i nowej strategii działań wojska (wojny błyskawicznej) – współdziałania wojsk zmechanizowanych z lotnictwem, wymagało dobrej znajomości warunków pogodowych. Podjęto się analizy występowania typów pogody dla wybranych miesięcy. Literowy opis pogody zamieszczono w *Katalog der Grosswetterlagen* (F.W. Gerstengarbe, P.C. Werner, 1993). W Polsce do opracowań dotyczących przyrodniczych zjawisk niebezpiecznych należy zaliczyć pracę Bartnickiego i Lisowskiego z 1935 roku, w której autorzy próbują wyjaśnić wpływ warunków synoptycznych na proces powstawania mgieł. Druga wojna światowa, a zwłaszcza gwałtowny rozwój sił powietrznych, przyspieszyła badania nad niebezpiecznymi zjawiskami pogody. W Wielkiej Brytanii w 1940 roku ukazała się praca J. Patona zawierająca kompleksową analizę niebezpiecznych dla lotnictwa zjawisk pogody. W czasie wojny również w dawnym ZSRR (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich) kontynuowano badania nad rozwojem procesów atmosferycznych. Szczególną uwagę poświęcano frontom atmosferycznym, układom barycznym, ogólnej cyrkulacji atmosfery oraz uwarunkowaniom lokalnym, takim jak wpływ rzeźby terenu czy rodzaju podłoża (albedo, szorstkość, zawartość wilgoci) lub występowanie rzek i zbiorników wodnych na powstawanie oraz przebieg elementów i zjawisk pogody, w tym burz, niskich chmur warstwowych, ograniczonych widzialności i mgieł. W badaniach tych uczestniczyli: S.P. Chromow, A.S. Zwierjew, B.A. Bugajew, N.W. Pietrenko i inni.

W pierwszych latach powojennych w Polsce korzystano głównie z prac uczonych radzieckich – Babikowa (1951) i Chromowa (1948). W pierwszym dziesięcioleciu powojennym ukazały się również podręczniki i skrypty dotyczące meteorologii autorstwa polskich uczonych. W. Parczewski (1950) w *Meteorologii lotniczej* przedstawił kompleksową analizę niebezpiecznych zjawisk pogody oraz ich wpływ na bezpieczeństwo działań lotnictwa. Dodatkowo zamieścił roczny rozkład mgieł w Polsce z 18 lat. Popularna *Meteorologia na usługach lotnictwa* Cz. Szczecińskiego (1952) była podstawowym podręcznikiem do nauczania meteorologii do połowy lat sześćdziesiątych, kiedy w Polsce ukazały się tłumaczenia S. Pettersena (1964), A.S. Zwierjewa (1965) i doskonale napisanego podręcznika S.P. Chromowa (1977). W 1969 roku ukazała się *Klimatologia ogólna* W. Okołowicza, opisująca złożone prawa rządzące procesami atmosferycznymi oraz czynniki mające wpływ na klimat – zresztą była to jedna pierwszych prac w Polsce powojennej, w której problematykę zmienności niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych zaprezentowano w kontekście niemilitarnym. W swojej publikacji Okołowicz zawarł gruntow-

ny opis takich zjawisk, jak mgły, burze i opady (np. sprzyjające wystąpieniu powodzi). Szczególnie interesujący jest rozdział *Zróznicowanie klimatów uwarunkowane położeniem hipsometrycznym i rzeźbą terenu*, zwłaszcza w odniesieniu do takich zjawisk pogody, jak mgły, burze i chmury o niskich podstawach, na powstawanie których decydujący wpływ mają czynniki lokalne. Aspekt fizyczny pionowej równowagi powietrza rozpatrują w swoich pracach K. Haman (1978), J. Iribarne, H.R. Cho (1988) i A. Madany (1996). Wyróżniają oni trzy podstawowe stany atmosfery w zależności od gradientu temperatury ekwiwalentno-potencjalnej dla powietrza suchego i gradientu temperatury ekwiwalentno-potencjalnej dla powietrza wilgotnego. Są to: 1) równowaga stała, 2) równowaga obojętna, 3) równowaga chwiejna. Charakterystykę warunków atmosferycznych, jakie wiążą się z masami powietrza o różnych stanach równowagi, przedstawił A. Zwierjew (1965). Zwrócił on uwagę na pogodę w ciepłych masach powietrza o równowadze stałej zimą oraz w chłodnych masach powietrza o równowadze chwiejnej latem. Problemem powstawania wypiętrzonych chmur kłębiastych zajmował się C.M. Szmjetjer (1972). Przedstawił on wyniki kompleksowej analizy wpływu temperatury oraz kierunku i prędkości wiatru na rozwój chmur kłębiastych, począwszy od Cu (cumulus) po Cb (cumulonimbus).

Badania burz i opadów przelotnych prowadzone były w różnych częściach świata. Stworzono wiele metod prognozy tych zjawisk. Większość z nich opiera się na prognozie pionowego rozkładu temperatury i wilgotności oraz określeniu przyszłego stanu równowagi atmosfery. W dawnym Związku Radzieckim tą problematyką zajmowali się: Zwierjew, Liebediewa, Pieskow, Sosin, Rieszetow i inni. W Stanach Zjednoczonych: Whiting, Cooks, Showalter. Jednak największy postęp w badaniu zagrożeń przyrodniczych występujących na naszej planecie był możliwy dzięki zastosowaniu m.in. radarów, automatycznych stacji pomiarowych (w tym radiosondażowych), sztucznych satelitów Ziemi oraz zaawansowanych technologii związanych z gromadzeniem, przesyłaniem i przetwarzaniem ogromnych zbiorów danych. Postęp w dziedzinie informatyki umożliwił tworzenie zaawansowanych modeli numerycznych, prezentujących przebieg zmienności procesów wpływających na wystąpienie niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych. Natomiast postęp w dziedzinie elektroniki przyczynił się do opracowania precyzyjnych czujników i urządzeń pomiarowych – wykrywających nawet najmniejsze symptomy zmian parametrów fizycznych Ziemi, dając nam możliwość przygotowania ostrzeżeń przed zbliżającym się zagrożeniem. Jednakże postęp techniczny oraz coraz lepsze poznawanie genezy samych zjawisk nie może zapobiec ich wystąpieniu. W praktyce możemy jedynie ograniczać straty wywołane przez zjawiska ekstremalne, np. poprzez budowę coraz doskonalszych systemów zabezpieczeń

czy wprowadzanie nowych technologii „odpornych” na skutki ich oddziaływania. Niestety, czasami skala samego zjawiska nas przerasta (powódź tysiąclecia, 1997), lub też zbyt lekkomyślnie prowadzimy inwestycje, zasiedlając obszary szczególnie narażone na ich występowanie. Również zjawisko nie może usprawiedliwiać naszych zaniedbań, np. odnośnie do stanu technicznego infrastruktury (katastrofa energetyczna pod Szczecinem, której skutki determinował stan techniczny linii przesyłowych), czy seria katastrof lotniczych (Iskra, CASA i ta największa...), kiedy – „wydawać się mogło” – restrykcyjne przepisy dotyczące zabezpieczenia lotów i przelotów statków powietrznych same nie wymuszają ich przestrzegania i nie zastąpią zdrowego rozsądku.

Podsumowując, zagrożenia naturalne można określić jako funkcję dwóch czynników: przyrodniczego – związanego z procesami naturalnymi zachodzącymi w przyrodzie, i ekonomiczno-społecznego – będącego stopniem wrażliwości obszarów naszej cywilizacji na niszczące oddziaływanie procesów przyrodniczych. Cechą przyrodniczych zjawisk ekstremalnych jest ich rzadkość i intensywność występowania. By można było je uznać za katastrofę naturalną, musi zaistnieć trzeci czynnik – straty materialne.

## 1.2. Ziemia w ujęciu historycznym

Historia Ziemi to ponad 4 mld lat ciągłych przemian i wydarzeń. Na naszej planecie w czasie całego jej istnienia przebiegały procesy przekształcające ją z mało gościnnej wulkanicznej planety w piękny i niepowtarzalny niebiesko-zielony glob, zamieszkały przez cywilizację gatunku ludzkiego. Pomimo niezliczonych prób odnalezienia gdzieś we wszechświecie planety podobnej, ciągle jest ona jedynym i niepowtarzalnym ciałem niebieskim, w którym wykształciła się biocenoza. 4,7 mld lat temu pod wpływem grawitacji olbrzymi obłok gazowy zaczął się zapadać, formując Układ Słoneczny. W centrum obłoku powstała gwiazda Słońce, wokół której wirowała protoplanetarna materia. To z niej utworzyły się planety, a wśród nich i Ziemia, która początkowo z gorącej masy, we wnętrzu której nieustannie zachodziły procesy chemiczne, przekształciła się w planetę z ciężkim jądrem i skorupą ziemską.

Hipotezy dotyczące kształtu, budowy czy wieku naszej planety były związane z rozwojem cywilizacyjnym naszego gatunku. Odkrycia pierwszych podróźników oraz rozwój nauk, takich jak astronomia czy matematyka, ukształtował pogląd co do kształtu i miejsca naszej planety we wszechświecie. Jako prekursorów wizji kształtu i pochodzenia naszej planety należy wymienić Pitagorasa i Arystotelesa, którzy starali się udowodnić, że Ziemia ma kształt kulisty. Ich uczniowie sporządzili pierwszy układ współrzędnych geograficznych służący do lokalizacji geograficznej starożytnych miast i dróg. Około 150 roku p.n.e.

Molos – bibliotekarz króla Pergamonu, skonstruował pierwszy znany globus, potwierdzając coraz powszechniejsze przeświadczenie o kulistości Ziemi. Jednak największy postęp w rozwoju filozofii naszej planety w starożytności należy wiązać z Ptolemeuszem Klaudiuszem (90–160 n.e.). Był on pierwszym uczonym, który do lokalizacji punktów na Ziemi wykorzystał wiedzę z astronomii. Ustanowił wiele znaków konwencjonalnych, określił zasady generalizacji, wprowadził system orientacji map w kierunku północnym, opracował teoretyczne zasady projekcji map i konstrukcji globusów. Mapy tworzył, wykorzystując odwzorowanie stożkowe, stosując jego rzut zwany homotetycznym. Jego teorie na budowę świata na wiele stuleci ugruntowały pogląd geocentryczny, który został obalony dopiero przez Mikołaja Kopernika. Swoją wiedzę zawarł w wielu publikacjach, w tym w najświetniejszym trzynastotomowym dziele *Syntaxis*.

Epoka średniowiecza w Europie charakteryzuje się znacznym zaniedbaniem nauk ścisłych, szczególnie matematyki, astronomii, a tym samym kartografii i nauk o Ziemi. Osiągnięcia okresu starożytnego idą w zapomnienie, głównie w wyniku zwalczania przez Kościół poglądu co do pochodzenia i kształtu Ziemi. Mapy średniowieczne nie posiadają siatki kartograficznej ani skali, zarysy lądów nie odpowiadają rzeczywistości, a opisy są skąpe i nieuporządkowane. Natomiast co do wrażeń estetycznych, to mapy średniowieczne zawierają dużo graficznych obrazów, przedstawiających głównie postacie i sceny biblijne. Klasycznym przykładem takiej prezentacji jest XIII-wieczna mapa znajdująca się w katedrze w Hereford w Anglii (ryc. 1.1). Przypadający na koniec epoki średniowiecza czas wielkich podróżników, takich jak: Carpini, Rubruk czy Marco Polo, cechuje pogłębienie wiedzy co do rzeczywistego rozkładu lądów i oceanów na Ziemi.

Jednak rewolucyjne poglądy na temat nauk ścisłych kształtują się dopiero w dobie renesansu. Na skutek wielkich odkryć geograficznych, w tym wypraw Krzysztofa Kolumba, następuje gwałtowny przełom w rozwoju nauk przyrodniczych. Kolumb, studiując pisma antycznych pisarzy, takich jak Seneka czy Arystoteles, oraz analizując dostępne mu mapy, w tym florentyńskiego astronoma Toscanellego (1397–1482), utwierdza się w przekonaniu o możliwości dotarcia drogą morską do Indii. Błędne szacunki dotyczące wielkości globu i tym samym czasu morskiej wyprawy skutkują odkryciem nieznanego ówczesnej Europie kontynentu – Ameryki. Również w epoce renesansu dokonuje się rewolucja w dziedzinie nauk ścisłych i geograficznych. Opłynięcie kuli ziemskiej przez Ferdynanda Magellana dostarczyło dowodów i ugruntowało pogląd co do kształtu i wielkości Ziemi. Wyprawy innych odkrywców przyczyniły się do powstania w XVI wieku mapy wykonanej przez portugalskiego kartografa Diego Ribeiro (1518–1532), na której świat jest przedsta-

wiony w rzeczywistych proporcjach rozmieszczenia lądów i oceanów. Zerwanie z poglądem o płaskości Ziemi determinuje dalszy rozwój nauk ścisłych, w tym geometrii.



Źródło: Dariusz Drzewiecki – dokumentacja prywatna.

Ryc. 1.1. Mapa świata z XIII wieku (Hereford, Anglia)

### Wiek Ziemi

Pierwsze próby, jakie podjęto w celu określenia wieku Ziemi, koncentrowały się na analizie poziomu zasolenia oceanów. Zakładano, że sól dostała się do oceanów poprzez rzeki płynące na lądach. Znając poziom zasolenia mórz i oceanów, jesteśmy w stanie określić, ile taki proces mógł trwać. Zakładając, że przyrost soli przez ten cały czas był jednostajny, w wyniku obliczeń oszacowano wiek naszej planety na ok. 250 mln lat. Oczywiście, była to metoda mało wiarygodna, ponieważ np. nie jesteśmy w stanie określić, czy sól, jaka znajduje się w oceanach, to wyłącznie sól przyniesiona przez rzeki. Współcześnie do określenia wieku Ziemi wykorzystuje się pomiar uwzględniający czas rozpadu promieniotwórczego niektórych pierwiastków. W szczególności bada się proces rozpadu uranu, w wyniku którego powstaje ołów. Co ciekawe, badania z uwzględnieniem czasu rozpadu promieniotwórczego można przeprowadzić,

wykorzystując również inne pierwiastki. Wszystkie takie badania prowadzą do wniosków, według których skorupa ziemska jest na pewno nie młodsza niż 3 mld lat, oraz nie starsza niż 5 mld lat. Zazwyczaj przy określaniu wieku Ziemi przyjmuje się, że wynosi on 4,5 mld lat. Jeśli chodzi o hipotezy opisujące, w jaki sposób powstała Ziemia, to przez pewien czas uważano, że powstała ona w wyniku oderwania się materii od Słońca – była to teoria tzw. przytływowa. Jednak wielu naukowców uważało, że nie można dyskutować na temat powstania Ziemi bez wyjaśnienia pochodzenia Słońca. Gdy wyjaśniono, skąd się wzięło Słońce, w wyniku jakich procesów powstało, również narodziny Ziemi już nie stanowiły zagadki. Tak więc obecnie druga hipoteza cieszy się dużo większą akceptacją ze strony uczonych. Zgodnie z nią wszystkie części Układu Słonecznego powstały mniej więcej w tym samym czasie.

### 1.3. Charakterystyczne okresy w dziejach Ziemi

#### *Prekambr*

Początek tego okresu datuje się od momentu uformowania pierwszej stałej skorupy ziemskiej, czyli ok. 4,5 mld lat temu. Okres ten jest najdłuższym w dziejach Ziemi i obejmuje 85% czasu jej istnienia. Pod koniec prekambriu powstał superkontynent – tzw. **Pangea**. W tym okresie też na naszej planecie powstało życie, początkowo w postaci prostych bakterii i sinic, a następnie (ok. 1,5 mld lat temu), uformowały się bardziej skomplikowane formy życia, które zbudowane już były z komórek zawierających jądra. Pod koniec tego okresu ok. 700 mln lat temu natura wytworzyła pierwsze **organizmy** zbudowane z tkanek. W tym czasie dzięki działalności glonów, które były w stanie przeprowadzać proces fotosyntezy, znacznie wzrosła zawartość tlenu w atmosferze, co przyczyniło się do bujnego rozkwitu życia na naszej planecie.

#### *Paleozoik*

Okres ten bezpośrednio nastąpił po prekambriu i w czasie jego trwania (ok. 570 mln lat temu). Miały wówczas miejsce najważniejsze orogenezy w historii naszej planety: kaledońska i waryscyjska. W wyniku ich działania na wszystkich kontynentach powstały wielkie łańcuchy górskie. W czasie trwania paleozoiku Pangea się podzieliła, tworząc nowe kontynenty, które następnie przesuwały się, przechodząc w różne strefy klimatyczne. Kontynenty te w permie (podokresie paleozoiku), ponownie połączyły się w jeden superkontynent. Z kolei w kambrze pojawiły się pierwsze bezkręgowce, które były w stanie wykształcić prymitywny szkielet i pancerz. Rozwój życia trwał i w ordowiku i sylurze, kiedy uformowały się pierwsze bezszczętkowce oraz rośliny naczyniowe. W tym czasie nastąpił także silny rozwój świata roślin. Powstały

pierwsze paprocie, skrzypy i widłaki, oraz najprawdopodobniej pierwsze rośliny nasienne. Pojawiły się również pierwsze **zwierzęta lądowe**: bezkręgowce (stawonogi) oraz kręgowce (płazy). W końcu paleozoiku w karbonie pojawiły się pierwsze gady i pierwsze zwierzęta ssakokształtne.

### **Mezozoik**

Kolejna era w dziejach Ziemi, która trwała od ok. 230 do 65 mln lat temu. W tym czasie w wyniku ruchów płyt tektonicznych zmienił się rozkład kontynentów i oceanów. Pangea po rozpadzie i ponownym połączeniu się w paleozoiku znowu uległa rozłamowi. Powstały nowe oceany. Pierwszy powstał Ocean Indyjski, a po nim Atlantyk. Kontynenty powstały już w triasie i do kredy cały czas przesuwwały się w kierunku miejsc, gdzie obecnie spoczywają. W czasie ich ruchu następowały na ich obszarze nieustanne zmiany klimatyczne. Natomiast w czasie trwania mezozoiku nie dochodziło do większych ruchów górotwórczych. Warte odnotowania są jedynie fałdowania kimeryjskie z przełomu triasu i jury oraz orogeneza alpejska, która miała swe miejsce w kredzie. Jeśli chodzi o rośliny, to na powierzchni naszej planety przeważały rośliny nagozalążkowe oraz paprocie cienkozarodniowe<sup>1</sup>. Z biegiem czasu przewagę zyskiwały rośliny okrytozalążkowe, głównie dwuliścienne. Jednak era mezozoiczna jest słynna z powodu bujnego rozwoju świata zwierząt. W jej czasie na Ziemi panowały olbrzymie **gady – dinozaury**, które często osiągały gigantyczne rozmiary. Z gadów ssakokształtnych w triasie na drodze ewolucji wytworzyły się pierwsze ssaki, natomiast w jurze narodził się pierwszy ptak – archeopteryks. Oprócz kręgowców występowały wówczas także bezkręgowce, takie jak amonity czy belemnity. Mezozoik zakończył się gwałtownie, wyginieniem prawie 90% gatunków roślin i zwierząt na całej planecie.

### **Kenozoik (z grec. nowe życie)**

Jest to najmłodsza era w dziejach Ziemi, która trwa od końca mezozoiku, czyli od ok. 65 mln lat temu do dnia dzisiejszego. W kenozoiku można wyróżnić dwa okresy: trzeciorzęd i czwartorzęd. W czasie trwania trzeciorzędu doszło do nasilenia się orogenezy alpejskiej, natomiast okres czwartorzędu kojarzony jest głównie ze zlodowaceniem obejmującym swoim zasięgiem większość powierzchni naszej planety. W kenozoiku wytworzyły się zarysy współczesnych mórz oraz ich stref przybrzeżnych. Wtedy też ląd został ukształtowany do postaci bliskiej dzisiejszemu wyglądowi. Na ten okres przypada stabiliza-

<sup>1</sup> Paprocie cienkozarodniowe – grupa gatunkowa (podklasa Filicidae lub rząd Filicales) z gromady paprociowych, obejmująca większość (ponad 90%) obecnie rosnących paproci (ponad 10 tys. gatunków). Źródło: encyklopedia.pwn.

cja struktury oraz składu gleb i górnej warstwy gruntów. To także okres licznych przemian w szacie roślinnej, która musiała się dostosować do zmieniających się warunków zewnętrznych. W wyniku tych zmian powstały gatunki roślin, które obserwujemy dzisiaj, a także skupiska roślin, które przetrwały do dnia dzisiejszego. Jeśli chodzi o zwierzęta, to okres ten charakteryzuje się intensywnym rozwojem ssaków, które opanowały głównie środowisko lądowe, oraz ptaków, które zapanowały w powietrzu. Natomiast najważniejszym wydarzeniem czwartorzędu (które miało miejsce pod jego koniec) było **pojawienie się człowieka**. W okresie trzeciorzędu żyły już różne zwierzęta, a pod jego koniec pojawiły się małpy człekokształtne, a być może już pierwotny człowiek. W obecnej postaci, czyli tzw. człowieka rozumnego (**Homo sapiens**<sup>2</sup>), człowiek pojawił się w czwartorzędzie i to dopiero w ostatnich fazach jego pierwszej epoki, nazwanej plejstoceniem (co oznacza nagromadzenie się nowości). Druga epoka czwartorzędu, która rozpoczęła się ok. 10 tys. lat temu, nazwana została – w terminologii geologicznej – **holocenem**, czyli epoką „zupełnie nową”.

Uwaga: pisownia *Homo sapiens* jest zgodna z konwencją pisania łacińskich nazw systematycznych, np. *Canis familiaris* ‘pies (domowy)’. Spotyka się ją w książkach z zakresu zoologii i botaniki oraz w encyklopediach. W innych tekstach piszemy *homo sapiens* – małymi literami.

Początkowo ludzie pojawiali się na różnych terytoriach, tworząc większe lub mniejsze skupiska. Wędrowali z jednego miejsca na drugie w poszukiwaniu lepszych warunków do życia. Początkowo ze względu na charakter pozyskiwania środków do egzystencji były to ludy zbieracko-łowicze. Dla człowieka, który musiał egzystować w trudnych warunkach, zasiedlając coraz większe terytorium (wobec nieznanymi i groźnymi siłami przyrody, by przetrwać), musiał myśleć i rozwijać umiejętności inne niż te wykształcone w świecie zwierząt (natura), a które nazywamy **kulturą**. Okres plejstocenu dodatkowo charakteryzował się bardzo nieprzyjemną cechą. Następowo wówczas przeplatały się okresy zimnych – lodowcowych (gdy masy twardego śniegu i lodu, „wysokości nieraz do 1 kilometra” sięgały w skrajnym przypadku do Karpat, pozostawiając na ziemiach polskich zaledwie wąski 100- czy 200-kilometrowy pas dla osadnictwa ludzkiego), z cieplejszymi. Okresy te były dla człowieka swego rodzaju wyzwaniem – musiał myśleć i działać, by przetrwać, przystosowując się do tych zmiennych warunków życia. Przejście od zbierac-

2 Homo sapiens:

1) człowiek jako istota zdolna do myślenia refleksyjnego;

2) gatunek ssaków z rodziny człowiekowatych, do którego zalicza się człowiek współczesny.

Źródło: encyklopedia.pwn.

stwa i łowiectwa do rolnictwa, kiedy to zbieractwo i łowiectwo stały się dodatkowymi domenami zaspokajania potrzeb człowieka, nazwano rewolucją. Zmieniała ona bowiem zasadniczo sposób bytowania znacznej części ludności. Była to jednak dość dziwna rewolucja. Trwała bowiem – w skali dziejów całej ludzkości – ok. 7 tys. lat.

ERA	OKRES		WIEK (min. lat od początku ery/okresu)
Kenozoiczna (Kenozoik)	Czwartorzęd	Holocen	0,01
		Plejstocen	2,6
	Neogen		23
	Paleogen		65
Mezozoiczna (Mezozoik)	Kreda		145
	Jura		200
	Trias		251
Paleozoiczna (Paleozoik)	Perm		300
	Karbon		360
	Dewon		416
	Sylur		444
	Ordowik		488
	Kambr		542
Proterozoiczna (Proterozoik)	Prekambryjski		-2500
Archaiczna (Archaik)			-4600

Ryc. 1.2. Ery i okresy w dziejach Ziemi oraz wiek ich trwania

Na ziemiach polskich przejście od modelu zbieracko-łowieckiego do modelu rolniczego czy rolniczo-hodowlanego rozciągnęło się od ok. 5000 do ok. 2000 lat p.n.e., czyli niemal całą młodszą epokę kamienia (neolit), kończąca się ok. 1800/1700 lat p.n.e., kiedy to nastąpiła epoka brązu. Wykształcenie się rolnictwa trwało zatem na ziemiach polskich ok. 3 tys. lat. Jako chronologicznie pierwszą z zespołu kultur na ziemiach polskich, mających już charakter rolniczy, wymienia się kulturę ceramiki wstęgowej rytej, nazwaną tak od ornamentu wstęgowego zdobiącego wówczas wytwarzane naczynia gliniane. Ludność tej kultury przesuwiała się z południowej Małopolski aż po Pomorze. O organizacji ówczesnego społeczeństwa wiemy bardzo mało. Istniał podział pracy, w którym takie prace, jak uprawa poletek położonych blisko siedzib, przędzenie, tkanie, lepienie naczyń należały do kobiet, natomiast zajmowanie się zwierzętami domowymi, obróbka narzędzi, zajęcia myśliwskie były domeną

mężczyzn. Ujednoceniu kulturowemu ówczesnej Europy sprzyjały stałe już kontakty handlowe. Epoka brązu trwała na ziemiach polskich ok. 1200–1300 lat. Około 1300 lat p.n.e., czyli ok. 3300 lat temu, następowało wyraźne ujednoczenie kulturowe Europy. Upowszechnienie się znajomości żelaza może być traktowane jako przełom cywilizacyjny na miarę rewolucji neolitycznej. W pełni w epokę żelaza wkroczyły nasze ziemie dopiero ok. 250 lat p.n.e., czyli ok. 2200 lat temu. Epoka ta trwała aż do drugiej połowy V wieku n.e., czyli do czasu, gdy pod naporem ludów barbarzyńskich upadło Cesarstwo Rzymskie. Na ziemiach polskich rozwinięta epoka żelaza pokrywa się z okresem przedrzymskim na terenach zachodniej Europy, zwanym lateńskim (od miejscowości La Tène w Szwajcarii), oraz z okresem wpływów rzymskich (od I wieku n.e.), kiedy to ziemie polskie pozostawały w kontaktach, głównie handlowych, z bliżej leżącymi prowincjami cesarstwa. Kontakty z państwem rzymskim, a także z terenami Bizancjum przerwane zostały przez najazdy Hunów, którzy doszli do dużej potęgi za panowania braci Attyli i Bledy (445–453). W okresie wpływów rzymskich ziemie polskie przedstawiały zmieniającą się mozaikę ludnościową o stopniowo coraz większym, szczególnie na terenach wschodnich, udziale ludności słowiańskiej. Bardzo szybko strefy ekspansji Słowian i dynamicznie rozwijających się Germanów, którzy potrafili obronić się przed rzymskimi najeźdźcami, zaczęły się stykać, to zaś miało wielki wpływ na dalsze losy ziem polskich i powstanie państwa polskiego.

## 2. Rys historyczny ziemi w ujęciu planetarnym. Budowa ziemi i procesy przyrodnicze zachodzące na jej powierzchni

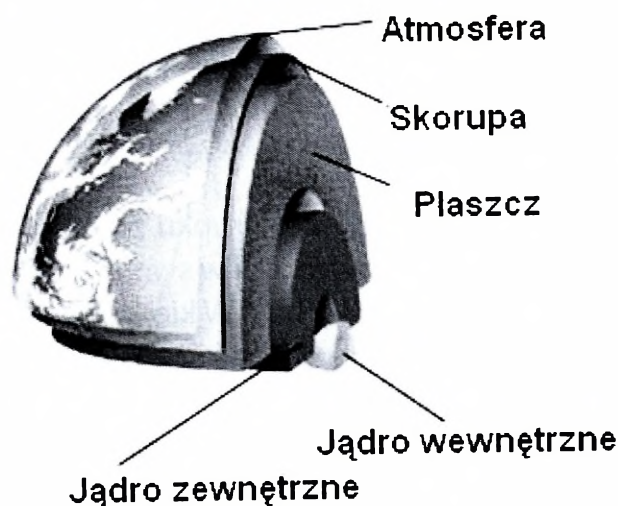
Ziemia jest trzecią według oddalenia od Słońca planetą Układu Słonecznego, której powierzchnia jest jedynym znanym miejscem we Wszechświecie, gdzie rozwinęło się życie.

Elementy orbity Ziemi przedstawiają się następująco: półosi wielka – 149 597 870 km, mimośród – 0,0167, okres obiegu wokół Słońca – 365,2564 dni, nachylenie płaszczyzny równika do płaszczyzny ekliptyki –  $23^{\circ}27'$ , promień równikowy – 6378,245 km, promień biegunowy – 6356,863 km, spłaszczenie – 0,003353, albedo – 0,34, przyspieszenie na powierzchni – ok.  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Dzięki badaniom bezpośrednim uzyskuje się informacje na temat budowy i składu jej warstwy zewnętrznej (do kilku kilometrów w głąb powierzchni), natomiast informacje dotyczące budowy wnętrza Ziemi uzyskuje się głównie pośrednio, np. na podstawie wyników pomiarów rozchodzenia się w jej wnętrzu fal sejsmicznych. Prędkość fal sejsmicznych jest funkcją takich parametrów, jak gęstość, ściśliwość i sztywność ośrodka. Znajomość rozkładu prędkości fal sejsmicznych we wnętrzu Ziemi umożliwia określenie zmian tych parametrów wraz ze zmianą głębokości, co z kolei pozwala na wysuwanie hipotez dotyczących jej budowy. Również badania ziemskiego pola magnetycznego i pola grawitacyjnego dostarczają nam cennych informacji na temat budowy, składu i struktury jej wnętrza. Od przestrzeni międzyplanetarnej Ziemię oddziela obszar oddziaływania jej pola magnetycznego, zwany magnetosferą (magnetosfera Ziemi). Wewnątrz tego obszaru znajdują się pasy radiacji (pasy Van Alena). Ziemia ma jednego naturalnego satelitę – Księżyc (od 1957 roku Ziemię obiegają satelity sztuczne). Dokładne wyznaczenie masy Ziemi stanowi podstawę oceny mas ciał niebieskich, ponieważ metody astronomii pozwalają jedynie na wyznaczenie stosunków mas tych ciał do masy Ziemi (np. stosunek masy Słońca do masy Ziemi wynosi 332,958). Jednostki długości stosowane w astronomii (jednostka astronomiczna, parsek) definiuje się na podstawie znajomości średniej odległości Ziemi od Słońca. Okres obrotu Ziemi do niedawna stanowił wzorzec jednostki czasu (doba). Okres ten wynosi obecnie 23 h 56 min 4,09 s i prawdopodobnie ulega wydłużeniu o ok.  $1/1000 \text{ s}$  na stulecie. Obrót Ziemi powoduje powtarzające się cykliczne zjawisko dnia i nocy, a obieg Ziemi wokół Słońca w powiązaniu z nachyleniem osi Ziemi w stosunku do ekliptyki warunkuje występowanie pór roku. O rozkładzie na Ziemi stref klimatycznych decyduje w dużej mierze kąt nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki.

## 2.1. Budowa wnętrza Ziemi

Ponieważ możliwości bezpośredniego poznania budowy wnętrza Ziemi są ograniczone (najgłębsze wiercenia sięgnęły zaledwie 12 km), uczeni posłużyli się innymi metodami badawczymi. Najwięcej informacji przyniosły badania geofizyczne ze szczególnym uwzględnieniem metod sejsmicznych. Pozwoliły one wyróżnić trzy podstawowe strefy:

- skorupę ziemską,
- płaszcz (górny i dolny),
- jądro (zewewnętrzne i wewnętrzne).



Źródło: [http://k\\_sidorczyk.republika.pl/ditfurth.html](http://k_sidorczyk.republika.pl/ditfurth.html).

Ryc. 2.1. Schemat budowy Ziemi

**Skorupa ziemská** – zbudowana jest ze sztywnych skał magmowych, osadowych i przeobrażonych. Jej grubość sięga od ok. 5 km pod oceanami do ponad 70 km pod kontynentami. Tworzą ją głównie skały zawierające dużo związków krzemu (Si) oraz glinu (Al). Wraz ze wzrostem głębokości w skorupie ziemskiej rośnie ciśnienie (średnio o ok. 1 atmosferę na 3,7 m) oraz temperatura (średnio 1°C na każde 33 m głębokości – stopień geotermiczny).

**Płaszcz Ziemi** – położony pod skorupą ziemską sięga do głębokości ok. 650 km (górny) i dalej do ok. 2900 km (dolny). W składzie chemicznym zdecydowanie dominują tlenki krzemu ( $\text{SiO}_2$ ), magnezu (MgO) i żelaza (FeO). W zewnętrznej części płaszcz górny wyróżnia się sztywną warstwą oraz leżącą poniżej astenosferę, czyli warstwę odznaczającą się sprężystością i plastycznością – w tej części płaszcz powstają prądy ciepłe zwane konwekcyjnymi, które są odpowiedzialne za ruchy płyt tektonicznych.

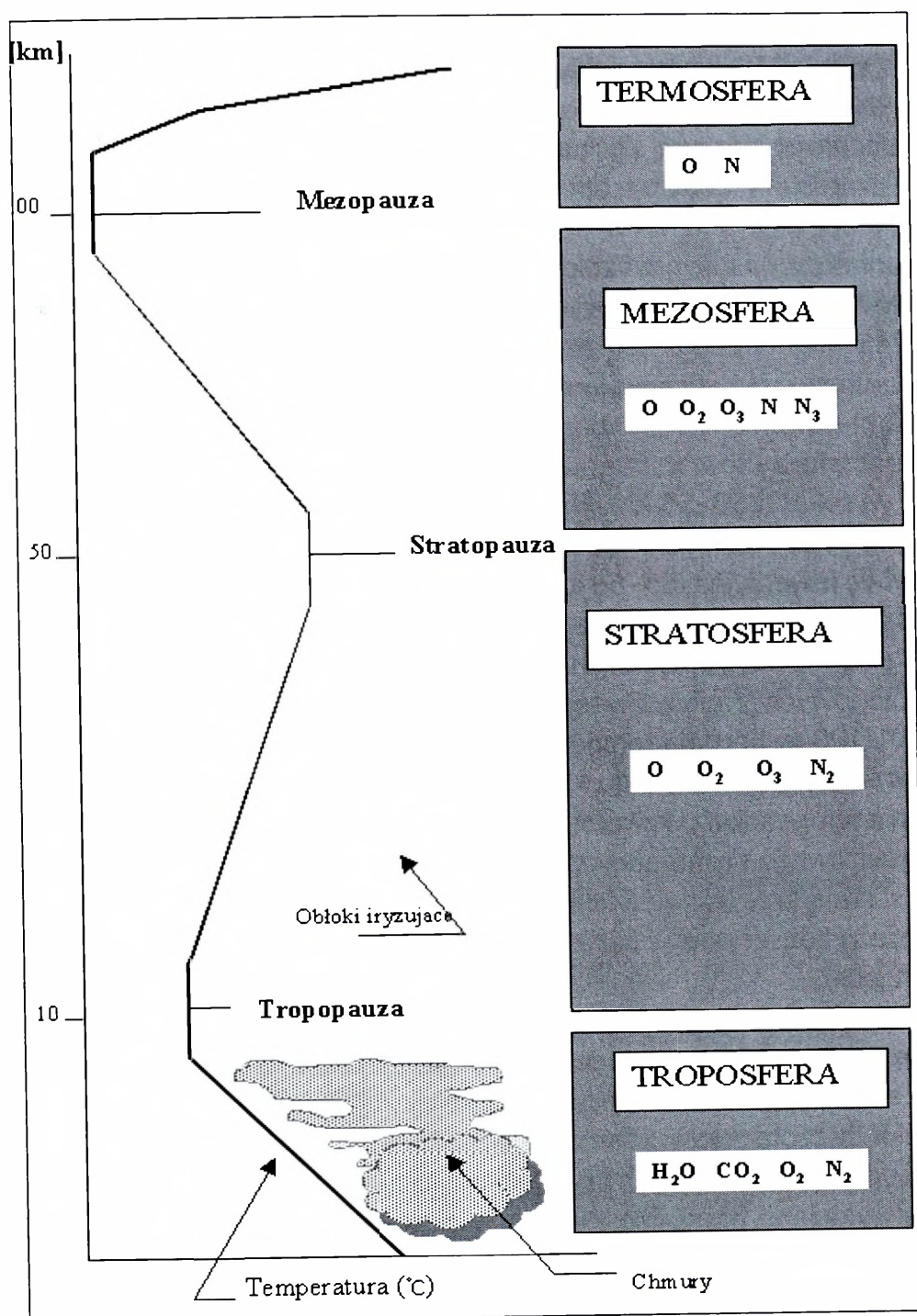
**Jądro** – badania wykazują, że jądro zewnętrzne ma cechy ciała ciekłego, natomiast wewnętrzne (od głębokości ok. 5100 km) zachowuje się jak ciało stałe. W składzie chemicznym dominują pierwiastki metali ciężkich – głównie żelazo (Fe) i nikiel (Ni). We wnętrzu naszej planety panuje bardzo wysokie ciśnienie (ok.  $0,36 \times 10^{12}$  GPa), a temperatura osiąga wartości ponad  $6000^{\circ}\text{C}$ . Jest to najślabiej poznana sfera naszej planety.

Poszczególne warstwy Ziemi rozdzielone są tzw. powierzchniami nieciągłości. Najbardziej znane to powierzchnia nieciągłości Moho (Mohorovičića) – pomiędzy skorupą ziemską a płaszczem, oraz powierzchnia nieciągłości Gutenberga – pomiędzy płaszczem a jądrem Ziemi. Ze względu na właściwości fizyczne wyróżniona została litosfera – najbardziej zewnętrzna część kuli ziemskiej. Jest to sztywna warstwa, położona bezpośrednio na astenosferze.

## 2.2. Sfery kuli ziemskiej

**Atmosfera ziemska** jest niejednorodna w kierunku zarówno poziomym, jak i pionowym. W kierunku poziomym, zwłaszcza w swojej najniższej warstwie, jest rozczłonkowana na różne masy powietrza. W kierunku pionowym można wyróżnić kilka jej warstw różniących się własnościami fizycznymi, w tym składem chemicznym oraz warunkami termicznymi (ryc. 2.2).

**Troposfera** – najniższa część atmosfery, w której skoncentrowane jest co najmniej 80% całej masy powietrza atmosferycznego. Charakterystyczną cechą tej warstwy jest spadek temperatury wraz z wysokością przeciętnie  $0,6^{\circ}/100$  m. W troposferze zawarta jest prawie cała para wodna atmosfery i tworzą się prawie wszystkie chmury. Występuje w niej silna turbulencja, zwłaszcza w pobliżu powierzchni Ziemi, ale również w jej górnej części – w tzw. prądach strumieniowych. Wysokość, do której sięga troposfera nad każdym miejscem Ziemi, się zmienia. Średnia roczna wysokość troposfery sięga nad biegunami do ok. 9 km, nad umiarkowanymi szerokościami geograficznymi 10–12 km oraz nad równikiem 15–17 km. Ciśnienie atmosferyczne w górnej granicy troposfery, w zależności od wysokości, jest od 5 do 8 razy mniejsze niż przy powierzchni Ziemi.



Ryc. 2.2. Pionowy przekrój atmosfery (schemat)

W samej troposferze można wyróżnić warstwę przyziemną o grubości kilkudziesięciu metrów, bezpośrednio przylegającą do powierzchni Ziemi, w której jest dobitnie wyrażona dobowo zmienność temperatury. Warstwa powietrza od powierzchni Ziemi do wysokości ok. 1000 m nosi nazwę *warstwy tarcia*.

W tej warstwie kierunek i prędkość wiatru są silnie modyfikowane poprzez wpływ czynników fizycznogeograficznych występujących na powierzchni naszej planety.

*Tropopauzą* nazywa się warstwę przejściową rozgraniczającą troposferę od stratosfery. Często tropopauzą nazywa się górną granicę troposfery, na której pionowy gradient temperatury spada poniżej  $0,2^\circ$  na 100 m. Wysokość zalegania tropopauzy jest zależna od wysokości troposfery. W porze letniej warstwa ta rozpościera się wyżej niż zimą. Dodatkowo jej wysokość wykazuje duże wahania podczas przemieszczania się układów barycznych. W układach niskiego ciśnienia jest ona położona niżej niż w układach wysokiego ciśnienia.

**Stratosfera** – to warstwa atmosfery występująca na poziomie od tropopauzy do wysokości 50–55 km. Na podstawie analizy zmienności rozkładu temperatury w stratosferze można wyróżnić warstwę izotermiczną (12–35 km) i warstwę inwersyjną (35–55 km), powyżej której występuje kolejna warstwa przejściowa, zwana *stratopauzą*. Średnie temperatury dolnej stratosfery wahają się od  $-45$  do  $-75^\circ\text{C}$ , zależnie od szerokości geograficznej i pory roku. Wartości pionowych gradientów temperatury zmieniają się w przedziale od  $-1/100$  do  $+0,1/100$  m. Średnia temperatura w górnej granicy stratosfery wynosi ok.  $0^\circ\text{C}$ , zmieniając się od  $-20$  do  $+20^\circ\text{C}$ . Również w tej warstwie możliwe są silne wahania temperatury, wywołane intensywnym pochłanianiem przez ozon ( $\text{O}_3$ ) ultrafioletowego i rentgenowskiego promieniowania Słońca. Ilość pary wodnej w stratosferze jest niewielka. Jednakże na wysokości ok. 20–25 km czasami można zaobserwować bardzo cienkie chmury, tzw. chmury perłowe (obłoki iryzujące).

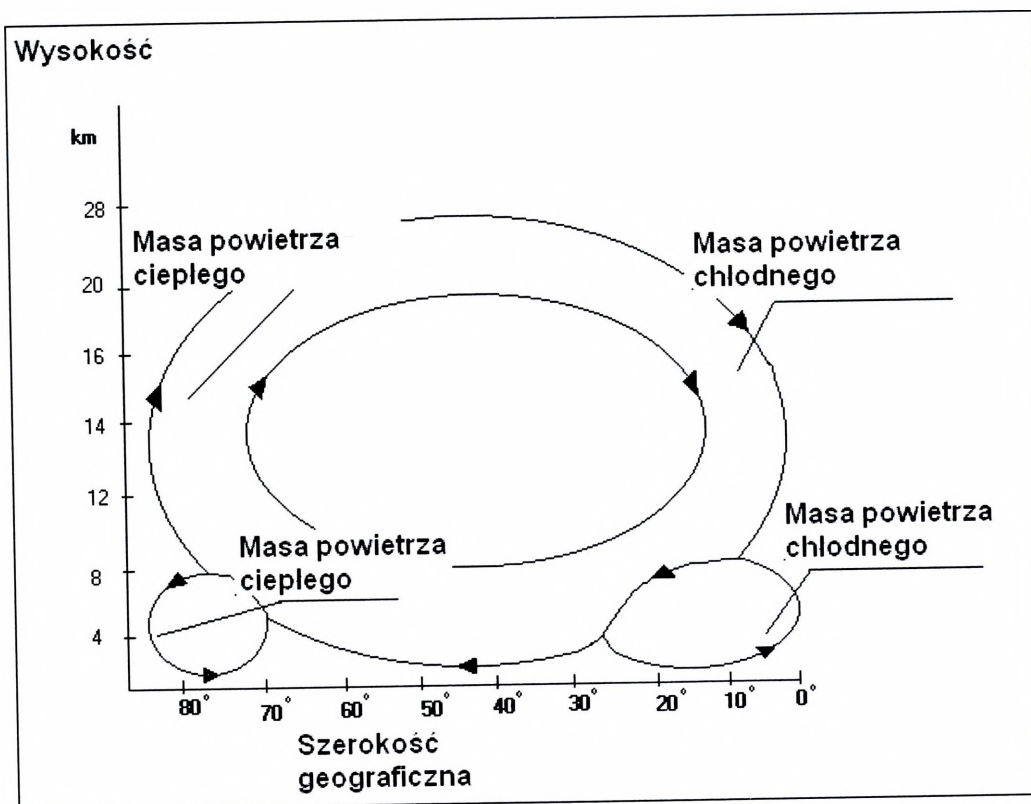
**Mezosfera** – warstwa atmosfery rozciągająca się od 50–55 do 80–85 km. Temperatura w tej warstwie spada wraz ze wzrostem wysokości do kilkudziesięciu stopni poniżej zera. Na górnej granicy mezosfery w okresie letnim można niekiedy zaobserwować szczególnego rodzaju chmury, tzw. obłoki srebrzyste, zbudowane z drobnych kryształków lodu. Na podstawie obserwacji tych chmur wykazano, że prędkość wiatru w mezosferze podlega dużym wahaniom – od 50–60 do kilkuset km/h. W jej górnej części ciśnienie atmosferyczne jest 200 razy niższe niż przy powierzchni Ziemi. Podsumowując, w troposferze, stratosferze i mezosferze mieści się ponad 99,5% całej masy atmosfery.

**Termosfera** – od mezosfery oddziela ją na wysokości 85–90 km termopauza. W termosferze temperatura wzrasta wraz z wysokością, osiągając wartość ok.  $1000^\circ\text{C}$ . Obok cząsteczek neutralnych występują również w tej warstwie jony i elektrony. Stanowi ona warstwę rozrzedzonego i zjonizowanego gazu. Można w niej wyróżnić dwie podwarstwy: dolną – jonosferę, oraz górną – egzosferę.

Najwyższą warstwą atmosfery jest **egzosfera** rozciągająca się powyżej 800 km. Temperatura w tej warstwie wzrasta wraz z wysokością do 2000°C. Zbudowana jest głównie z atomów wodoru, które uciekając w przestrzeń kosmiczną, tworzą tzw. koronę ziemską.

### Ogólna cyrkulacja atmosfery

Układ prądów powietrznych w skali planetarnej nazywa się ogólną cyrkulacją atmosfery. Główną przyczyną ruchu mas powietrza jest nierównomierne nagrzewanie się powierzchni Ziemi. Zróżnicowanie temperatury jest powodem przemieszczania się mas powietrza w kierunku pionowym i poziomym.



Ryc. 2.3. Schemat ogólnej cyrkulacji atmosfery (półkuli północnej)

Na ruch powietrza atmosferycznego duży wpływ wywiera również ruch obrotowy Ziemi, z którym wiążą się tzw. siły Coriolisa, a ponadto siła tarcia o powierzchnię Ziemi, występowanie wzniesień i kierunki pasm górskich oraz nierównomierne rozmieszczenie lądów i oceanów. Krążenie powietrza atmosferycznego zostanie więc przedstawione skrótowo w odniesieniu do całej kuli ziemskiej. W strefie równikowej powietrze nagrzewa się najsilniej i jako lżejsze unosi się, następnie – natrafiając na chłodne powietrze spływające

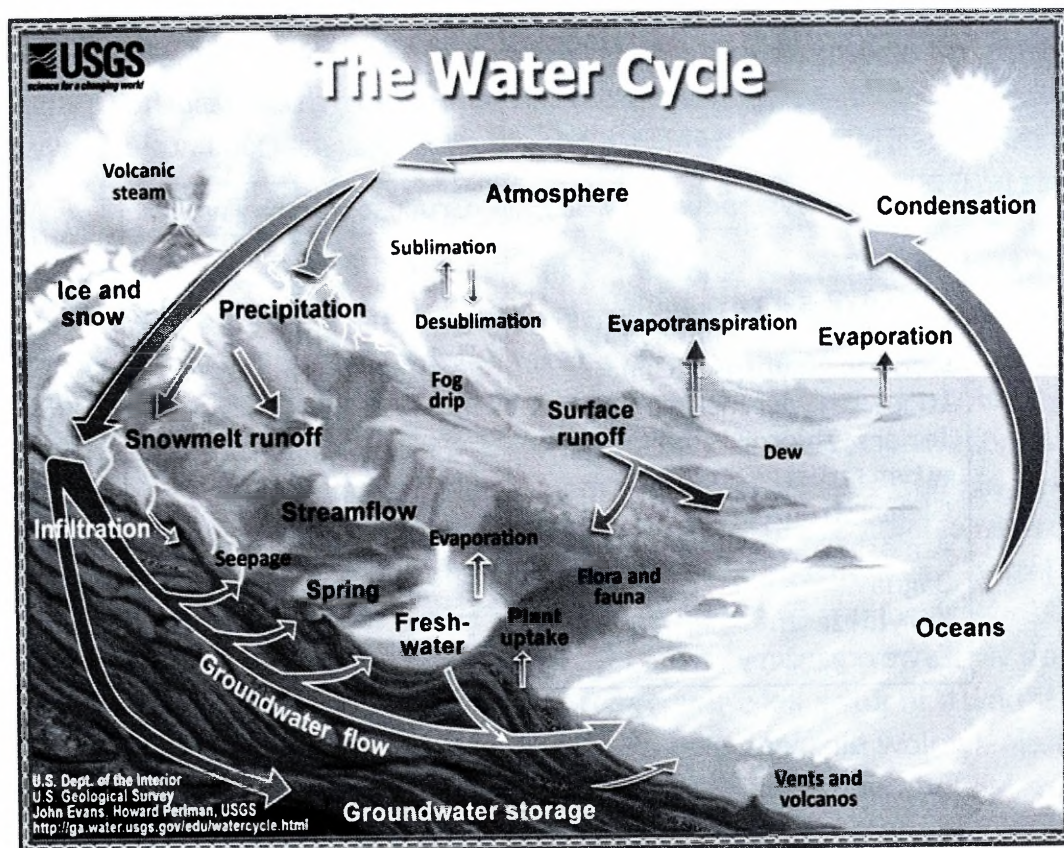
z góry – przemieszcza się w kierunku biegunów. Tworzą się w ten sposób wiatry stałe zwane antypasatami. Unoszące się powietrze powoduje, że wzdłuż równika tworzy się pas obniżonego ciśnienia. Ponieważ występujące na równiku wiatry wieją z niewielką prędkością, pas ten nazywa się *pasem ciszy równikowej*. Dążąc do wyrównania ciśnienia, chłodniejsze i cięższe masy powietrza przemieszczają się dołem w kierunku równika, tworząc wiatry zwane pasatami. Na skutek działania siły Coriolisa masy powietrza przemieszczające się ku biegunom na półkuli północnej skręcają w kierunku południowo-zachodnim, natomiast na półkuli południowej – w kierunku północno-zachodnim. W szerokościach geograficznych ok. 35° siła Coriolisa nadaje antypasatom kierunek równoleżnikowy z zachodu na wschód. Spływające tu ku dołowi masy ochłodzonego powietrza tworzą pas wysokich ciśnień (wyżów zwrotnikowych). Poza tą strefą cyrkulacja jest bardzo złożona. W szerokościach 60–65° przebiega pas niskich ciśnień, a w strefie biegunowej występuje obszar wysokich ciśnień. Podwyższone ciśnienie w rejonie biegunów spowodowane jest zaleganiem chłodnych i ciężkich mas powietrza. Masy te przemieszczają się dołem od biegunów ku zwrotnikom, a napływające od zwrotników powietrze unosi się i odpływa górą w kierunku równika. Nad biegunami, nad chłodną polarną troposferą znajduje się cieplejsza stratosfera o przeciętnej temperaturze -45 do +55°C. Powstaje w ten sposób duży cykliczny obieg atmosfery. Uproszczony schemat ogólnej cyrkulacji atmosfery przedstawiono na rycinie 2.3.

Należy podkreślić, że w pasie 35–65° szerokości geograficznej występują częste zmiany kierunków prądów powietrznych pod wpływem dużej ilości przemieszczających się niżów i wyżów barycznych. Często zmieniające się układy baryczne powodują przemieszczanie się powietrza polarnego na południe i zwrotnikowego na północ (półkula północna).

**Hydrosfera** (definicje opracowano na podstawie: [encyklopedia.pwn.pl](http://encyklopedia.pwn.pl))

Hydrosfera (gr. *hydor* – woda, *sphaira* – kula) – wodna powłoka Ziemi przenikająca atmosferę i skorupę ziemską, obejmująca wodę występującą w przyrodzie w postaci gazowej, ciekłej i stałej. Hydrosferę stanowią: oceany, morza, rzeki, jeziora, bagna, lodowce kontynentalne (lądolody), lodowce górskie, pokrywa śnieżna, lód gruntowy, wody podziemne oraz para wodna występująca w atmosferze i skorupie ziemskiej. Hydrosfera pokrywa 70,8% powierzchni Ziemi w postaci wód otwartych i 2,5% powierzchni w postaci lodowców. Hydrosfera jest w ciągłym ruchu (cykl hydrologiczny), cechuje ją stałość zasobów wodnych (ok. 1,3 mld km<sup>3</sup>), gromadzi głównie wody słone (wody słodkie stanowią 2,5% objętości hydrosfery; 70% wody słodkiej magazynują lodowce). W hydrosferze najwcześniej rozwinęło się życie i z niej się wywodzą organizmy lądowe. Naturalny obieg wody, znany jako cykl hydrologiczny (ryc. 2.4),

opisuje ciągły ruch wody na, nad, i pod powierzchnią Ziemi. Woda występuje w trzech stanach skupienia, a cykl hydrologiczny obejmuje przebieg procesów zachodzących między ciecżą, parą i lodem przez miliony lat.



Źródło: <http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>.

Ryc. 2.4. Cykl hydrologiczny

Krażenie wody w przyrodzie następuje w cyklu zamkniętym (ryc. 2.4). Motorem, który wprawia w ruch obieg wody, jest energia słoneczna i siła grawitacji. Głównymi elementami obiegu wody w przyrodzie są: opady atmosferyczne, odpływ wód, parowanie. Ilość krążącej wody nie ulega zmianie. Istnieje równowaga pomiędzy wodą, która paruje, a opadami. Straty równoważone są przez zyski, a ich zestawienie nazywa się bilansem wodnym. W hydrosferze obejmującej wody powierzchniowe, atmosferyczne, podziemne, lodowcowe oraz parę wodną w atmosferze i skorupie ziemskiej występuje ok.  $1,46 \times 10^9 \text{ km}^3$  wody. Jest to objętość, która mogłaby pokryć całą powierzchnię kuli ziemskiej warstwą równomiernej grubości około 2660 m (tab. 2.1). Przeważająca część wody w hydrosferze występuje w formie zmagazynowanej (zbiorniki wodne, woda w postaci lodu, wody podziemne czy woda zawarta w or-

ganizmach żywych). Pozostała część, chociaż procentowo mała, to jednak o bardzo dużej objętości, bierze udział w bezustannym obiegu, przybierającym różne formy.

Tabela 2.1

*Źródła występowania wody na Ziemi w różnych postaciach oraz grubość jej warstwy*

Miejsce występowania wody	Grubość warstwy wody
Ogólnie	2660 m
Morza i oceany	2500 m
Skorupa ziemska (litosfera), wody do głębokości 5 km	120 m
Lodowce i wieczne śniegi	60 m
Jeziora i zbiorniki słodkowodne, w tym sztuczne zbiorniki	250 mm
Gleba i strefa aeracji	130 mm
Atmosfera	25 mm
Bagna	7 mm
Koryta rzeczne	3 mm
Żywe organizmy	1 mm

Tabela 2.2

*Wody w obiegu w tys. km<sup>3</sup>/rok*

Wyszczególnienie	Objętość wody, 10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	Grubość warstwy wody
Obieg między oceanami i morzami a atmosferą:		
opady	380,0 (411,6)	1050 mm
parowanie	420,0 (449,0)	1160 mm
dopływ wody z lądów	40,0	110 mm
Obieg związany z powierzchnią lądów:		
opady	108,0 (120)	720 mm
parowanie	70,0 (80)	468 mm
odpływ rzeczny, w tym:	38,0 (30-40)	252 mm
odpływ podziemny, spływ	13,0	87 mm
z lodowców i śniegów	1,8	12 mm

Największe zasoby wód przypadają na oceany. Granice pomiędzy oceanami są umowne, ponieważ nie tworzą one oddzielnych basenów, lecz są czę-

ściami wszechoceanu. Morza to części oceanów przylegające do kontynentów, całkowicie lub częściowo otoczone lądami, podlegające dużym wpływom – zwłaszcza klimatycznym – mas lądowych. Woda morska zawiera wszystkie pierwiastki chemiczne w różnym stężeniu. Najwięcej jest chlorku sodu, który nadaje wodzie słony smak. W znacznych ilościach występuje też chlorek magnezu oraz siarczan (siarczan magnezu, wapnia i potasu). Inne pierwiastki występują w ilościach składowych. Zasolenie wody morskiej jest różne i zależy od temperatury, intensywności parowania, opadów i dopływu wód słodkich. W strefach zwrotnikowych zasolenie osiąga wartość do 38‰, malejąc ku biegunom do ok. 25‰. Bardzo wysokie zasolenie w strefach podzwrotnikowych związane jest z silnym parowaniem i małymi opadami atmosferycznymi. W strefach umiarkowanych na zasolenie wód mają wpływ rzeki, które wystadzają wodę morską, oraz opady atmosferyczne. W strefach okołobiegunowych zasolenie jest mniejsze wskutek odsalania się wody powierzchniowej związanego z jej zamarzaniem i topnieniem. Pionowy rozkład zasolenia wykazuje nieznaczne zmiany. Do głębokości ok. 400 m różnica zasolenia uwarunkowana jest szerokością geograficzną i intensywnością parowania. Poniżej tej głębokości zmiany są minimalne i zasolenie waha się w granicach 34–35‰ we wszystkich szerokościach geograficznych. Temperatura wód strefy gorącej i stref zimnych zmienia się w ciągu roku zaledwie o kilka stopni, a wód strefy umiarkowanej o kilkanaście. Woda ogrzewa się znacznie wolniej, ale też znacznie wolniej oddaje swoje ciepło. Poziomy rozkład temperatur związany jest przede wszystkim z szerokością geograficzną. Temperatura powierzchniowych wód oceanicznych waha się od  $-2^{\circ}\text{C}$  (Morze Białe) w okolicach polarnych do  $+28^{\circ}\text{C}$  w obszarach równikowych. Przyczyną ruchu wód morskich i oceanicznych są wiatry oraz siła przyciągania Księżyca i Słońca. Znane są trzy główne rodzaje ruchów wody morskiej:

- falowanie (wiatrowe i sejsmiczne),
- pływy (przyptywy i odpływy),
- prądy morskie (ciepłe, zimne i obojętne).

Na kierunek prądów morskich oddziałuje siła Coriolisa. Pod jej wpływem prądy na półkuli północnej odchylają się w prawo, a na półkuli południowej w lewo. Po obu stronach równika istnieją zatem ogromne zamknięte obiegi wody. Na półkuli północnej ich kierunek zgodny jest z ruchem wskazówek zegara, na południowej – przeciwny. Wody opadowe wsiąkają (infiltrują) w podłoże. W zależności od rodzaju skał, z jakich podłoże jest zbudowane, zatrzymują się one na różnych głębokościach. W skałach luźnych (piaski, żwiry) infiltracja przebiega bardzo szybko, natomiast w skałach zwięzłych (gliny, iły) jest ona powolna. Skały lite nie przepuszczają wody, tworząc warstwę nieprzepuszczalną (wodonośną). Bardzo głęboko pod powierzchnią wody znaj-

dują się wody głębinowe (reliktowe). Mogą one tworzyć ogromne zbiorniki lub występować w postaci wód szczelinowych. Wody te są silnie mineralizowane i mogą mieć wysoką temperaturę (czasami powyżej 100°C), tworząc gejzery. Wody płynące mają znaczną siłę niszczącą i należą do głównych czynników rzeźbotwórczych. Efekty tej działalności zależą od spadku rzeki, wielkości przepływu oraz budowy geologicznej podłoża. Woda płynąca potrafi przesuwac, toczyć po dnie, lub nawet unosić różnego rodzaju okruchy skalne. Podczas transportu wodnego materiał, ocierając się o siebie, staje się zaokrąglony i przyjmuje postać owalnych otoczków. Materiał drobny przenoszony jest szybciej i dalej, gruby pozostaje w górnych odcinkach rzek. W rzece wyróżnia się trzy odcinki: bieg górny, środkowy i dolny. W odcinkach ujściowych znajdują się piaski, mułki oraz ily. Erozję, czyli żłobienie powierzchni Ziemi przez rzeki, dzieli się na:

- wgłębną, rozcinającą dno i pogłębiającą koryto rzeki (górny bieg, duży spadek),
- boczną, podcinającą brzegi i tworzącą meandry<sup>3</sup> i starorzecza (środkowy bieg),
- wsteczną (przemieszczenie źródła w górę – proces powolny).

Głębokość, do której rzeki mogą wycinać swoje doliny, nazywa się *bazą erozyjną*.

### Działalność morza

Woda morska rozpuszcza różne minerały, głównie sole mineralne – chlorek sodu, chlorek magnezu, siarczan magnezu, siarczan wapnia i potasu. W wyniku różnic temperatury wody, a także różnic w zasoleniu powstają **prądy morskie**. Ponadto wierzchnia warstwa wód morskich jest stale narażona na działanie wiatru tworząc **fale**. Przy brzegach fale się piętrzą i zwiększa się ich siła niszcząca. Fale uderzające o wysokie wybrzeże powodują podcinanie brzegu i wymywanie materiału skalnego. Proces ten nazywa się **abrazją**. Taki podcinany i cofający się brzeg nazywa się **klifem**. U jego podnóża powstaje **platforma abrazyjna**. Materiał ze zniszczonego klifu wynoszony jest przez fale poza platformę abrazyjną i osadzany na większej głębokości, tworząc **platformę akumulacyjną**. Przy brzegach płaskich siła fal zmniejsza się poprzez tarcie o dno morskie, osadzając na brzegach piaski i żwiry tworzące plaże. Działalność morza w strefie brzegowej powoduje, że na dnie tworzą się osady. Typ osadów zależy od odległości od lądu, ruchów wody oraz głębokości, klimatu i stopnia zasolenia wód.

<sup>3</sup> Meandry (zakola) – łukowate wygięcia w brzegu rzeki między jej dwoma zakrętami, przechodzące w łuki wygięte w przeciwną stronę.

**Litosfera** (gr. *lithos* – kamień, *sphaira* – kula), sfera kuli ziemskiej rozciągająca się od powierzchni Ziemi do astenosfery, obejmująca skorupę ziemską i górny płaszcz Ziemi. Od astenosfery różni się właściwościami fizycznymi – astenosfera i głębsze warstwy płaszczu Ziemi odznaczają się wysoką temperaturą i są poddane wysokiemu ciśnieniu. Skały w takich warunkach, podczas powolnych, trwających miliony lat procesów geologicznych zachowują się jak ciało plastyczne, natomiast skały litosfery mają niższą temperaturę i zachowują się jak ciało elastyczne lub kruche. Rozróżnia się litosferę oceaniczną i litosferę kontynentalną. Litosfera oceaniczna występuje pod oceanami i składa się ze skorupy oceanicznej (grubość 6–12 km) i górnej części płaszczu Ziemi – warstwy perydotytowej (zbudowanej z perydotytu), która powstaje w wyniku rozrostu dna oceanicznego (ekspansja dna oceanicznego) w strefie grzbietów śródoceanicznych. Jej grubość rośnie w miarę oddalania od strefy rozrostu od ok. 7 do kilkudziesięciu kilometrów (przy średniej grubości ok. 50 km). Litosfera kontynentalna jest zbudowana ze skorupy kontynentalnej (średniej grubości ok. 35 km) i górnej części płaszczu Ziemi (średniej grubości 60–80 km). Litosfera Ziemi jest podzielona na kilkanaście wielkich fragmentów zwanych płytami litosfery, przemieszczających się względem siebie. Ruch ten jest opisywany przez teorię tektoniki płyt litosfery. Największe deformacje litosfery powstają w strefach kolizji płyt, zwanych strefami subdukcji, gdzie jedna z płyt zagina się i pogrąża w płaszczu Ziemi. W miarę zagłębiania się płyty następuje wzrost jej temperatury i na głębokości kilkuset kilometrów litosfera zanika, przestaje się bowiem różnić właściwościami od otaczającego płaszczu.

**Biosfera** (gr. *bios* – życie, *sphaira* – kula) – sfera biotyczna, ekologiczna przestrzeń zajęta przez organizmy żywe i znajdująca się pod silnym wpływem ich działalności. Swoim zasięgiem obejmuje całą hydrosferę oraz część litosfery i atmosfery. Organizmy żywe najczęściej zasiedlają powierzchnię lądów i górne warstwy wód. W dolnych warstwach atmosfery (troposferze) występują najliczniej do wysokości 50 m. Górna granica biosfery w atmosferze, gdzie dociera życie, nie przekracza 16 km, natomiast w litosferze życie ogranicza się do głębokości 3 km. Biosferę dzieli się na: fitosferę (sferę życia roślin), zoosferę (sferę życia zwierząt) i antroposferę (sferę życia człowieka). Całkowita biomasa fitosfery jest 2,5 tysiąca razy większa niż zoosfery, natomiast liczba gatunków zoosfery jest 5-krotnie wyższa niż w fitosferze.

### 2.3. Procesy kształtujące powierzchnię Ziemi

Od początku istnienia na Ziemię działają różnorodne procesy rzeźbotwórcze. Ogólnie można je podzielić na dwie przeciwstawne grupy: **egzogeniczne** – dążące do zrównania jej powierzchni, i **endogeniczne** – pochodzące z wnętrza Ziemi, powodujące zróżnicowanie jej powierzchni.

Do zewnętrznych (egzogenicznych) procesów rzeźbotwórczych zalicza się:

- wietrzenie (mechaniczne, chemiczne, biologiczne),
- grawitacyjne ruchy masowe,
- działalność wód podziemnych (zjawiska krasowe, sufozja),
- działalność wód płynących (erozja, transport, akumulacja rzeczna),
- działalność morza (abrazja i akumulacja morska),
- działanie lodowców (erozja, transport i akumulacja lodowcowa),
- działalność wiatru (deflacja, korazja i akumulacja eoliczna).

**Wietrzenie** jest procesem podstawowym odnoszącym się do wszystkich procesów zewnętrznych. Ponieważ wierzchnia warstwa litosfery podlega ciąglemu rozpadowi i rozkładowi pod wpływem takich czynników, jak: oddziaływanie wody, zmienność temperatur czy czynników biogenicznych, to skala procesów wietrzenia w dużej mierze zależy od strefy klimatycznej i sięga kilku lub kilkunastu metrów w głąb skorupy ziemskiej.

**Wietrzenie fizyczne (mechaniczne)** to rodzaj wietrzenia powodujący zmiany fizyczne, czyli rozpad skały. W zależności od oddziałującego czynnika wyróżnia się:

- wietrzenie fizyczne insolacyjne (termiczne) – zachodzi pod wpływem następującego na przemian nagrzewania (promieniami słonecznymi) i oziębiania powierzchni. Na pustyniach strefy gorącej dobowe amplitudy temperatury powierzchni gruntu wahają się od 80 do 0°C. Po dłuższym działaniu zmian temperatury w skałach pojawiają się naprężenia, a następnie pęknięcia, czego efektem jest stopniowe rozluźnianie i rozpad przypowierzchniowej warstwy skały;

- wietrzenie fizyczne mrozowe – zachodzi pod wpływem częstych zmian temperatury z dodatniej na ujemną i na odwrót, co powoduje zamarzanie i odmarzanie wody w szczelinach skalnych. Lód krzepnąc powiększa swoją objętość, rozluźniając i rozsadzając skałę;

- wietrzenie fizyczne solne – zachodzi pod wpływem krystalizacji soli, głównie jodu, potasu i magnezu, w porach i szczelinach gruntu. Powoduje powstawanie soczewek i skupień soli rozsadzających skałę od środka. Występuje w klimacie suchym;

- wietrzenie fizyczne ilaste – zachodzi pod wpływem nasiąkania wodą skał ilastych, co powoduje ich pęcznienie, a następnie – na skutek wyparowy-

wania – kurczenie objętości oraz powstawanie szczelin i niszczenie zwięzłości skał;

- wietrzenie fizyczne organiczne – zachodzi pod wpływem mechanicznego oddziaływania organizmów roślinnych (np. rozkruszanie skały przez rozrastające się korzenie drzew) i zwierzęcych (np. rozluźnianie skały przez rycie nor itp.).

Wietrzenie fizyczne jest najbardziej intensywne w obszarach pozbawionych stałej pokrywy roślinnej, o częstych zmianach temperatury i wilgotności, a zatem w strefach polarnych, na pustyniach i półpustyniach oraz w wysokich górach.

**Wietrzenie chemiczne** można określić jako rozdrabnianie skał na skutek działania procesów chemicznych prowadzących do zmiany ich składu mineralnego. Do tych procesów zalicza się:

- rozpuszczanie – przejście ciała stałego bądź gazu w stan ciekły, głównie za przyczyną wody;
- uwodnienie – przemiana materiału bezwodnego w słabo uwodniony, np. przemiana anhydrytu w gips. Proces ten rzadko zachodzi samodzielnie, zazwyczaj łącznie z hydrolizą, utlenianiem i uwęglanowaniem,
- utlenianie – polega na łączeniu się minerałów z wolnym tlenem pochodzenia atmosferycznego. Często towarzyszy temu zmiana barwy z szarej na żółtobrunatną, żółtą czy czerwoną;
- wietrzenie biologiczne (organiczne) – istotną rolę odgrywają tu zwierzęta i rośliny. Zwierzęta kopiące i ryjące zmniejszają spójność i rozdrabniają skały, natomiast korzenie i łodygi roślin wywierają nacisk na skały i wydzielają różne substancje podczas swoich funkcji życiowych.

## 2.4. Procesy przyrodnicze w skali globalnej

Ogólna cyrkulacja atmosfery to charakterystyczny dla kuli ziemskiej układ krążenia powietrza w troposferze, rozpatrywany w skali planetarnej. Posiada ona dwie przyczyny: nierównomierny dopływ energii promieniowania słonecznego na różnych szerokościach geograficznych oraz ruch obrotowy i obiegowy Ziemi. W skali całego roku najwięcej energii słonecznej dociera w okolice równika. W efekcie powietrze ogrzewa się tam najbardziej, jest rozrzedzone i unosi się. Po dotarciu do górnej granicy troposfery odpływa na północ i południe. Jest to tzw. **międzyzwrotnikowa strefa (bruzda) niskiego ciśnienia**. Z kolei najmniej energii słonecznej otrzymują okolice biegunów i zachodzi tam sytuacja odwrotna niż na równiku – powietrze jest chłodne i ciężkie, dzięki czemu opada. Przy założeniu, że nie zachodziłby ruch obrotowy Ziemi, sytuacja byłaby stosunkowo prosta. Wytworzyłaby się cyrkula-

cja równik–biegun–równik. Górnymi warstwami troposfery powietrze płynęłoby w kierunku biegunów. Po dotarciu do nich opadałoby i przy powierzchni Ziemi odpywałoby z powrotem w kierunku równika (proces ogólnej cyrkulacji atmosfery został opisany w rozdziale 2.2).

Istotną cechą umiarkowanych szerokości geograficznych, które charakteryzują obszar Polski, są częste zaburzenia cyrkulacji związane z powstawaniem, rozwojem, przemieszczaniem się i zanikiem układów barycznych, zwłaszcza niżowych. W strefie tej, szczególnie na półkuli północnej, rozwija się najintensywniejsza działalność cyklonalna, wywołując ogromną zmienność kierunków wiatru i w konsekwencji dużą zmienność typów pogody. Układy baryczne mają wyraźną tendencję do przemieszczania się w kierunku wschodnim. Ich trwałość jest stosunkowo niewielka, rzadko przekracza kilkanaście dni. Ośrodki niżowe w porównaniu z wyżowymi są bardziej ruchliwe. Wymiana ciepła i wilgoci, zwłaszcza w półroczu zimowym, odbywa się za pośrednictwem adwekcji (przepływu mas powietrza).

Cyrkulacja w **obszarach okołobiegunowych** jest uwarunkowana termicznie. Niewielka ilość docierającej energii słonecznej powoduje znaczne wychłodzenie powierzchni tych regionów, a co za tym idzie – zalegającego nad nimi powietrza. Stwarza to warunki dla prądów opadających i utrzymywania się układów wysokiego ciśnienia. Opadające powietrze odpywa dołem w kierunku niższych szerokości geograficznych, a siła Coriolisa decyduje o przewadze wiatrów wschodnich na tych obszarach. Masy powietrza, docierając do okołobiegunowej strefy zbieżności (niskiego ciśnienia), poddane są pionowemu wznoszeniu. Następnie część powietrza wraca górną troposferą w kierunku biegunów. Taki schemat ogólny panuje w obydwu komórkach okołobiegunowych. Różnice między nimi wynikają z regionalnej odmienności ich powierzchni. Arktyka jest obszarem wodnym pokrytym pakiem lodowym, natomiast Antarktyda jest wysoko wyniesionym kontynentem pokrytym lądolodem. Nad tym pierwszym regionem pojawiają się znacznie częściej układy niżowe, natomiast Antarktyda znajduje się przez cały rok pod wpływem stabilnych ośrodków wyżowych. Kontynent ten jest otoczony bruzdą niskiego ciśnienia, w której panują najniższe na kuli ziemskiej średnie roczne wartości ciśnienia, jednak niżej z tego obszaru rzadko przedostają się w głąb kontynentu. Duża różnica ciśnień między wnętrzem Antarktydy a otaczającymi ją morzami przyczynia się do występowania na jej wybrzeżach bardzo silnych wiatrów wiejących od wnętrza kontynentu, których siła jest dodatkowo wzmacniana przez grawitacyjne spadanie mas powietrza z wysoko położonego płaskowyzu lądolodu (tzw. wiatry katabatyczne). Wskutek regionalnych i lokalnych zmian rozkładu ciśnienia, temperatury, rzeźby terenu i siły tarcia podłoża po-

jawiają się całoroczne, sezonowe lub występujące w cyklu dobowym cyrkulacje regionalne (np. monsuny, oscylacja południowa Walkera) i lokalne (np. bryza, wiatry fenowe).

### Ogólna cyrkulacja wód (prądy morskie)

(definicje prądów morskich opracowano na podstawie: <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/prady-morskie;3961969.html>)

Prądy morskie to postępowy ruch mas wodnych w morzach i oceanach, przenoszący znaczne ilości wody na duże odległości w określonym czasie. Prądy morskie są jednym z podstawowych czynników pobudzających cyrkulację wód w oceanie, chociaż warstwa objęta tymi ruchami ma stosunkowo niewielką szerokość i miąższość w porównaniu z jej długością. Do czynników wpływających na powstawanie prądów morskich zalicza się: różnice w gęstości wody wywołane zmianami temperatury i zasolenia, różnice ciśnienia powietrza i tarcia powietrza (wiatr) o powierzchnię oceanu, różnice w wysokości poziomu zwierciadła wody w sąsiadujących częściach oceanu oraz siły przyciągania Księżyca i Słońca. Na charakter ruchu wody oddziałuje także siła Coriolisa (powodująca odchylenie prądów) oraz siły tarcia (hamujące i deformujące ruch). Wpływ na prądy morskie wywiera także rozkład lądów i mórz (zarysy kontynentów) i rzeźba dna oceanu.

Ze względu na sposób powstawania rozróżnia się prądy morskie: wiatrowe, grawitacyjno-gradientowe, pływowe. Prądy morskie powstają wskutek tarcia o powierzchnię oceanów i mórz poruszających się mas powietrza oraz parcia wiatru na dowietrzne zbocza fal. Prąd morski wywołany wiatrami stałymi (pasaty), wiatrami sezonowymi (monsuny) lub wiatrami zdecydowanie przeważającymi (np. wiatry zachodnie w strefie umiarkowanej) jest nazywany **prądem wiatrowym**, w odróżnieniu od prądu morskiego wywołanego wiatrami krótkotrwałymi, zwanego prądem dryfowym. Prądy dryfowe występują w powierzchniowej warstwie wody – do głębokości ok. 200 m (wyjątek stanowi Prąd Zatokowy przenikający do dna i Kuro-siwo sięgający do głębokości ok. 2500 m). Prowadzą one do nachylenia poziomu morza i wystąpienia gradientu ciśnienia, co wzbudza prądy głębinowe w akwenach przybrzeżnych.

Prądy morskie **grawitacyjno-gradientowe** obejmują: prądy morskie baro-gradientowe – wywołane zmianami ciśnienia atmosferycznego nad morzami i oceanami (w obszarze podwyższonego ciśnienia prowadzą do obniżenia poziomu morza, w obszarze obniżonego ciśnienia – do wzrostu poziomu); prądy morskie spływowe – powstające wskutek dopływu wód rzecznych, opadu atmosferycznego, parowania, dopływu wód z innego akwenu lub odpływu

wód; prądy morskie gęstościowe – powstające na skutek różnic gęstości wody morskiej, o czym decydują różnice temperatury i zasolenia wody (są to głównie prądy podpowierzchniowe i głębinowe); prądy morskie kompensacyjne – o charakterze wtórnym, dążące do wyrównania poziomu morza bez względu na przyczynę, która wywołała zakłócenie równowagi hydrostatycznej. Prądy morskie **pływowe** to ruchy wód okresowo zmieniające kierunek i prędkość, powstające w związku z przesuwaniem się fal pływowych (pływy). Szczególnie silne prądy pływowe są obserwowane w akwenach przybrzeżnych, gdzie obejmują całą masę wody (do dna) – im dalej od brzegów, tym są słabsze.

Ze względu na stałość i czas trwania rozróżnia się prądy morskie: **stałe** – mające zawsze ten sam kierunek i tę samą prędkość (Kuro-siwo, Antarktyczny Prąd Okołobiegunowy i in.); **okresowe** – zmieniające kierunek i prędkość w regularnych odstępach czasu (Prąd Monsunowy); **czasowe** – powstające sporadycznie pod wpływem krótkotrwałych silnych wiatrów, gwałtownych zmian ciśnienia atmosferycznego i opadów.

Zależnie od głębokości położenia warstwy wody objętej prądem rozróżnia się prądy morskie: **powierzchniowe** (głównie prądy wiatrowe), **głębinowe** (ruchy wymienne między masami wodnymi; wiatry nie mają na nie wpływu) i **przydenne** (rozprowadzają ciężkie wody antarktyczne w kierunku północnym).

W zależności od kierunku, w jakim porusza się woda morska, wyróżnia się prądy morskie **poziome** i **pionowe**. Prądy morskie pionowe mogą być zstępujące lub wstępujące. Szczególnym rodzajem prądów wstępujących wywołanych wiatrem jest *upwelling* – wzbudzany stałymi wiatrami. Prądy powierzchniowe powodują odpływ wód powierzchniowych i napływanie na ich miejsce wód głębszych. Występują one głównie w strefie równikowej (stałe, rozbieżnie wiejące pasaty) i wzdłuż zachodnich wybrzeży kontynentów na obu półkulach, np. z Prądem Peruwiańskim jest związany życiodajny *upwelling* przybrzeżny. Strefy *upwellingu* są najbardziej produktywnymi obszarami oceanu światowego.

W zależności od różnic temperatury wód niesionych prądem morskim i temperatury wód otaczających rozróżnia się **prądy ciepłe** (temperatura wód płynących jest wyższa od temperatury wód otaczających prąd) i **prądy zimne** (odwrotnie).

Prądy morskie rzadko są wywołane jedną przyczyną – zwykle powstają pod wpływem działania kilku sił, których rola w ich formowaniu jest różna. Prądy morskie odgrywają ważną rolę w kształtowaniu mas wodnych oceanu, zakłócają strefowość w rozkładzie temperatury (anomalie dodatnie są związane z przenoszeniem przez prądy morskie ciepłych wód od równika ku biegunom, natomiast anomalie ujemne są spowodowane przeciwnie skierowanymi prądami zimnymi) oraz wpływają na zasolenie, zawartość tlenu, barwę,

przezroczystość mas wodnych, a poza tym mają ogromny wpływ na procesy biologiczne, zwłaszcza na rozwój świata roślinnego i zwierzęcego w oceanie światowym. Wpływają także na kształtowanie się brzegów mórz, tworzenie się ławic na dnie płytkich akwenów, przemieszczanie się lodów (dryf). Jednak najważniejszy wpływ na zmienność klimatu ma południkowa wymiana ciepła i wilgoci – od równika w kierunku biegunów.

## 2.5. Czynniki środowiska wpływające na populację organizmów

Na Ziemi można wyróżnić dwa główne środowiska występowania organizmów – środowisko wodne i lądowe. Różnią się one między sobą właściwościami fizycznymi, składem chemicznym, odczynem, dopływem i stopniem rozproszenia promieniowania słonecznego czy stopniem oddziaływania czynników mechanicznych (wiatru, ciśnienia, prądów powietrznych i morskich). Czynniki środowiska mają wpływ na liczebność i rozmieszczenie organizmów, ich aktywność i tempo wzrostu oraz efektywność procesów życiowych (oddychanie, odżywanie czy rozmnażanie). Czynniki środowiska dzieli się na: abiotyczne – oddziaływanie na organizmy nieożywionych elementów środowiska, i biotyczne – wywierane w sposób bezpośredni lub pośredni na siebie przez ożywioną część środowiska. Do abiotycznych czynników środowiska zalicza się czynniki klimatyczne (temperatura, dopływ światła, ciśnienie, wiatr itp.) i edaficzne (gleba i jej struktura oraz skład chemiczny). Do biotycznych z kolei zalicza się wszystkie relacje między światem zwierzęcym i roślinnym a populacją ludzką.

### Abiotyczne czynniki środowiska

Do czynników abiotycznych (fizykochemicznych) środowiska zalicza się: temperaturę, promieniowanie Słońca, wodę i powietrze jako źródło tlenu, dwutlenku węgla czy azotu, prądy powietrzne i wodne, ciśnienie, zawartość mikro- i makroelementów, odczyn środowiska, zasolenie czy zawartość związków toksycznych.

**Temperatura** jest jednym z najważniejszych czynników oddziałujących na życie i rozwój organizmów na Ziemi. Przejawy życia możliwe są w bardzo szerokim jej zakresie. Kilkunastominutowe ekspozycje na niskie temperatury w warunkach laboratoryjnych (w temperaturze  $-196^{\circ}\text{C}$ ) przeżywały niektóre formy (wrotki, niesporczaki). Znane są również bakterie, które żyją w głębinach mórz w temperaturach dochodzących do  $+150^{\circ}\text{C}$ , które występują w miejscach aktywności sejsmicznej. Natomiast nie odkryto organizmu, który przystosowałby się do życia w skrajnym zakresie temperatur – zarówno wysokich, jak i niskich równocześnie. Optymalnym zakresem ciepła dla życia organizmów jest przedział 0 do  $+30^{\circ}\text{C}$ , w którym występuje i przejawia ak-

tywność większość organizmów. Odporność na działanie niskich temperatur jest związana z zawartością wody w organizmie. Im niższy udział procentowy związku  $H_2O$  w ustroju, tym odporność na niskie temperatury wzrasta. Typową formą przystosowania się do przetrwania w niesprzyjających warunkach termicznych jest hibernacja (sen zimowy) lub estywacja (sen letni).

**Światło**, czyli promieniowanie słoneczne, jest podstawowym źródłem energii na Ziemi. Jego wpływ na organizmy jest zróżnicowany i zależy od jego natężenia, czasu naświetlania i zakresu promieniowania. Dla roślin – względu na jego podstawową rolę w procesie fotosyntezy – światło jest niezbędnym promieniowaniem do życia. W wodzie natężenie promieniowania na skutek silnego pochłaniania (absorpcji) ulega zmianie wraz z głębokością. Tylko część promieniowania słonecznego przenika w głąb akwenu. Stąd na dużych głębokościach organizmy przystosowały się do wykorzystywania do procesów życiowych jedynie części zakresu promieniowania Słońca.

**Woda** jest niezbędnym składnikiem każdego żywego organizmu. Procentowo najwięcej wody zawierają w sobie zwierzęta wodne – nawet do 99%. Natomiast czynnikiem ograniczającym występowanie organizmów najbardziej zdeterminowanych jest środowisko lądowe oraz czasami wodne, ale w sytuacji gdy zawartość wody ulega gwałtownym zmianom, lub też w przypadku wzrostu zawartości soli.

**Tlen** zarówno w wodzie, jak i na lądzie ma istotne znaczenie dla życia organizmów. Jednak w wodzie zawartość tlenu jest 20–30 razy mniejsza niż w powietrzu. Ta niewielka zawartość tlenu w wodzie może być jeszcze ograniczana na skutek dostających się do niej zanieczyszczeń. Niedobór lub brak tlenu należy do istotnych czynników ograniczających egzystencję wielu organizmów wodnych.

**Dwutlenek węgla** jest gazem, którego zawartość w wodzie, jak i w powietrzu jest zmienna. Jednak ze względu na to, że jest łatwo pochłaniany przez wodę, jest go więcej w wodzie niż w powietrzu atmosferycznym.  $CO_2$  jako podstawowe źródło węgla do budowy związków organicznych jest niezbędny do życia i rozwoju roślin. W ostatnich latach szczególnie zwraca się uwagę na zawartość  $CO_2$  w atmosferze jako czynnika wpływającego na powstanie tzw. efektu cieplarnianego.

**Ciśnienie** to inaczej wektor siły skierowany na określoną powierzchnię. W środowisku przyrodniczym rozróżnia się ciśnienie atmosferyczne – panujące w atmosferze ziemskiej, którego wartość zmienia się wraz ze zmianą temperatury i wysokości nad poziomem morza, oraz ciśnienie hydrostatyczne – charakteryzujące procesy zachodzące w zbiornikach wodnych. Wprawdzie ciśnienie nie należy do najważniejszych parametrów środowiska mających wpływ na występowanie organizmów, jednak w środowisku wodnym

jego wpływ jest nieporównywalnie większy na organizmy niż na lądzie. Wyso-  
kie ciśnienie w głębinach wód wywiera ujemny wpływ na przebieg procesów  
życiowych. Jednak mimo – wydawać by się mogło – skrajnie niekorzystnych  
warunków życia w największych głębinach (np. Rów Mariański) zaobserwo-  
wano i tam żywe organizmy, lecz nie udało się ich wydobyć na powierzchnię,  
ponieważ na skutek ogromnego ciśnienia wewnętrznie eksplodowały.

### **Biotyczne czynniki środowiska**

Organizmy nie tylko przystosowują się do życia w określonym środowi-  
sku fizycznym, ale również przystosowują to środowisko do swoich potrzeb  
życiowych, wywołując ciągłe zmiany fizycznych i chemicznych właściwości  
materii nieożywionej poprzez wprowadzanie do niej nowych źródeł energii  
czy związków chemicznych. Skład chemiczny gleby, wody morskiej czy dna  
zbiorników wodnych w dużym stopniu zależy od roślin oraz zwierząt tam by-  
tujących. Dlatego mówiąc o czynnikach biotycznych, należy brać pod uwagę  
wzajemne formy oddziaływania organizmów, zależności międzygatunkowe  
i wewnątrzgatunkowe oraz wpływ tych organizmów na przekształcanie śro-  
dowiska abiotycznego. Każdy gatunek wykazuje inne wymagania w stosunku  
do danego czynnika ekologicznego. Zdolność przystosowania się organizmu  
do zmian danego czynnika nazywa się *tolerancją ekologiczną*, natomiast każ-  
dy czynnik, który zbliża się do granic tolerancji gatunku lub je przekracza, nosi  
nazwę *czynnika ograniczającego*. Wskaźniki tolerancji wyznaczają dwa punk-  
ty krytyczne określające wartość graniczną do przeżycia: minimum (dolny  
punkt krytyczny) i maksimum (górnny punkt krytyczny). Wartości, w których  
organizm ma najlepsze warunki bytu, określa się mianem *życiowego optimum*.  
Prawo opisujące tolerancję organizmów zostało zdefiniowane przez Liebiga  
(prawo minimum), który określił możliwości rozwoju i wzrostu organizmów  
w stosunku do składnika środowiska, który występuje najrzadziej w stosunku  
do zapotrzebowania, np. dla roślin niedobór wody, światła, CO<sub>2</sub> lub dla zwie-  
rząt – białka, wody czy witamin. Rozszerzoną wersję prawa minimum zapro-  
ponował Shelford (prawo tolerancji), twierdząc, że tolerancja w stosunku do  
jednego czynnika zmienia się w zależności od sumy czynników działających  
w tym samym czasie. Żeby wyrazić zakres stopnia tolerancji cechującego dany  
gatunek, używa się terminów z przedrostkami: steno- (wąski) i eury- (szero-  
ki). Przykładowo: szeroki zakres tolerancji do temperatury – *eurytermiczny*,  
wody – *euryhydryczny* itd., oraz wąski: *stenotermiczny* i *stenohydryczny*. Gatun-  
ki o bardzo wąskim zakresie tolerancji noszą nazwę *bioindykatorów* lub inaczej  
*gatunków wskaźnikowych*.

### **Interakcje między populacjami**

Populacja to zespół osobników jednego gatunku, wzajemnie na siebie oddziaływujących i zamieszkujących na jednej przestrzeni w tym samym czasie. Miejsce, w którym żyje populacja danego gatunku, nazywa się siedliskiem, natomiast obszar zajmowany przez pojedynczego osobnika populacji – arealem osobniczym. Suma arealów tworzy zasięg przestrzenny populacji. Do cech populacji zalicza się: liczebność, rozrodczość, śmiertelność oraz zdolność rozprzestrzeniania się. Oprócz czynników abiotycznych i biotycznych na rozwój populacji różnych gatunków wpływ mają interakcje zachodzące między nimi. Jeżeli żadna z populacji nie wpływa na drugą, to mamy do czynienia z *neutralizmem*.

*Interakcje antagonistyczne* to współzależności niekorzystne, do których zalicza się:

- amensalizm, w którym populacja jednego gatunku hamuje rozwój drugiej populacji,
- konkurencję, która zachodzi wśród populacji zajmujących tę samą przestrzeń i korzystających z tych samych zasobów środowiska,
- drapieżnictwo, które ma miejsce wtedy, gdy jedna z populacji przynosi szkodę drugiej, czerpiąc w ten sposób korzyści dla siebie,
- pasożytnictwo, gdzie jedna populacja żyje kosztem innej i działa na jej szkodę.

Do interakcji nieantagonistycznych, lub inaczej protekcyjnych zalicza się:

- komensalizm, w którym jeden gatunek czerpie korzyści, nie przynosząc korzyści ani szkody drugiemu,
- protokooperację, czyli współżycie dwóch gatunków czerpiących korzyści ze swojej obecności, ale jednocześnie niebędących całkowicie od siebie uzależnionymi,
- mutualizm, czyli ścisłą współzależność gatunków, przy czym każdy z gatunków jest niezdolny do życia bez obecności drugiego.

### **Strategie obrony w świecie przyrody**

Naturalna selekcja organizmów przez miliony lat wykształciła w świecie roślin oraz zwierząt różne sposoby sprzyjające przetrwaniu. Pozwalając osobnikom – ofiarom, uniknąć odszukania, pochwycenia czy śmierci. Natomiast z drugiej strony drapieżcy wykształcili umiejętności w zakresie skuteczności w poszukiwaniu i zabijaniu ofiar. Dlatego procesy selekcyjne doprowadziły do przystosowań zarówno ofiary, jak i drapieżcy.

W świecie przyrody można wyróżnić następujące rodzaje obrony (terminologia stosowana również w wojsku):

- obrona czynna, polegająca na ucieczce, ukryciu się lub odstraszeniu napaścika przez wykorzystanie:
  - środków chemicznych (np. pszczoły, żmije, tchórze), wyrzucanie zasłon ochronnych (np. głowonogi, mątwy),
  - środków mechanicznych (np. kolce, kopyta, rogi),
  - środków psychologicznych (np. motyle, ryby) – stwarzanie fałszywych pozorów, wystawianie na pokaz barwnych plam imitujących oczy itp., lub stwarzanie wrażenia większego niż jest się w rzeczywistości (np. żaby, ryba nadymka);
- obrona bierna, polegająca na opracowaniu mechanizmów pozwalających ofierze pozostać niezauważoną. Do tej strategii zalicza się:
  - mimetyzm, czyli upodobnienie się do środowiska barwą, wzorem ubarwienia lub kształtem (np. mątwy, płaszczka, patyczak, liścionóg),
  - mimikrę, czyli upodobnienie się w procesie ewolucji roślin oraz zwierząt bezbronych do gatunków toksycznych czy drapieżnych,
  - kamuflaż, czyli zmianę barwy i tym samym upodobnienie się do otaczającego środowiska lub kamuflaż stały w postaci przyczepionych na ciele elementów środowiska.

Wśród roślin najczęściej spotykaną ochroną przed zjedzeniem jest *ochrona mechaniczna* – kolce, ciernie, lub *chemiczna* – wydzielanie substancji toksycznych lub drażniących.

### **3. Charakterystyka środowiska przyrodniczego Polski**

Środowisko przyrodnicze Polski uznawane jest za wyjątkowe, szczególnie na tle przyrody Europy Zachodniej. Dzięki temu, że Polska jest krajem z przewagą nizin i znajduje się w strefie klimatu umiarkowanych szerokości geograficznych, a rozwój ekonomiczny przebiegał tu znacznie wolniej niż w krajach zachodnioeuropejskich, może się ona szczycić ogromną różnorodnością krajobrazu i bogactwem biocenozy. Polska jest krajem przodującym w dziedzinie ochrony przyrody, w której można wyróżnić sześć głównych form: park narodowy, rezerwat przyrody, park krajobrazowy, obszar chronionego krajobrazu, ochrona gatunku, ochrona indywidualna, np. pomników przyrody (drzew, skał, głazów narzutowych itp.), stanowisk dokumentacyjnych (miejsc o znaczeniu naukowym), zespołów przyrodniczo-krajobrazowych (fragmentów krajobrazu przyrodniczego i kulturowego chronionych ze względu na szczególne walory estetyczne), użytków ekologicznych (niewielkich pozostałości naturalnych ekosystemów – oczek wodnych, kęp drzew, torfowisk, wydmy, starorzeczy itp.).

Na Listę Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Przyrodniczego UNESCO został wpisany Białowieski Park Narodowy, będący ostatnim fragmentem ogromnej puszczy, jaka przez tysiące lat pokrywała większość nizinnych terenów Europy. Z kolei region Biebrzy jest największym i najlepiej zachowanym skupiskiem bagien w Europie, ma wyjątkową wartość przyrodniczą, gdyż jest obszarem niemal nietkniętym przez cywilizację.

Ewenementem w całej Europie jest zbiorowisko roślin i drzew Poleskiego Parku Narodowego, które są charakterystyczne dla tundry. Rośliny i zwierzęta w Polsce zostały objęte ochroną w 23 parkach narodowych, ok. 120 parkach krajobrazowych i ponad 1200 rezerwach przyrody, przez co obszar chroniony stanowi prawie 1/3 powierzchni kraju. Osiem parków narodowych: Słowiński, Białowieski, Kampinoski, Babiogórski, Karkonoski, Tatrzański, Bieszczadzki i Poleski, zostało wpisanych na listę Rezerwatów Biosfery UNESCO.

#### **3.1. Ogólna charakterystyka fizyczno-geograficzna**

Polska leży na półkuli północnej oraz na półkuli wschodniej, w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych. Na obszarze Polski stykają się trzy wielkie jednostki tektoniczne: platforma prekambryjska Europy Wschodniej (region wschodni i północno-wschodni Polski), platforma paleozoiczna Europy Środkowej i Zachodniej (oddziela ją od platformy prekambryjskiej szeroka

strefa szwu transeuropejskiego oraz alpidy (rejon gór wysokich z Podkarpaciem). Przeważającą część obszaru Polski zajmują tereny nizinne o średniej wysokości ok. 173 m n.p.m. Krainy geograficzne w Polsce ułożone są równoleżnikowo (pasowo), przechodząc od terenów nizinnych na północy i w Polsce centralnej do terenów wyżynnych i górskich na południu. Najwyższym punktem kraju są Rysy – szczyt w Tatrach Wysokich (2499,1 m n.p.m.), zaś najniższym położonym punktem jest depresja Raczki Elbląskie na Żuławach Wiślanych (1,8 m p.p.m.). Charakterystyczny równoleżnikowy (pasowy) układ głównych krain geograficznych jest wynikiem historii geologicznej naszego kraju, w której największe znaczenie w kształtowaniu środowiska przyrodniczego Polski miały: ruchy górotwórcze orogenezy alpejskiej i zlodowacenia plejstoceńskie. Patrząc od północy, wyróżnia się: pas pobrzeży bałtyckich, pas pojezierzy, pas nizin środkowych, pas wyżyn, kotliny podkarpackie, góry (Sudety i Karpaty).

Pobrzeża południowobałtyckie ciągną się od brzegu Bałtyku na północy do wzniesień morenowych fazy pomorskiej ostatniego zlodowacenia na południu (pas pojezierzy). Są to przeważnie tereny nizinne (wysokości bezwzględne tylko lokalnie przekraczają 100 m n.p.m.). Region ten obejmuje m.in. polskie wybrzeże Bałtyku, gdzie można spotkać cztery typy wybrzeży: cofający się brzeg wysoki (klifowy) powstający w obrębie glin nadmorskich wysoczyzn morenowych (np. Wyspa Wolin), niski, piaszczysty brzeg wydmowy (np. Mierzeja Łebska oddzielająca jezioro Łebsko od morza), brzeg jeziorno-bagienny oraz niskie wybrzeże deltowe (Żuławy). W regionie pobrzeży występuje szereg dużych i płytkich jezior przybrzeżnych (np. Jamno, Bukowo, Łebsko) oraz deltowych (Dąbie k. Szczecina i Druzno na Żuławach Wiślanych). Sąsiedztwo Morza Bałtyckiego wpływa na klimat – jest on łagodniejszy, ze względnie ciepłymi zimami (zwłaszcza na zachodzie). Na tym obszarze występują liczne rośliny wydmowe, stonorośla i rośliny atlantyckie.

Na południe od pasa pobrzeży rozciągają się wzniesienia pojezierzy południowobałtyckich oraz wschodniobałtyckich. Wysokości bezwzględne osiągają tu ponad 300 m n.p.m.: Wieżyca na Pojezierzu Kaszubskim – 329 m n.p.m., Dylewska Góra na Pojezierzu Chełmińsko-Dobrzyńskim – 312 m n.p.m., Szeska Góra na Pojezierzu Mazurskim – 309 m n.p.m. Jest to obszar występowania rzeźby młodoglacjalnej z głazami narzutowymi, wzgórzami moreny czołowej i licznymi jeziorami morenowymi (wytopiskowymi) i rynnowymi. Tu znajduje się największe jezioro w Polsce – Śniardwy (113,5 km<sup>2</sup>), i najgłębsze – Hańcza (108,5 m). Klimat tego obszaru charakteryzuje się większymi opadami niż na sąsiadujących z nim nizinach. W kierunku wschodnim klimat się zaostrza – na Pojezierzu Suwalskim występują najniższe (poza górami) temperatury stycznia. Równiny sandrowe porastają duże kompleksy borów sosnowych (m.in. Puszcza Augustowska, Puszcza Piska, Bory Tucholskie).

Od południa pas pojezierzy ograniczają niziny Niżu Środkowoeuropejskiego i Wschodniobałtycko-Białoruskiego. Są to przede wszystkim: Nizina Śląska i Nizina Środkowopolska (z Niziną Południowowielkopolską, Niziną Mazowiecką i Niziną Podlaską – północna jej część zaliczana jest do Niżu Wschodniobałtycko-Białoruskiego). Jest to obszar występowania rzeźby staroglacjalnej – równiny lub lekko falisty o wysokościach bezwzględnych nieprzekraczających 300 m n.p.m.

W obrębie pasa wyżyn wyróżnia się m.in.: Wyżynę Śląską (najwyższe wzniesienie to Góra Świętej Anny – 408 m n.p.m.), Wyżynę Krakowsko-Częstochowską, Nieckę Nidziańską, Wyżynę Kielecką z niskimi Górami Świętokrzyskimi (wysokości bezwzględne do 612 m n.p.m. – Łysica w Łysogórach), Wyżynę Lubelską z Roztoczem.

O cechach środowiska przyrodniczego regionu poza rzeźbą terenu decyduje również charakter skał podłoża. W obszarach występowania skał węglanowych i siarczanowych (m.in. Wyżyna Krakowsko-Częstochowska czy Niecka Nidziańska) występuje rzeźba krasowa z jaskiniami, dolinami krasowymi i ostańcami krasowymi. W obszarach występowania grubych pokładów lessów rozwijają się malownicze wąwozy lessowe (m.in. w rejonie Sandomierza i Kazimierza Dolnego).

Na południe od pasa wyżyn położone są kotliny podkarpackie: Kotlina Oświęcimska, Brama Krakowska i największa Kotlina Sandomierska. Geologicznie jest to obszar zapadliska tektonicznego powstały w orogenezie alpejskiej. W trzeciorzędzie obszar ten zalany był wodami morza, których pozostałością są złoża soli mioceńskich Wieliczki i Bochni. Kotlinę Sandomierską wyściełają plejstoceńskie utwory polodowcowe zlodowaceń południowopolskich.

Na południu kraju znajdują się dwa łańcuchy górskie: Sudety – stare góry zrębowe, odmłodzone w orogenezie alpejskiej (geologicznie przedłużeniem Sudetów jest równinne i lekko faliste Przedgórze Sudeckie) i Karpaty – młode góry sfałdowane w orogenezie alpejskiej (niskie Góry Świętokrzyskie położone są w obrębie pasa wyżyn). Najwyższym wzniesieniem Sudetów jest położona w paśmie Karkonoszy Śnieżka (1602 m n.p.m.). Najwyższym szczytem polskich Karpat są położone w Tatrach Rysy (2499 m n.p.m.), jednak najwyższym szczytem Tatr jest położony na Słowacji Gerlach (2655 m n.p.m.). Obszary górskie charakteryzują się specyficznym klimatem (górskim), wyrażającym się piętrowością klimatyczną (spadek temperatury powietrza i wzrost opadów wraz z wysokością). Piętrowość klimatyczna powoduje też występowanie pięter roślinnych. W polskich górach występują duże kompleksy leśne będące ostoją wielu gatunków rzadkich w Polsce zwierząt (np. niedźwiedź brunatny czy orzeł przedni).

## Klimat

Europa podlega cyrkulacji zachodniej (nad Europę napływa powietrze oceaniczne). Nad Europą nie powstają stałe ośrodki baryczne – najbliższe są w obrębie Grzbietu Północnoatlantyckiego nad Islandią (Niż Islandzki) oraz nad Wyspami Azorskimi (Wyż Azorski). Przewaga cyrkulacji zachodniej sprawia, że ponad połowę dopływającego do Polski powietrza stanowi powietrze chłodne (masy pochodzenia polarnego znad Islandii). Dociera do nas też powietrze cieplejsze z Archipelagu Azorskiego. Klimat Polski jest przejściowy, umiarkowanie ciepły. Strefowość klimatyczna jest wynikiem położenia względem szerokości geograficznej. Przejściowość klimatu Polski powoduje zachodnia cyrkulacja mas powietrza (masy podczas przemieszczania się znad oceanu nad ląd nie napotykają żadnych barier orograficznych). Masy wraz z przemieszczaniem się nad lądem wytracają wilgoć w postaci opadów i nabierają cech kontynentalnych.

## Położenie Polski w Europie

Polska leży w centrum Europy. Środek Europy jest w okolicach Suwałk w miejscowości Suchowola. Krańcowe punkty Europy to: zachód – Przylądek Roca, wschód – ujście Bajdaraty do Morza Karskiego, północ – Przylądek Nordkinn, południe – przylądek Marokański. Polska ma bardzo zwarte terytorium – w każdym kierunku odległości skrajne są zbliżone. Najkrótsza odległość łącząca Adriatyk i Bałtyk przebiega wzdłuż zachodniej granicy kraju (900 km). Najkrótsza linia łącząca Morze Czarne i Morze Bałtyckie przecina północno-wschodnią część kraju (1200 km).

Inne podstawowe dane przedstawiają się następująco:

- punkty skrajne: północ – Przylądek Rozewie (54°50'), południe – Opatonek (49°00'), zachód – zakole Odry na zachód od Cedyni (14°07'), wschód – kolano Bugu na wschód od Strzyżowa (24°08');
- najwyższy punkt: Rysy (2499 m n.p.m.);
- najniższy punkt: Raczek Elbląski (1,8 m p.p.m.);
- punkty centralne: środek Europy – Pojezierze Suwalskie, środek geometryczny Polski – okolice Łodzi;
- rozciągłość południkowa: 5°50' (641 km w terenie). Powoduje ona różnicę wysokości Słońca nad horyzontem i długości dnia, a zatem i różnicę w ilości energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi w poszczególnych porach roku. Na północy kraju w lecie dzień jest dłuższy o ponad godzinę w stosunku do południa kraju, natomiast zimą jest krótszy;
- rozciągłość równoleżnikowa: 10°01' (689 km w terenie). Wielkość rozciągłości równoleżnikowej powoduje występowanie 40-minutowej różnicy

czasu lokalnego między skrajnymi punktami, aczkolwiek na całym terenie kraju obowiązuje czas środkowoeuropejski odpowiadający południkowi 15°. Jest to czas powiększony o godzinę w stosunku do południka 0°. W okresie letnim jest stosowany czas powiększony dodatkowo w stosunku do zimowego o 1 godzinę.

### Obszar i sąsiedztwo Polski

Powierzchnia Polski wynosi 312 685 km<sup>2</sup> (w tym: obszar lądowy z wodami śródlądowymi to 311 904 km<sup>2</sup>, wody morskie wewnętrzne to 781 km<sup>2</sup> (z czego Zalew Wiślany – 303 km<sup>2</sup>, Zalew Szczeciński z pobliskimi jeziorami – 466 km<sup>2</sup>, porty graniczne i porty Zatoki Gdańskiej – 12 km<sup>2</sup>). Wody terytorialne i strefa ekonomiczna na Morzu Bałtyckim to 31 316 km<sup>2</sup> (w tym wody terytorialne – 8682 km<sup>2</sup>; strefa ekonomiczna – 22 634 km<sup>2</sup>).

Tabela 3.1

#### Sąsiedzi Polski

Państwo	Dł. granicy w km	Dł. granicy w procentach % – w stosunku do długości granicy państwowej % – w stosunku do długości granicy lądowej	Miejsce pod względem długości
Czechy	796,04	22,7/25,9	1
Słowacja	541,06	15,4/17,7	2
Ukraina	535,18	15,3/17,5	3
Niemcy*	489,37	14,0/15,2	4
Białoruś	418,24	11,9/13,6	5
Rosja (okrąg kaliningradzki)*	232,04	6,6/6,8	6
Litwa	104,28	3,0/3,4	7
Granica morska	439,74	14,7	
Razem	3511,52	100,0	

\* Długość granicy z Federacją Rosyjską – 232,04 km (w tym długość odcinka rozgraniczającego morze terytorialne Rzeczypospolitej Polskiej i Federacji Rosyjskiej – 22,21 km). Długość granicy z Republiką Federalną Niemiec – 489,37 km (w tym długość odcinka rozgraniczającego morze terytorialne Rzeczypospolitej Polskiej i Republiki Federalnej Niemiec – 22,22 km).

Źródło: na podstawie danych ([www.strazgraniczna.pl](http://www.strazgraniczna.pl)).

Poprzez granicę morską Polska graniczy jeszcze z 5 państwami (Łotwa, Estonia, Finlandia, Szwecja, Dania). Nasz kraj graniczy w sumie z 12 krajami. Najdłuższe są południowe granice. W większości mają one naturalny charakter (biegną wzdłuż szczytów grzbietów wododziałowych). Granica zachodnia jest również naturalna – wzdłuż Nisy Łużyckiej i Odry. Również granica wschodnia jest naturalna – górny i środkowy odcinek Bugu. Naturalna jest także granica północna (południowe wybrzeża Bałtyku). Najbardziej sztuczne granice mamy z Rosją, Litwą i Białorusią w części północnej.

### **Ekstremalne wartości środowiska geograficznego Polski**

Wartości ekstremalne w środowisku geograficznym naszego kraju przedstawiają się następująco:

- najwyżej położony punkt: Rysy – 2499 m n.p.m.,
- najwyżej położona miejscowość: Gubałówka – 1125 m n.p.m.,
- najniżej położona miejscowość: Raczki Elbląskie – 1,8 m p.p.m.,
- najwyższy szczyt Sudetów: Śnieżka – 1602 m n.p.m.,
- najwyższy szczyt Gór Świętokrzyskich: Łysica – 612 m n.p.m.,
- najwyższy grzbiet w Beskidach Zachodnich: Babia Góra – 1723 m n.p.m.,
- największy system jaskiniowy: Wielka Jaskinia Śnieżna – 17 800 m,
- najgłębsza jaskinia: Wielka Jaskinia Śnieżna – 814 m,
- największa i najdłuższa rzeka: Wisła – 1047 km,
- największe jezioro: Śniardwy – 113,8 km<sup>2</sup>,
- najgłębsze jezioro: Hańcza – 108,5 m,
- najwyżej położone jezioro: Zadni Staw (Dol. Pięciu Stawów) – 1890 m n.p.m.,
- najniżej położone jezioro: Drużno – 0,1 m p.p.m.,
- najdłuższy kanał: Wieprz Krzna – 140 km,
- najbardziej pojemny sztuczny zbiornik wodny: Solina – 472 hektometry<sup>3</sup> wody,
- najmłodszy zbiornik retencyjny: Czorsztyń-Nidzica (1997 r.),
- najwyższy wodospad: Siklawa – 70 m,
- najwyższa dobowo suma opadu atm.: Hala Gąsienicowa w Tatrach Wysokich – ok. 300 mm.

### **Uwarunkowania hydrograficzne**

Rzeki płynące przez teren Polski powodują, że leży ona w zlewisku trzech mórz:

Morza Bałtyckiego – 99,7% (dorzecze Wisły – 55,7%; dorzecze Odry – 33,9%; rzeki pobrzeża bałtyckiego – 9,3%; dorzecze Niemna – 0,8%),

Morza Czarne (dorzecze Dunaju – Orawa; dorzecze Dniestru – Strwiąż),

Morza Północnego (dorzecze Łaby – Izera, Orlica).

Cechą charakterystyczną dopływów głównych rzek (Wisły i Odry) jest ich asymetryczność. Ich lewe dorzecza są krótsze i mniej obfite w wodę w stosunku do dopływów prawych: Wisła – 27:73, Odra – 30:70. Jest to związane z nachyleniem powierzchni w kierunku północno-zachodnim oraz z rozwojem rzeźby terenu w trzeciorzędzie i czwartorzędzie. Gęstość sieci rzecznej w Polsce jest dość znaczna, ale nieregularna – duża w Karpatach i Sudetach (duże opady na słabo przepuszczalne podłoże o urozmaiconej rzeźbie) i czterokrotnie rzadsza na wyżynach (wsiąkanie wody w podłoże oraz głęboko zalegające wody gruntowe). Na terenach nizinnych gęsta sieć rzek występuje w okolicach o słabo przepuszczalnym podłożu. Rzeki w Polsce zasilane są głównie przez opady deszczu i śniegu, rzadziej na skutek dopływających wód podziemnych.

W Polsce występują dwa wysokie stany wód: na wiosnę (luty–kwiecień) – w okresie zanikania pokrywy śnieżnej, oraz latem (czerwiec–lipiec) – podczas intensywnych opadów w górach. Najniższe stany wód mają miejsce wczesną jesienią. Na wybrzeżu Bałtyku wysokie stany wód spowodowane są spiętrzaniem wód morskich w czasie sztormów. Rzeki w Polsce w zimie zamarzają. Na zachodzie kraju na ok. miesiąc, w centrum i na wschodzie na ok. 2–3 miesiące. Pokrywa lodowa później zanika na północy niż na południu, co sprzyja powstawaniu powodzi zatorowych. Stany wód w rzekach charakteryzują się dużą amplitudą wahań. Najmniejsze są w wodach rzek pojezierzy, a największe w rzekach górskich.

### **Regiony klimatyczne**

Pory roku to cyklicznie występujące okresy klimatyczne, będące następstwem ruchu obrotowego Ziemi wokół Słońca i nachylenia osi ziemskiej do płaszczyzny tego ruchu. Zmienia się przy tym regularnie zarówno kąt padania promieni słonecznych, jak i długość trwania dnia świetlnego. Wyznacznikami początków pór astronomicznych są daty równonocy wiosennej i jesiennej oraz przesilenia letniego i zimowego. Wraz ze zmianami długości dnia i intensywności promieniowania słonecznego na danym obszarze cyklicznie zmieniają się też temperatury powietrza. Na podstawie kryteriów termicznych wyróżnia się klimatyczne pory roku. Początki kolejnych pór wyznacza się według przyjętych progów termicznych, średniej dobowej temperatury powietrza. Dla Polski pierwszy, i dotąd najpowszechniej stosowany podział na 6 klimatycznych pór roku podał Eugeniusz Romer (1949) – tabela 3.2.

Tabela 3.2

Podział roku na pory klimatyczne według E. Romera

Przedwiośnie	Wiosna	Lato	Jesień	Przedzimy	Zima
0°C < t < 5°C	5°C < t < 15°C	t > 15°C	5°C < t < 15°C	0°C < t < 5°C	t < 0°C

Przedstawione podziały, choć oparte są na kryteriach mierzalnych, dają jednak tylko bardzo ogólny pogląd na przemiany zachodzące w przyrodzie danego regionu w cyklu rocznym. Biorąc pod uwagę różnorodność procesów biologicznych i złożoność wpływających na nie, a trudnych do zmierzenia czynników, Egon Ihne (1895) – niemiecki przyrodnik z uniwersytetu w Darmstadt, zaproponował dla środkowej Europy wydzielenie pór roku, dla których rolę swoistych „instrumentów pomiarowych” pełnią organizmy żywe – rośliny i zwierzęta. Nauką zajmującą się badaniem zjawisk zachodzących w przyrodzie ożywionej w powiązaniu ze zmiennymi czynnikami środowiska nazwano *fenologią* od greckich wyrazów: *phainesthai* – pojawiać się, i *logos* – nauka (Molga i Sokołowska 1963).

### Historia geologiczna obszaru Polski

Polska leży na styku trzech głównych tektonicznych jednostek europejskich – platformy prekambryjskiej, strefy starych fałdowań paleozoicznych (kaledonidy, hercynidy) oraz strefy młodego fałdowania alpejskiego. Platforma wschodnioeuropejska obejmuje północno-wschodnią część Polski. Jej krawędź, zwana *Teisseyre’a-Tornquista* (strefa T-T), rozciąga się od okolic Koszalina po Tomaszów Lubelski. Prekambryjskie skały magmowe i metamorficzne przykryte są pokrywą płasko zalegających skał osadowych z późniejszych okresów.

**Strefa Teisseyre’a-Tornquista** to strefa uskokowa. Jest to granica nieciągłości między jednostkami. Strefa ta zwana jest też strefą Gutercha. W południowo-wschodniej części kraju występuje szereg jednostek górno paleozoicznych, które są ułożone równolegle do strefy nieciągłości. W południowej części kraju mamy fragment fałdowań alpejskich (są to głównie Karpaty Zewnętrzne, fragment Karpat Wewnętrznych, Zapadlisko Przedkarpackie).

Strefę fałdowań paleozoicznych tworzą Sudety wraz z Blokiem Przed-sudeckim, Góry Świętokrzyskie oraz Niecka Górnośląska. Obszar od gór po platformę prekambryjską to tzw. platforma paleozoiczna, która obejmuje stare utwory fałdowe przykryte osadami młodszymi, lekko sfałdowanymi pod koniec mezozoiku. Należą do nich: Wał Środkowopolski, Niecka Brzeźna i Szczecińsko-Miechowska oraz Monoklina Przed-sudecka. Obecnie struktury te pokryte są utworami trzecio- i czwartorzędowymi. Strefa fałdowania alpejskiego w naszym kraju reprezentowana jest przez Karpaty oraz położone na północ od nich Zapadlisko Przedkarpackie.

**A.L. Wegener** na zebraniu Niemieckiego Towarzystwa Geologicznego we Frankfurcie nad Menem w 1912 roku ogłosił **teorię geotektoniczną** zakładającą wędrówkę kontynentów, zrywając z poglądem o stałym położeniu kontynentów i oceanów (opublikowana w formie książki w 1916 r.). Teoria ta rozwijała się. Obecnie mówi się o **teorii płyt litosfery**. Płyty podlegają wzajemnym ruchom. Ruch płyt powodują prądy konwekcyjne.

### Rodzaje ruchu płyt

Odpychanie płyt w strefie ryftów (najbliższy nam to ryft śródatlantyki – następuje tam stałe nadbudowywanie dna oceanicznego o 2,5 cm/rok) – wpływa to na przesuwanie płyty euroazjatyckiej i północnoamerykańskiej.

Zapadanie płyty afrykańskiej pod euroazjatycką – dwie płyty kontynentalne ścierają się ze sobą (płyta afrykańska zapada pod płytę euroazjatycką). Przesuwanie się płyt wynosi od jednego do kilku centymetrów rocznie.

**Okres prekambryjski (do 542 Ma)** – obejmuje dwa eony: archaik i proteozoik. Za jego początek uważa się czas powstania pierwszej skorupy ziemskiej – ok. 4,5 mld lat BP, zaś koniec nastąpił ok. 542 mln lat BP. Prekambr obejmuje ok. 85% dziejów Ziemi.

**Kambr (542–488 Ma)** – pierwszy okres w historii Ziemi o bogato rozwiniętym i zróżnicowanym świecie organicznym. Nastąpiło wtedy gwałtowne przyspieszenie ewolucyjne. Pojawiły się wszystkie typy zwierząt bezkręgowych. Zwierzęta bezkręgowce miały zdolność wytwarzania pancerzy, szkieletów, skorupki, muszli i innych elementów twardych, dzięki którym wiele z nich zachowało się jako skamieniałości. W kambrze miało zatem miejsce masowe pojawienie się licznych grup organizmów. Polska była fragmentem kontynentu Baltica, który oderwał się od Gondwany. Od południa oblewały go wody Oceanu Paleotetydy a od zachodu – Oceanu Iapetus.

**Ordowik (488–443 Ma) i Sylur (443–416 Ma)** – to dalszy bujny rozwój życia w wodach. Pojawiają się gatunki wodno-łądowe. Baltica wędruje dalej na północ i zderza się z kolejnym kontynentem. Zanika Ocean Iapetus. Tworzy się Laurussia. Polska wędruje na północ (rozciąga się między 5° S a 20° S). Większa część Polski zalana jest przez wody oceaniczne (głównie ocean głęboki). Na północnym wschodzie występują płytkie strefy brzegowe. Niektóre fragmenty Polski to wyspy lub półwyspy: Półwysep Mazurski, Półwysep Sławatycz, Wyspa Sudetów, Prakarpaty. W tym czasie nastąpił rozwój trylobitów. Zachodziły ruchy tektoniczne orogenezy kaledońskiej (fazy: sandomierska, łysogórska, krakowska) – w sylurze.

**Dewon (416–359 Ma)** – to okres dalszej migracji Polski na północ. Na przełomie górnego syluru i dolnego dewonu nastąpiło wypiętrzenie jednocześnie całego obszaru Polski. Z kolei w górnym dewonie miała miejsce ponowna transgresja morska, obejmująca głównie środkową jej część. Obszar

Polski znajdował się w strefie równikowej. W górnym dewonie nastąpił znaczny przyrost ilości gatunków lądowych. Był to okres znacznego ocieplenia klimatu, a więc i bujnego rozwoju życia w morzach (rafy koralowe) i na lądzie (rozwój flory). W krajobrazie dominowały luźno rosnące drzewa, skrzypy, widłaki, zarośla i paprocie.

**Karbon (359–299 Ma)** – rozszerza się transgresja morska (Polska środkowa i południowa). Polska wędruje na północ. Gondwana łączy się z Laurussią. Północno-wschodnia część Laurusii migruje dalej na północ ku zwrotnikowi. Główna faza orogenezy hercyńskiej obejmowała formowanie się podłoża platformy paleozoicznej zachodniej i środkowej Polski. Nastąpiło też ostateczne sfałdowanie Gór Świętokrzyskich i Sudetów. W górnym karbonie transgresja zaczęła ustępować, co powodowało sptyczenie zbiornika. Wtedy też nastąpił bujny rozrost flory lądowej – pojawiły się „puszcze równikowe” z ogromnymi widłakami, skrzypami i wysokimi paprociami drzewiastymi, które porastały płaskie i bagniste tereny, często w deltach rzek. Nagromadzony materiał organiczny utworzył dzisiejsze pokłady węgla kamiennego.

**Perm (299–251 Ma)** – to czas ruchów górnopaleozoicznych – całkowitego wydzwignięcia obszaru Polski. W permie uaktywniły się zjawiska wulkaniczne (ślady w Sudetach, na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej). Polska przesuwała się stale ku północy, wchodząc w strefę zwrotnikową (20–25° N). Nastąpiło wydzwignięcie obszaru Polski po orogenezie hercyńskiej. Klimat był gorący i suchy, co powodowało intensywną denudację. Na przełomie permu i mezozoiku miała miejsce kolejna transgresja ciepłego morza epikontynentalnego od północnego zachodu. Była to płytko transgresja w warunkach gorącego klimatu – morza te wysychały i tworzyły się pokłady soli kamiennej i potasowej (złoża zagłębia puckiego, kujawskiego, kłodowskiego).

**Trias (251–200 Ma)** – następuje zarysowanie, pęknięcie między Laurazją i Gondwaną, rozpad Pangei. Polska wędruje na północ. Na jej obszarze występują zbiorniki morskie. Polska przesuwa się między 25° N a 30° N. W środkowym triasie następuje transgresja płytkiego morza z północnego zachodu (objęła środkową i zachodnią Polskę), a w górnym triasie regresja morza i powstanie pokładów solnych w północno-zachodniej Polsce. Trias to czas rozwoju wielkich gadów.

**Jura (200–145) i Kreda (140–65 Ma)** – okres wielkich transgresji morskich (pierwsza – w jurze środkowej, następna – w jurze górnej). Objęły one niemal całą Polskę. Zalew następował od południa. Jedyne obszary lądowymi były izolowane wyspy (Sudety, Góry Świętokrzyskie, okolice Łeby). Nastąpił intensywny rozwój fauny morskiej. W górnej kredzie ustąpiły wielkie zalewy morskie, obszar Polski uległ podniesieniu w strefie południowej – fragment oceanu Tetydy. W strefie TT zarysował się płytki zbiornik morski.

Koniec kredy przyniósł katastrofę wielu gatunków wielkich gadów, które były zastępowane gadami znacznie mniejszymi.

**Przełom mezozoiku i kenozoiku** – zapadanie płyty afrykańskiej pod euroazjatycką – zamykanie geosynkliny Oceanu Tetyda. W górnej kredzie sfałdowanie obszaru tatrzańskiego. Nie ma jeszcze Beskidów i Bieszczadów.

**Paleogen (65–23 Ma)** – obejmuje: **Paleocen** – Polska migruje na północ i zbliża się do dzisiejszego położenia. Zalew oceanu od strony południowej (głęboki), płytki zalew morski od północy. Miejsce gadów zajmują ssaki, np. mastadonty. **Oligocen** – ponowne wypiętrzenie wyspy Tatr. Na północy ustępuje płytki zbiornik.

**Neogen (23–1,8 Ma)** – okres ten dzieli się na epoki: miocen i pliocen. **Miocen (23–5,3 Ma)** – ważny czas dla Karpat. Następuje ostateczne zamknięcie geosynkliny Oceanu Tetydy i sfałdowanie tych osadów, które to tworzą Karpaty Zewnętrzne (Beskidy, Bieszczady). Na przedpolu Karpat – reliktowy zbiornik morski (zbiornik Paratetydy). Uaktywnienie się zjawisk wulkanicznych. Odmłodzenie utworów z orogenezy hercyńskiej. Od Afryki odrywają się makropłyty. **Pliocen (5,3–1,8)** – centralną część Polski zajmuje rozległy zbiornik wodny o charakterze zastoiska, do którego spływają wody z północy i południa. Terytorium Polski osiąga aktualne położenie. Następuje stopniowe ochłodzenie klimatu, zwiastujące zlodowacenia.

**Plejstocen (ok. 2 mln lat temu)** – przez 1 mln lat następowało znaczne ochłodzenie klimatu. Kolejny milion lat to kolejne transgresje lądolodu na obszar Polski. Ochłodzenie powodowało zmiany globalne. Pojawiły się ssaki o dużych rozmiarach, np. niedźwiedź jaskiniowy.

### **Zlodowacenia według Branieckiej**

Początkowy okres plejstocenu (1mln lat) pozbawiony był transgresji lądolodu na obszar Polski. W okresie od ok. 1,9 mln lat temu do ok. 800 tys. lat temu mamy dwa okresy ochłodzeń: **okres zimny różce** (do ok. 1,6 mln lat temu) oraz **okres zimny otwock** (do ok. 1,2 mln lat temu). Między tymi dwoma ochłodzeniami był **okres ciepły – ponurzyca**.

**950 tys lat temu** – pierwsze zlodowacenie w Polsce. Było to **zlodowacenie Narwi** – objęło ono głównie północno-wschodnią Polskę, a także środkową. Zajęło najniższe wówczas obszary kraju. Teren zajęty przez to zlodowacenie ma największą miąższość osadów czwartorzędowych. Na przedpolu Wyżyny Lubelskiej było jeziorzysko zaporowe. Przedpole lodowca – strefa peryglacjalna (tundra). W Karpatach – tundra alpejska. Prawdopodobnie były też zlodowacone Tatry.

### **Interglacjał podlaski**

**Zlodowacenie Nidy** – objęło w całości obszar poprzedniego zlodowacenia oraz wtargnęło w najniższą część między Karpatami i Sudetami (Brama Morawska). W części wschodniej łądolód oparł się na pasie wyżyn polskich. Na przedpolu wzdłuż wyżyn tworzyły się zbiorniki zastoiskowe. Strefa peryglacialna została drastycznie zmniejszona – na zachodzie Polski była tundra, w Karpatach i Sudetach – tundra górską. Ponowne zlodowacenie Tatr.

### **Interglacjał małopolski**

**Zlodowacenie Sanu I** – lodowiec zajął niemal całą Polskę, łącznie z pasem wyżyn. Najwyższe pasma Gór Świętokrzyskich wystawały spod lodu w postaci nunataków. Łądolód Sanu nie przekroczył swoim zasięgiem zlodowacenia Nidy (Brama Morawska). Czoło całego łądolodu znacznie przesunęło się na południe. Tundra została ograniczona – obszar wyżyn. W Karpatach i Sudetach – tundra górską. Ponowne zlodowacenie Tatr.

**Zlodowacenie Sanu II** – w największym stopniu objęło Polskę. Łądolód dotarł do progu Pogórza Karpackiego oraz Sudetów, wpływając łobami w głąb wielkich dolin karpackich i do Kotliny Kłodzkiej. Spod lodu wystawały w postaci nunataków masyw Ślęży, fragmenty Gór Świętokrzyskich, a środkowa część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej była prawdopodobnie niedużą oazą. Zlodowacone były Tatry. Pod lodem były znaczne obszary Sudetów. W obszarach górskich Karpat – tundra alpejska.

### **Interglacjał mazowiecki**

**Zlodowacenie Odry** – pierwsze ze zlodowaceń środkowopolskich. W zachodniej części kraju miało ono bardzo podobny zasięg do zlodowacenia Wisły. Niemal w całości zajęte były Sudety. Lód wdarł się w Kotlinę Kłodzką i Bramę Morawską. Wolne od lodu były Karpaty, kotliny przedkarpackie oraz Wyżyny Małopolska i Lubelska. Łądolód wdarł się w dolinę Wisły. U zbiegu Wieprza i Sanu oraz w dolinie środkowego Wieprza – zbiorniki zastoiskowe. W Karpatach była tundra górską. Ponowne zlodowacenie Tatr.

**Zlodowacenie Warty** – miało znacznie mniejszy zasięg. Przebieg strefy marginalnej był zbliżony do równoleżnikowego. Maksymalny zasięg tego zlodowacenia to dolina Warty. Zlodowacenie to objęło tylko Niż Polski. Zlodowacone zostały Tatry.

**Zlodowacenie Wisły** – najmłodsze zlodowacenie. Jego maksymalny zasięg to faza leszczyńska. Lodowacenie to zwane jest też zlodowaceniem bałtyckim. Strefa marginalna – przebieg równoleżnikowy. Zasięg zlodowacenia na zachód od doliny Wisły był większy, a na wschód od doliny Wisły – cofnięty bardziej na północ. W środkowej części doliny Wisły – wielkie jeziora za-

stoiskowe. Znow nastąpiło zlodowacenie Tatr. Zlodowacone były też najwyższe partie Beskidów (Babia Góra) oraz Sudetów (Karkonosze). Podczas tego zlodowacenia miały miejsce największe przekształcenia rzeźby w obszarach górskich.

**Okolo 13 tys. lat temu** zlodowacenia zaczęły ustępować. Jedynie w najstarszym dryasie w północnej Polsce istniał obszar wód zastoiskowych. Zaczęła zmieniać się flora – w strefie peryglacjalnej była głównie tundra, natomiast w południowych częściach wyżyn i na Podkarpaciu – tundra z pojedynczymi drzewami. Zlodowacenia południowopolskie – **zlodowacenie Nidy i Narwi**.

Tabela 3.3

*Chronologia zlodowaceń czwartorzędowych*

Czas w tys. lat	Epoka	Polska nazwa
11	okres ciepły Holocen	okres ciepły holocen
70	zlodowacenie Wurm	zlodowacenie bałtyckie (Wisły)
125	okres ciepły Eem	okres ciepły ostatni lub eemski
200	zlodowacenie Riss	zlodowacenie środkowopolskie (Odry)
270	okres ciepły Holstein	okres ciepły mazowiecki
320	zlodowacenie Mindel	zlodowacenie południowopolskie (Sanu)
350	okres ciepły Cromer	okres ciepły przasnyski
400	zlodowacenie Gunz	zlodowacenie podlaskie (Narwi)

**Skutki zlodowaceń**

Zlodowacenia przekształcały rzeźbę dzięki swojej masie i naciskowi na podłoże. Osobną kwestią są osady i formy polodowcowe. Zlodowacenie Sanu II – zasięgiem nawiązywało do rzędnej wysokości 500 m n.p.m.

Zlodowacenia północnopolskie – rzędna 50 m n.p.m. Skutkiem wycofywania się ostatniego zlodowacenia jest bardzo urozmaicona rzeźba Polski.

**Pradoliny** – wielkie systemy odpływu wód lodowcowych. Powstawały na założeniach trzeciorzędowych. Były to pradoliny: Wrocławsko-Magdeburska, Głogowsko-Barucka, Warszawsko-Berlińska, Toruńsko-Eberswaldzka, Pomorska i Kaszubska – odpływ wód z ich terenu odbywał się w kierunku północno-zachodnim. Pradolina Biebrzy-Narwi – odpływ w kierunku południowo-zachodnim; pradolina Pilicy-Wieprza-Krzny – odpływ w kierunku północno-wschodnim; rynna podkarpacka – odpływ w kierunku południowo-wschodnim.

System pradolin w ostatnich okresach powodował odprowadzanie wód w kierunku równoleżnikowym (kierunek północny i północno-zachodni – jednak nie we wszystkich zlodowaceniach on dominował). Pradoliny są położone zawsze nieco bardziej na północ niż maksymalny zasięg zlodowacenia, z którym są związane. Im młodsze zlodowacenie, tym bardziej ujednolicony kierunek odpływu.

**Zlodowacenia górskie – formy:** doliny U-kształtne; pozostałości pola firnowego – kotły lodowcowe (np. Przedni Staw w Tatrach). Największe pole firnowe w Tatrach to Doliny Pięciu Stawów. Przedplejstocieńskie Tatry były podobne do dzisiejszych Beskidów.

#### **Polska w okresie ostatnich 13 tys. lat:**

- podział Starkla:
  - późny glacjał: 11 800–10 250 lat,
  - eoholocen: 10 250–8400 lat,
  - mezoholocen: 8400–5000 lat,
  - neoholocen: 5000 lat–do chwili obecnej;
- podział fitogeograficzny:
  - okres preborealny: 10 250–9300 lat,
  - okres borealny: 9300–8400 lat,
  - okres atlantycki: 8400–5000 lat,
  - okres subborealny: 5000–2800 lat,
  - okres subatlantycki: 2800 lat–do współczesności.

#### **Zmiany w okresie pomiędzy późnym glacjałem i wkraczaniem roślinności w holocenie:**

- **najstarszy dryas** – dominuje jeszcze tundra. Okres stosunkowo chłodny. Na ziemiach Polski dominują doliny rzeczne szerokie, w ich dnach płyną szerokie, wielokorytowe rzeki;
- **późny glacjał (Bolling)** – znaczne ocieplenie, wkraczanie roślinności innej niż w starszym dryasie. Tundra – na wysokich wzniesieniach Karpat i Sudetów. Środkowa i zachodnia część kraju – lasy brzoźowe. Część północna i wschodnia – tundra parkowa;
- **allerod** – większość obszaru Polski to gęsty las mieszany. Kulminacje Sudetów i Karpat – tundra górską;
- **młodszy dryas** – następuje ochłodzenie. Ustępują lasy mieszane. Dominuje lasostepotundra. Kotliny przedkarpaccie zajmuje luźny las mieszany. Północny zachód i wschód – tundra parkowa.

Wraz z ustępowaniem lądolodu zachodziły też zmiany niewidoczne (procesy wewnątrz Ziemi – do 1,5 km). Stopniowo zaczęła ustępować zmarzlina. Drastycznie wzrastała ilość wody w środowisku. Zmarzlina wytapiała się po-

woli. Wody musiały być odprowadzane – nastąpił wzrost ilości wody w środowisku i wzmożenie procesów związanych z dnem dolin. Intensywnie tworzyły się stożki napływowe. Następowало urozmaicenie den dolin, np. spychanie koryta rzek roztokowych przez stożki. Wraz z ociepleniem zmniejszała się ilość wody.

**Przełom plejstocenu i holocenu (lub późny plejstocen)** – zmiana układów koryt rzecznych z roztokowego na meandrujący. W holocenie dominują doliny meandrujące.

**Mapa roślinności potencjalnej** – w Polsce dominowałyby formacje leśne. Były to lasy mieszane – dębowo-grabowe oraz bukowe.

### 3.2. Ogólna charakterystyka zasobów wodnych

Polska należy niemal w całości do zlewiska Morza Bałtyckiego (99,5% powierzchni kraju). Z tego na dorzecze Wisły przypada ok. 55,7%, Odry – ok. 33,9%, na dorzecza rzek Pobrzeża Bałtyku – ok. 9,3%. Pozostałą część kraju zajmują: zlewisko Morza Czarnego (dorzecze Dunaju i Dniestru) – 0,2%, oraz zlewisko Morza Północnego (dorzecze Łaby) – 0,1% (Mikulski, 1963, 1965).

Podział zasobów wodnych jest zależny od ich użytkowania. Opady atmosferyczne zaspokajają przede wszystkim potrzeby gospodarki rolnej, leśnej. W umiarkowanych szerokościach geograficznych mamy przede wszystkim do czynienia z nadmiarem i niedoborem opadów, co determinuje sporządzanie oceny oraz bilansów wodnych dla monitorowanych obszarów. Za ich sporządzanie w Polsce odpowiada IMGW wraz z meteorologiczną służbą obserwacyjną. Dzięki danym z obserwacji pogody sporządza się prognozy dotyczące opadów atmosferycznych i tym samym ilości wody spadającej w regionie lub dorzeczu, ustalając wielkość zasobów wodnych możliwych do wykorzystania w gospodarce. Pomiary wielkości opadów atmosferycznych na obszarze Polski prowadzi się od wielu lat i rejestruje się w seriach wieloletnich (według założeń WMO jako miarodajny przyjmuje się co najmniej trzydziestoletni ciąg danych).

Na zasoby wodne składają się trzy rodzaje wód (Mikulski, 1996): opady (i osady) atmosferyczne, wody podziemne głębokie (które nie zasilają wód powierzchniowych) i wody powierzchniowe – objęte rocznym cyklem hydrologicznym. **Opady i osady atmosferyczne** dostarczają wody (wilgoci zawartej w atmosferze) bezpośrednio do odbiorcy – konsumenta. W polskich warunkach klimatycznych głównie wykorzystuje je rolnictwo i leśnictwo. Dopiero czasowy niedobór wód opadowych jest powodem sięgania tych dziedzin gospodarki po inne zasoby wodne. Opad atmosferyczny charakteryzuje się dużą zmiennością – zarówno czasową, jak i obszarową. Wielkości średnie opadów

z wielolecia (1981–1990) zawierają się w granicach od 585 do 658 mm (1961–1970), przy średniej wielkości wynoszącej 629 mm (1901–1990). **Wody podziemne głębokie** (zgodnie z prawem wodnym) są przeznaczone do zaopatrzenia ludności, głównie do celów konsumpcyjnych. Pobór tych wód nie może naruszać równowagi hydrodynamicznej (trwale obniżać poziomu wodonośnego). Według danych Państwowego Instytutu Geologicznego zasoby te wynoszą ok. 24 km<sup>3</sup> rocznie. Przy założeniu, że całkowity odpływ rzeczny wynosi ok. 60 km<sup>3</sup>, można wskazać, że udokumentowane zasoby wód podziemnych stanowią 40% odpływu rzeczego. **Wody powierzchniowe** (przeznaczone głównie dla przemysłu i do nawodnień) to roczna wielkość odpływu rzeczego, na którą składają się wody odpływu powierzchniowego i gruntowego (wody podziemne płytkie – zasilające wody powierzchniowe), a także odpływu jeziornego. **Odpływ rzeczny** (w zestawieniu rocznym) są to zasoby wodne brutto na potrzeby gospodarki narodowej. Zasoby netto oblicza się, odejmując od wielkości przepływu rocznego rzeczego wielkość przepływu nienaruszalnego. Przeprowadzona przez służbę hydrologiczno-meteorologiczną analiza zmienności odpływu rzeczego z obszaru Polski w okresie 1901–1990 wykazuje, że wieloletni przebieg odpływu jest dość stały, przy dużej zmienności w poszczególnych latach (Fal, 1993). Wartość średnia w tym okresie wynosi ok. 61,5 km<sup>3</sup>.

### 3.3. Ochrona środowiska przyrodniczego

Każda z form ochrony środowiska przyrodniczego spełnia inną rolę w polskim systemie ochrony przyrody i służy innym celom, dlatego charakteryzuje się odmiennym reżimem ochronnym oraz zakresem ograniczeń w użytkowaniu (pełne zestawienie form ochrony przyrody w Polsce – tab. 3.4).

Ustawa o ochronie przyrody wyróżnia następujące jej formy:

1. Parki narodowe – obejmują obszar wyróżniający się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, społecznymi, kulturowymi i edukacyjnymi, o powierzchni nie mniejszej niż 1000 ha, na którym ochronie podlega cała przyroda oraz walory krajobrazowe. Park narodowy tworzy się w celu zachowania różnorodności biologicznej, zasobów, tworów i składników przyrody nieożywionej oraz walorów krajobrazowych, przywrócenia właściwego stanu zasobów i składników przyrody, a także odtworzenia zniekształconych siedlisk przyrodniczych, siedlisk roślin, siedlisk zwierząt lub siedlisk grzybów.

2. Rezerваты przyrody – obejmują obszary zachowane w stanie naturalnym lub mało zmienionym, ekosystemy, ostoje i siedliska przyrodnicze, a także siedliska roślin, siedliska zwierząt i siedliska grzybów oraz twory i składniki przyrody nieożywionej wyróżniające się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, kulturowymi lub walorami krajobrazowymi.

3. Parki krajobrazowe – obejmują obszar chroniony ze względu na wartości przyrodnicze, historyczne i kulturowe oraz walory krajobrazowe w celu zachowania, popularyzacji tych wartości w warunkach zrównoważonego rozwoju.

4. Obszary chronionego krajobrazu – obejmują tereny chronione ze względu na wyróżniający się krajobraz, o zróżnicowanych ekosystemach, wartościowe ze względu na możliwość zaspokajania potrzeb związanych z turystyką i wypoczynkiem lub pełnioną funkcją korytarzy ekologicznych.

5. Obszary Natura 2000 – to najmłodsza z form ochrony przyrody, wprowadzona w Polsce w 2004 roku jako jeden z obowiązków związanych z przystąpieniem do Unii Europejskiej. Obszary Natura 2000 powstają we wszystkich państwach członkowskich, tworząc Europejską Sieć Ekologiczną Natura 2000. Celem jest objęcie ochroną ok. 200 najcenniejszych i zagrożonych wyginięciem siedlisk przyrodniczych i ponad 1000 rzadkich i zagrożonych gatunków. Unikalność tej formy ochrony przyrody polega na tym, że kraje członkowskie tworzą sieć na podstawie jednakowych założeń określonych w prawie i wytycznych Unii Europejskiej, zarządzają nią przy zastosowaniu podobnych instrumentów, wspólnie troszczą się o odpowiednie środki finansowe i jej promocję.

6. Pomniki przyrody – to pojedyncze twory przyrody żywej i nieożywionej lub ich skupiska o szczególnej wartości przyrodniczej, naukowej, kulturowej, historycznej lub krajobrazowej oraz odznaczające się indywidualnymi cechami, wyróżniającymi je wśród innych tworów, okazałych rozmiarów drzewa, krzewy gatunków rodzimych lub obcych, źródła, wodospady, wywieziska, skałki, jary, głazy narzutowe oraz jaskinie. Na terenach niezabudowanych, jeżeli nie stanowi to zagrożenia dla ludzi lub mienia, drzewa stanowiące pomniki przyrody podlegają ochronie aż do ich samoistnego, całkowitego rozpadu.

7. Stanowiska dokumentacyjne – są to niewyodrębniające się na powierzchni lub możliwe do wyodrębnienia, ważne pod względem naukowym i dydaktycznym miejsca występowania formacji geologicznych, nagromadzeń skamieniałości lub tworów mineralnych, jaskinie lub schroniska podskalne wraz z namuliskami oraz fragmenty eksploatowanych lub nieczynnych wyrobisk powierzchniowych i podziemnych. Stanowiskami dokumentacyjnymi mogą być także miejsca występowania kopalnych szczątków roślin lub zwierząt.

8. Użytki ekologiczne – są to zasługujące na ochronę pozostałości ekosystemów mających znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej: naturalne zbiorniki wodne, śródpolne i śródleśne oczka wodne, kępy drzew i krzewów, bagna, torfowiska, wydmy, płaty nieużytkowanej roślinności, sta-

rorzecza, wychodnie skalne, skarpy, kamieńce, siedliska przyrodnicze oraz stanowiska rzadkich lub chronionych gatunków roślin, zwierząt i grzybów, ich ostoje oraz miejsca rozmnażania lub miejsca sezonowego przebywania.

9. Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe – są to fragmenty krajobrazu naturalnego i kulturowego zasługujące na ochronę ze względu na ich walory widokowe lub estetyczne.

Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów ma na celu zapewnienie przetrwania i właściwego stanu ochrony dziko występujących na terenie kraju lub innych państw członkowskich Unii Europejskiej rzadkich, endemicznych, podatnych na zagrożenia i zagrożonych wyginięciem oraz objętych ochroną na podstawie przepisów umów międzynarodowych, których Rzeczpospolita Polska jest stroną, gatunków roślin, zwierząt i grzybów oraz ich siedlisk i ostoi, a także zachowanie różnorodności gatunkowej i genetycznej. W celu ochrony ostoi i stanowisk roślin lub grzybów objętych ochroną gatunkową lub ostoi, miejsc rozrodu i regularnego przebywania zwierząt objętych ochroną gatunkową mogą być ustalane strefy ochrony.

W celu ochrony różnorodności biologicznej sporządzane są również czerwone księgi i listy gatunków zagrożonych. Publikowana przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN) lista zagrożonych wyginięciem gatunków organizmów ukazała się po raz pierwszy w roku 1963. Czerwone listy IUCN publikowane są corocznie i stanowią dobre źródło informacji na temat ilości zagrożonych gatunków, jak i stopnia ich zagrożenia.

**Polska Czerwona Księga Zwierząt** to rejestr wybranych zagrożonych gatunków zwierząt na terenie Polski, stworzony na wzór międzynarodowej *Czerwonej Księgi Gatunków Zagrożonych*. Zawiera listę ginących gatunków zwierząt z dokładnym ich opisem i mapami rozmieszczenia. Określa także stopień zagrożenia poszczególnych gatunków, rzadkość ich występowania oraz stosowane i proponowane sposoby ochrony. Dla Polski księgę tę opracowuje Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, przy współpracy z kilkudziesięcioma naukowcami z całej Polski. Ostatnie wydanie *Czerwonej Księgi Kręgowców* jest z 2001 roku, a *Czerwonej Księgi Bezkręgowców* z roku 2004.

Tabela 3.4

## Zestawienie form ochrony przyrody w Polsce

Lp.	Nazwa formy ochrony	Liczba obiektów
1.	Parki narodowe	23
2.	Rezerваты przyrody	1479
3.	Parki krajobrazowe	122
4.	Obszary chronionego krajobrazu	395
5.	Obszary Natura 2000	145 – obszary specjalnej ochrony ptaków (PLB) 845 – specjalne obszary ochrony siedlisk (PLH)
6.	Pomniki przyrody	36 353
7.	Stanowiska dokumentacyjne	171
8.	Użytki ekologiczne	7090
9.	Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe	287
10.	Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów	715 gatunków roślin 322 gatunki grzybów 799 gatunków zwierząt

Źródło: dane w punktach 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10 tabeli – dane Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (punkt 10 stan na styczeń 2015 r. – dane dotyczą gatunków rodzimych, punkty 1, 2, 3, 4 – stan na grudzień 2014 r., punkt 5 – stan na 21 listopada 2012 r., punkty 7, 9 – dane w trakcie aktualizacji) dane w punktach 6, 8 tabeli opracowane na podstawie materiału *Ochrona Środowiska 2014* Głównego Urzędu Statystycznego.

**CENTRALNY REJESTR FORM OCHRONY PRZYRODY**

Województwo: zachodniopomorskie  
Powiat: kamieński  
Gmina: Międzyzdroje - miasto

#	Forma ochrony	Nazwa	Województwo	Data utworzenia
1	pomnik przyrody	APOSTOŁ	zachodniopomorskie	2004-03-06
2	pomnik przyrody	APTEKARZ	zachodniopomorskie	2004-03-06
3	pomnik przyrody	BARMIN	zachodniopomorskie	2004-03-06
4	pomnik przyrody	BIELKI (1)	zachodniopomorskie	2004-03-06
5	pomnik przyrody	BIELKI (2)	zachodniopomorskie	2004-03-06
6	pomnik przyrody	Bólko	zachodniopomorskie	2004-03-06
7	pomnik przyrody	BUKI Górska (1)	zachodniopomorskie	2004-03-06
8	pomnik przyrody	BUKI Górska (2)	zachodniopomorskie	2004-03-06
9	pomnik przyrody	BUKI Górska (3)	zachodniopomorskie	2004-03-06
10	pomnik przyrody	BURSZTYN	zachodniopomorskie	2004-03-06

Źródło: <http://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/>.

Ryc. 3.1. Wizualizacja strony będącej rejestrem form ochrony przyrody w Polsce (Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska)

**Polska Czerwona Księga Roślin** – analogicznie do Czerwonej Księgi Zwierząt zawiera listę ginących gatunków roślin z opisem biologii, występowania, zagrożeń i sposobów ochrony. Zawarte w niej informacje ilustrują zarówno stopień zagrożenia flory, jak i stan rozeznania tego zjawiska. *Czerwona Księga Roślin* została opracowana przez Instytut Botaniki PAN i Instytut Ochrony Przyrody PAN. Ostatnie wydanie jest z 2014 roku. Opublikowana została również *Czerwona Księga Karpat Polskich* (2008), która opisuje zagrożone rośliny naczyniowe.

**Czerwone listy zwierząt, roślin i grzybów Polski** – to listy gatunków zagrożonych wyginięciem obejmujące zarówno zwierzęta, rośliny, jak i grzyby. Zawierają pełny rejestr gatunków zagrożonych wraz z ich klasyfikacją do odpowiedniej kategorii zagrożenia, jednak w odróżnieniu od czerwonych ksiąg nie opisują poszczególnych gatunków. Ostatnie wydanie *Czerwonej Listy Roślin i Grzybów Polski*, wydanej przez Instytut Botaniki PAN, pochodzi z 2006 roku.

**Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody** – prowadzenie go wynika z art. 113 ust. 1 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, zgodnie z którym pozostaje on w kompetencjach Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska. Rejestr stanowiący bazę form ochrony przyrody w chwili obecnej jest w trakcie aktualizowania w oparciu o dane pochodzące z rejestrów prowadzonych przez regionalnych dyrektorów ochrony środowiska oraz inne organy odpowiedzialne za ochronę przyrody.

#### **Wybrane akty prawne związane z ochroną przyrody w Polsce:**

- ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (tekst ujednolicony, uwzględniający nowelizacje),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt,
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin,
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej grzybów,
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2011 r. w sprawie listy roślin i zwierząt gatunków obcych, które w przypadku uwolnienia do środowiska przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym,
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 sierpnia 2011 r. w sprawie gatunków zwierząt niebezpiecznych dla życia i zdrowia ludzi.

#### **Wybrane akty prawa unijnego:**

- dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (tzw. dyrektywa siedliskowa),

- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (tzw. dyrektywa ptasia),
- dyrektywa rady 99/22/WE z dnia 29 marca 1999 r. dotycząca trzymania dzikich zwierząt w ogrodach zoologicznych,
- dyrektywa rady 83/129/EWG z dnia 28 marca 1983 r. dotycząca przywozu do państw członkowskich skór niektórych gatunków szczeniąt focznych oraz otrzymywanych z nich wyrobów,
- rozporządzenie rady (WE) nr 338/97 z dnia 9 grudnia 1996 r. w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi (wersja uwzględniająca wszystkie dotychczasowe zmiany poza najnowszą aktualizacją aneksów, jednak zawierająca wiele błędów tłumaczenia i pozbawiona diakrytyzowania części liter),

Council Regulation (EC) No 338/97 of 9 December 1996 on the protection of species of wild fauna and flora by regulating trade therein (tekst angielski – nie zawiera licznych błędów obecnych w polskim tłumaczeniu),

- rozporządzenie Komisji (UE) nr 1320/2014 z dnia 1 grudnia 2014 r. zmieniające rozporządzenie Rady (WE) nr 338/97 w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi (w tym akcie znajduje się lista gatunków objętych ograniczeniami UE dot. handlu i zarobkowego wykorzystywania, obowiązująca od 10 sierpnia 2013 r.),

- rozporządzenie Komisji (WE) nr 865/2006 z dnia 4 maja 2006 r. ustanawiające przepisy wykonawcze do rozporządzenia Rady (WE) nr 338/97 w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi (wersja ujednolicona, uwzględniająca dotychczasowe zmiany),

- rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 792/2012 z dnia 23 sierpnia 2012 r. ustanawiające reguły dotyczące wzorów zezwoleń, świadectw i innych dokumentów przewidzianych w rozporządzeniu Rady (WE) nr 338/97 w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi oraz zmieniające rozporządzenie Komisji (WE) nr 865/2006 (aktualne wzory wniosków, świadectw i zezwoleń CITES i wspólnotowych),

Commission Regulation (EC) No 865/2006 of 4 May 2006 laying down detailed rules concerning the implementation of Council Regulation (EC) No 338/97 on the protection of species of wild fauna and flora by regulating trade therein (tekst angielski – nie zawiera większości błędów obecnych w polskim tłumaczeniu, wersja ujednolicona),

- rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 2015/736 z dnia 7 maja 2015 r. zakazujące wprowadzania do Unii okazów niektórych gatunków dzikiej fauny i flory,

- rozporządzenie Rady (EWG) nr 348/81 z dnia 20 stycznia 1981 r. w sprawie wspólnych zasad przy przywozie wielorybów lub innych produktów otrzymywanych z waleni,
- rozporządzenie Rady (EWG) nr 3254/91 z dnia 4 listopada 1991 r. zakazujące używania potrzasków we Wspólnocie oraz wprowadzania do Wspólnoty skór i innych towarów wytwarzanych z niektórych gatunków dzikich zwierząt, pochodzących z państw, w których chwyta się je za pomocą potrzasków lub metod odłowu niespełniających międzynarodowych norm odłowu humanitarnego,
- rozporządzenie Komisji (WE) nr 1771/94 z dnia 19 lipca 1994 r. ustanawiające przepisy dotyczące wprowadzania do Wspólnoty skór i towarów wytwarzanych z niektórych gatunków dzikich zwierząt,
- rozporządzenie Komisji (WE) nr 35/97 z dnia 10 stycznia 1997 r. ustanawiające przepisy dotyczące certyfikacji skór i towarów objętych rozporządzeniem Rady (EWG) nr 3254/91,
- rozporządzenie Komisji (WE) nr 1100/2007 z dnia 18 września 2007 r. ustanawiające środki służące odbudowie zasobów węgorka europejskiego,
- rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1007/2009 z dnia 16 września 2009 r. w sprawie handlu produktami z fok,
- rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 995/2010 z dnia 20 października 2010 r. ustanawiające obowiązki podmiotów wprowadzających do obrotu drewno i produkty z drewna,
- zalecenie Komisji z dnia 13 czerwca 2007 r. określające działania dotyczące wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 338/97 w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi,
- wyrok ETS z dnia 16 lipca 2009 r. w sprawie C-344/08 dotyczący wykładni art. 8 ust. 5 rozporządzenia Rady (WE) nr 338/97 z dnia 9 grudnia 1996 r. w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi,
- omówienie wyroku ETS nr C-344/08.

#### **Wybrane akty prawa międzynarodowego:**

- konwencja o międzynarodowym handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wyginięciem (CITES), załączniki do CITES (wersja obowiązująca od 22 maja 2009 r.),
- konwencja o ochronie wędrownych gatunków dzikich zwierząt (CMS).

## 4. Zagrożenia meteorologiczne

Ekstremalne zjawiska meteorologiczne nie są czymś wyjątkowym. Niemal nieustannie dochodzą do nas wieści na ich temat za pośrednictwem mediów lub coraz częściej sami jesteśmy świadkami różnych nieszczęść wywoływanych przez siły przyrody. Niestety, ludzie czasem sami „prowokują” przyrodę. Gwałtowna urbanizacja i industrializacja, połączona z niewłaściwym zagospodarowaniem ziemi, uszczuplaniem zasobów naturalnych, zanieczyszczeniem gleb, powietrza, rzek i oceanów sprzyja powstawaniu przyszłych zagrożeń i katastrof. Istnieje wiele definicji i klasyfikacji zagrożeń i katastrof naturalnych. Na ogół są one określane jako wydarzenia skoncentrowane w czasie i przestrzeni, podczas których dochodzi do strat ludzkich i materialnych. Ich zakres i charakter jest różny – od takich, które można przewidzieć, do całkowicie nieoczekiwanych, od spowodowanych czynnikami naturalnymi do wspomaganých działalnością człowieka. Stopień ich natężenia i niszczące skutki określa się z reguły liczbą ofiar, ilością osób dotkniętych żywiołem bądź szacunkiem strat ekonomicznym. Pomimo osiągnięć w zakresie nowych technologii informacyjnych i satelitarnych, pozwalających na tworzenie nowoczesnych systemów monitoringu i ostrzegania, można jedynie mówić o próbach minimalizacji skutków występowania zagrożeń, dlatego środowisko wymusza na nas pokorę i szacunek przed żywiołami przyrody, przed którymi nie jesteśmy w stanie się w pełni zabezpieczyć. Podczas opracowania depesz tekstowych przekazywanych do wojewódzkich struktur zarządzania kryzysowego przewiduje się trzy stopnie zagrożenia w przypadku prognozowania wystąpienia niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych i hydrometeorologicznych (tab. 4.1).

Tabela 4.1

*Stopnie zagrożenia w zależności od kryteriów wydawania ostrzeżenia meteorologicznego dla poszczególnych zjawisk meteorologicznych*

<b>Stopień zagrożenia:</b> <b>1</b>	Najniższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b> . Gdy przewiduje się wystąpienie niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych, które mogą powodować szkody materialne, możliwe zagrożenie życia. Prowadzenie działalności w warunkach narażenia na działanie niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych jest utrudnione i niebezpieczne. Zalecana ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.
--	---

<p><b>Stopień zagrożenia:</b></p> <p><b>2</b></p>	<p>Wyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b>. Gdy przewiduje się wystąpienie niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych powodujących duże straty materialne i zagrożenie życia. Niebezpieczne zjawiska w silnym stopniu ograniczają prowadzenie działalności. Zalecana ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.</p>
<p><b>Stopień zagrożenia:</b></p> <p><b>3</b></p>	<p>Najwyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b>. Gdy przewiduje się wystąpienie niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych powodujących bardzo duże szkody lub szkody o rozmiarach katastrofy oraz zagrożenie życia. Niebezpieczne zjawiska uniemożliwiają prowadzenie działalności. Zalecana najwyższa ostrożność, potrzeba częstego śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.</p>

Źródło: PIB Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

## 4.1. Wiatr o dużych prędkościach

*Instrukcja dla stacji meteorologicznych* (IMGW, 1988) określa wiatr jako „Pozorny ruch powietrza względem powierzchni Ziemi. Wiatr charakteryzuje się kierunkiem i prędkością. Za kierunek uważa się tę stronę świata, z której wieje wiatr. Prędkość wiatru jest to odległość, jaką przebywają cząstki powietrza w jednostce czasu”.

W sytuacji gdy rzeźba terenu nie stanowi wyraźnego czynnika zakłócającego, kierunki wiatru notowane w przyziemnej warstwie atmosfery są głównie uzależnione od kierunku i prędkości przemieszczania się układów barycznych. O kierunku i prędkości wiatru decyduje również rozkład pola ciśnienia atmosferycznego i sił oddziałujących na cząsteczki powietrza. Do najważniejszych z nich należy siła gradientu barycznego ( $G$ ) oraz siła Coriolisa ( $A$ ), a także w mniejszym stopniu siła odśrodkowa ( $C$ ), na której wartość wpływa ruch obrotowy Ziemi. W warunkach urozmaiconej rzeźby duży wpływ na prędkość wiatru wywiera również siła tarcia ( $R$ ), która zależy od występowania przeszkód orograficznych oraz „szorstkości” terenu. Na powierzchni Ziemi ciśnienie zmienia się w zależności od rozkładu temperatury, położenia układów barycznych, ruchu obrotowego i obiegowego naszej planety itd., zatem siły mające wpływ na zmienność kierunku i prędkości wiatru można wyrazić poniższymi równaniami.

W wyniku różnicy ciśnienia na powierzchni Ziemi powstaje siła gradientu barycznego  $G$ :

$$G = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dn}, \quad [4.1]$$

gdzie:

$dp$  – różnica ciśnienia między izobarami wyrażona w hPa,  
 $dn$  – różnica odległości między izobarami wyrażona w km,  
 $\rho$  – gęstość powietrza.

Siła  $G$  jest skierowana prostopadle do izobar – od ciśnienia wyższego do niższego. Im bliżej siebie leżą izobary, tym większa jest różnica ciśnienia na jednostkę odległości i tym większa będzie prędkość wiatru.

Oprócz siły gradientu barycznego na cząstkę powietrza znajdującą się w ruchu działa siła Coriolisa  $A$ :

$$A = 2\omega \sin \varphi V, \quad [4.2]$$

gdzie:

$\omega$  – prędkość kątowna Ziemi,  
 $V$  – prędkość cząstki powietrza,  
 $\sin$  – szerokość geograficzna.

Powstaje ona w wyniku ruchu obrotowego Ziemi i powoduje odchylenie poruszającej się cząstki powietrza w prawo na półkuli północnej i w lewo na półkuli południowej. Wiatr taki, który powstaje przy udziale dwóch sił, a cząstki powietrza poruszają się prostoliniowo, nazywa się wiatrem geostroficznym.

Przy izobarach krzywoliniowych, tj. w układach barycznych (cyklonie, antycyklonie) działa siła odśrodkowa  $C$ , która wraz z siłą Coriolisa równoważy siłę gradientu barycznego i cząstka powietrza porusza się równoległe do krzywizny izobar. Wiatr taki nazywa się wiatrem gradientowym:

$$C = \frac{V^2}{r}, \quad [4.3]$$

gdzie:

$V$  – prędkość wiatru,  
 $r$  – promień krzywizny trajektorii poruszającego się powietrza.

W układach barycznych przy powierzchni Ziemi oprócz wyżej wymienionych sił działa jeszcze siła tarcia  $R$ :

$$R = -kV, \quad [4.4]$$

gdzie:

$k$  – współczynnik tarcia,

$V$  – prędkość wiatru.

Tarcie istniejącemu już ruchowi powietrza daje ujemne przyspieszenie, zmniejsza prędkość, a także zmienia kierunek ruchu. Z chwilą gdy nastąpi równowaga sił, powietrze płynie pod pewnym kątem do izobar – od ciśnienia o wartości wyższej do ciśnienia o wartości niższej. Każda znajdująca się na drodze wiatru przeszkoda zakłóca jego pole. Dotyczy to przeszkód wielkoskalowych (np. grzbiety górskie) oraz małoskalowych (np. zabudowania, lasy itd.).

Tabela 4.2

*Ośmiostopniowa skala kierunków wiatru*

Skrót	Kierunek wiatru	Azymut wiatru
N	północny	360°
NE	północno-wschodni	45°
E	wschodni	90°
SE	południowo-wschodni	135°
S	południowy	180°
SW	południowo-zachodni	225°
W	zachodni	270°
NW	północno-zachodni	315°

Kierunek wiatru określa się albo według stron świata na ośmiostopniowej (tab. 4.2) lub szesnastostopniowej skali „róży wiatrów” (tab. 4.3) albo azymutem wiatru, tj. miarą wielkości kąta między północą geograficzną a kierunkiem, skąd wiatr wieje.

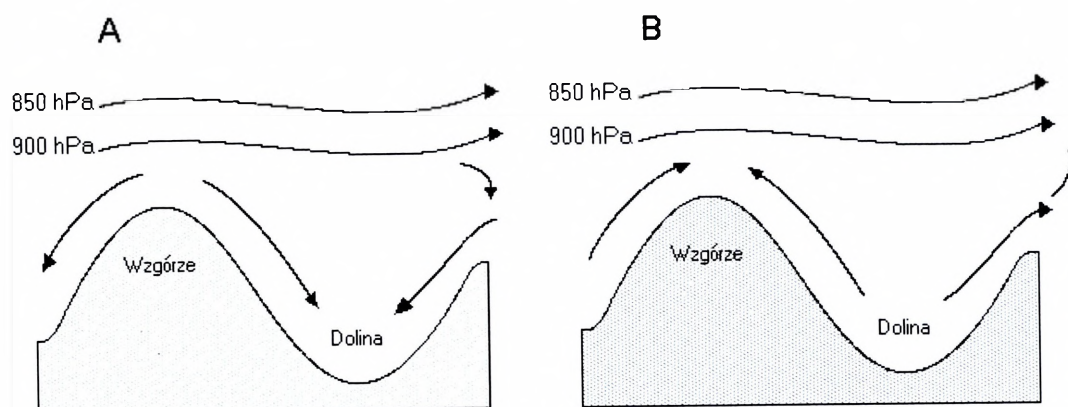
Tabela 4.3

## Szesnastostopniowa skala kierunków wiatru

Skrót	Kierunek wiatru	Azymut wiatru
N	północny	360°
NNE	północno-północno-wschodni	22,5°
NE	północno-wschodni	45°
ENE	wschodnio-północno-wschodni	67,5°
E	wschodni	90°
ESE	wschodnio-południowo-wschodni	112,5°
SE	południowo-wschodni	135°
SSE	południowo-południowo-wschodni	157,5°
S	południowy	180°
SSW	południowo-południowo-zachodni	202,5°
SW	południowo-zachodni	225°
WSW	zachodnio-południowo-zachodni	247,5°
W	zachodni	270°
WNW	zachodnio-północno-zachodni	292,5°
NW	północno-zachodni	315°
NNW	północno-północno-zachodni	337,5°

Każda przeszkoda odchyła kierunek prądu powietrza, który musi ją omijać bokami albo przepływać ponad nią. Gdy przeszkoda leży prostopadle do kierunku strugi powietrza (np. masyw górski), to zgodnie z zasadą ciągłości ruchu cieczy i gazów (prawo Bernoulliego) prędkość przepływu nad wzniesieniami wzrasta, natomiast napotykając wklęsłości (doliny, kotliny, koryta rzeczne), prędkość przepływu maleje. Optywając przeszkodę, wiatr przed nią słabnie, natomiast wzmacnia się z jej boków. Za przeszkodą siła wiatru się zmniejsza, tworzy się „cień wiatrowy”. Wiatr wzmacnia się na sile, gdy powietrze przemieszcza się wzdłuż zwężającego się łóżyska orograficznego, wywołanego zagęszczeniem linii prądów. Kierunek i prędkość wiatru przy powierzchni ziemi jest silnie modyfikowany poprzez warunki fizyczno-geograficzne, takie jak nierówności terenu, różny stopień nagrzewania się powierzchni ziemi, czy nawet różnorodność szaty roślinnej. Powietrze poruszające się w kierunku poziomym napotyka na różne przeszkody, np. góry, i albo je omija, albo tworzy orograficzne prądy wstępujące. Odmienne warunki ruchów mas powietrza występują na morzu, gdzie z kolei powietrze może przepływać swobodnie i osiągać większe prędkości.

Ze względu na miejscowe warunki powstają wiatry lokalne, z których najbardziej znane to: wiatr dolinny i górski, bryza, fen, wichura, huragan. Niektóre z nich mają dodatkowo własne nazwy.



Ryc. 4.1. Schemat powstawania wiatru dolinnego (A) i górskiego (B)

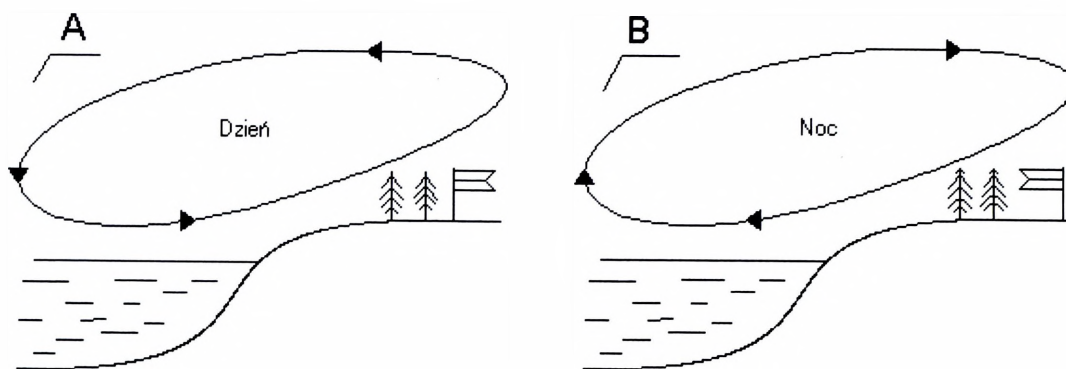
Bora na Adriatyku i mistral w dolinie Rodanu stanowią przykłady wiatrów lokalnych szczególnie uciążliwych ze względu na ich prędkość i chłód. Föhn w Szwajcarii i halny w Tatrach jest przykładem ciepłego wiatru o bardzo niskiej zawartości pary wodnej w powietrzu. Nie każdy wiatr lokalny jest przedmiotem zainteresowania meteorologów. Istnieją natomiast wiatry o szerszym znaczeniu badawczym.

**Wichura** to wiatr pojawiający się najczęściej nad morzem lub w górach. Jego prędkość średnia przekracza 20 m/s. Łamie drzewa, zrywa dachy. Na morzu powoduje wysokie fale.

**Huragan** to wiatr o bardzo dużej prędkości przekraczającej 33 m/s. Występuje najczęściej na morzu. Morze przy tym jest bardzo mocno wzburzone, fale osiągają olbrzymie wysokości, a gęsta piana na wodzie i wodny aerozol w powietrzu ograniczają widzialność do minimum. Sporadycznie występuje również nad lądem, z tym że raczej w górach.

**Wiatr dolinny** (ryc. 4.1 A) powstaje na obszarach górskich w ciągu dnia na skutek różnic w nagrzewaniu się powietrza na zboczach. Owo zróżnicowanie temperatur wywołuje krążenie powietrza. Ogrzane powietrze staje się lżejsze i zmuszone jest unieść się po zboczu. Na jego miejsce napływa chłodne powietrze z dolin.

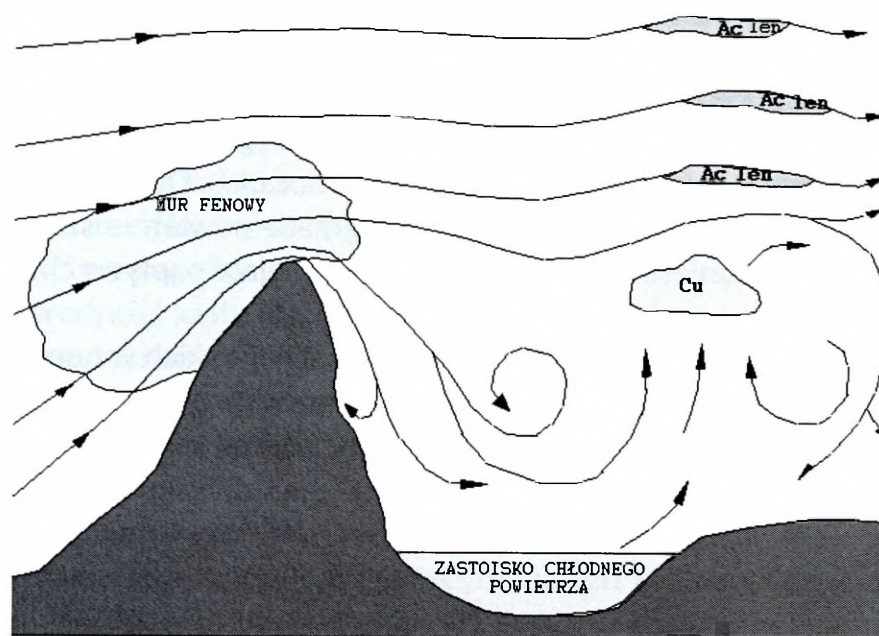
**Wiatr górski** (ryc. 4.1 B) powstaje na obszarach górskich w nocy wskutek ochładzania się powietrza na zboczach gór przez wypromieniowanie ciepła. Powietrze ochłodzone w taki sposób staje się cięższe i sphywa w dół zbocza jako wiatr górski.



Ryc. 4.2. Schemat powstawania bryzy morskiej (A) i bryzy lądowej (B)

**Bryza** (ryc. 4.2) to wiatr, który występuje nad brzegami mórz i wielkich jezior. W ciągu dnia, gdy ląd się nagrzewa, wiatr wieje od morza ku lądowi. Ogrzane powietrze unosi się, a na jego miejsce napływa powietrze z nad morza, które nad powierzchnią wody ogrzewa się wolniej. W nocy, kiedy ląd szybko się ochładza i morze jest cieplejsze, występuje cyrkulacja odwrotna.

**Fen** (w Polsce halny) to ciepły i suchy wiatr (ryc. 4.3), który powstaje przy przepływie powietrza przez wysokie przeszkody górskie (Alpy, Tatry). Wstępujące powietrze, w którym tworzy się zachmurzenie i opady, na stronie nawietrznej ochładza się zgodnie z gradientem wilgotnoadiabaticznym o  $0,6^{\circ}\text{C}$  na 100 m, ale przy opadaniu na stronie zawietrznej ogrzewa się według gradientu suchoadiabaticznego  $0,1^{\circ}\text{C}$  na 100 m. W ten sposób powietrze się ociepla.

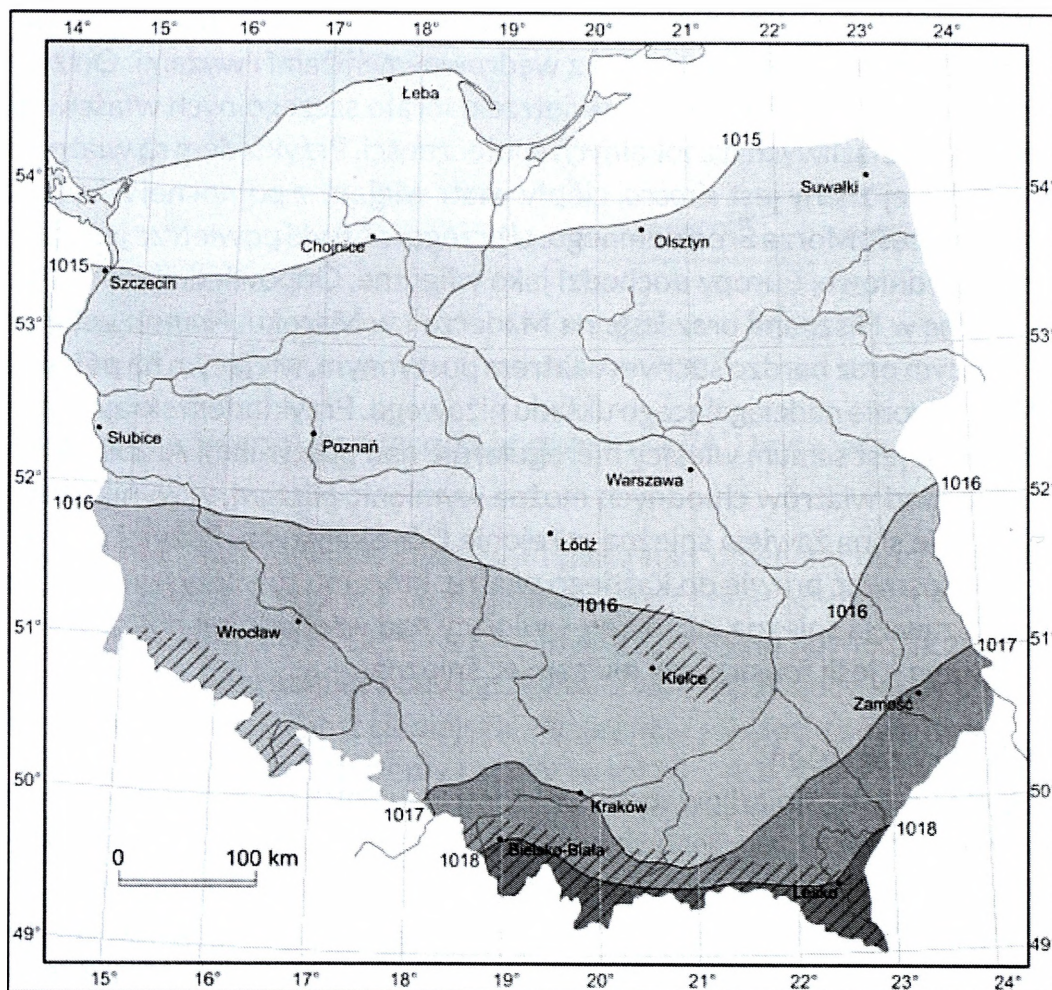


Ryc. 4.3. Schemat powstawania wiatru fenowego (halny w Tatrach)  
Ac ien – rodzaj chmury altocumulus, Cu – chmura cumulus

Wiele wiatrów noszących własne nazwy stanowi składową część ogólnej cyrkulacji atmosfery związanej z wędrownymi niżami i wyżami. Otrzymały one swoje nazwy dlatego, że powietrze nabrało szczególnych właściwości, przeważnie uciążliwych dla lokalnych społeczności. Przykładem są wiatry ciepłe – najlepiej znany jest *sirocco*, ciepły wiatr wiejący z północnej Afryki nad środkową część Morza Śródziemnego. U brzegów Afryki powietrze jest suche, ale do południowej Europy dochodzi jako wilgotne. Odpowiednikiem *sirocco* jest *leveche* w Hiszpanii oraz *leste* na Maderze i w Maroku. *Hamsin* w Egipcie jest gorącym oraz bardzo suchym wiatrem pustynnym, wiejącym na północ po czołowej stronie nadciągającego układu niżowego. Przykładem skrajnie gorącego wiatru jest *samum* wiejący nieregularnie nad pustyniami Arabii i Afryki. Jako przykład wiatrów chłodnych można wymienić *blizzard*, w wyniku którego powstaje silna zawieja śnieżna w rejonie Gór Skalistych. Później nazwę tę zaczęto stosować prawie do każdego wiatru, któremu towarzyszyła silna zamieć lub zawieja śnieżna, np. *buran* – wiejący nad wschodnimi obszarami Rosji, czy *purga* – jeśli towarzyszy mu zamieć śnieżna.

### **Obszary zagrożeń**

Strefa klimatu umiarkowanego, w której leży Polska, jest narażona na występowanie silnych i porywistych wiatrów. Poziomy ruch powietrza, jakim jest wiatr (w skali globalnej), związany jest z ogólną cyrkulacją atmosfery, natomiast na powstawanie wiatru lokalnego (wiatry górskie: *halny*, *fen*) decydujący wpływ ma określona sytuacja synoptyczna. Na obszarze Polski coraz częściej można również zaobserwować tworzenie się trąb powietrznych i wodnych.

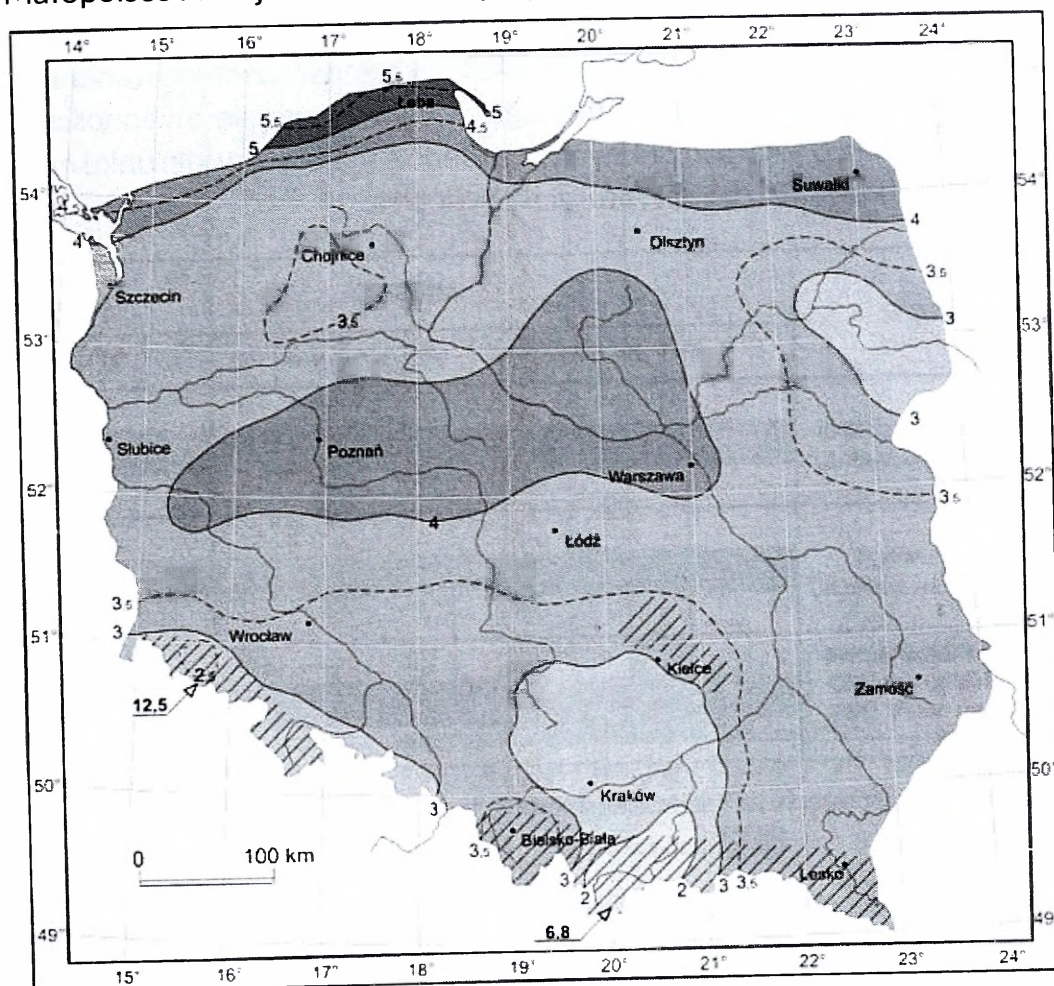


Źródło: *Atlas klimatu Polski*, red. H. Lorenc, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.

Ryc. 4.4. Przestrzenny rozkład ciśnienia w Polsce

Przestrzenny rozkład ciśnienia atmosferycznego układu się południkowo, co determinuje wyraźną przewagę wiatrów z sektora zachodniego (ryc. 4.4). Do rejonów kraju, w których zjawiska te są bardziej intensywne i częstsze niż w innych obszarach, zalicza się w szczególności: Dolny Śląsk, dorzecze Odry, Małopolskę i południe Polski (H. Lorenc, IMGW). Rozkład przestrzenny wiatru w Polsce (z wyłączeniem obszarów górskich) zawiera się w czterech sektorach. Największe prędkości notuje się w środkowej i wschodniej części wybrzeża Bałtyku, od Międzyzdrojów przez Łebę do półwyspu helskiego – w strefie ok. 30 km w głąb lądu. Średnie prędkości wiatru można zaobserwować w dwóch obszarach. Pierwszy obejmujący swym zasięgiem całą północną część Polski – od Świnoujścia na zachodzie kraju po Suwałki. Strefa ta obejmuje obszar zawierający się w przedziale od ok. 20 km w głąb lądu na wybrzeżu środkowym

do ok. 80 km na wschodzie. Drugi obszar znajduje się w centralnej części kraju, obejmując swym zasięgiem środkową część Wielkopolski i północną oraz zachodnią część Mazowsza. Najmniejsze prędkości wiatru odnotowuje się w Małopolsce i w rejonie Białowieży (ryc. 4.5).

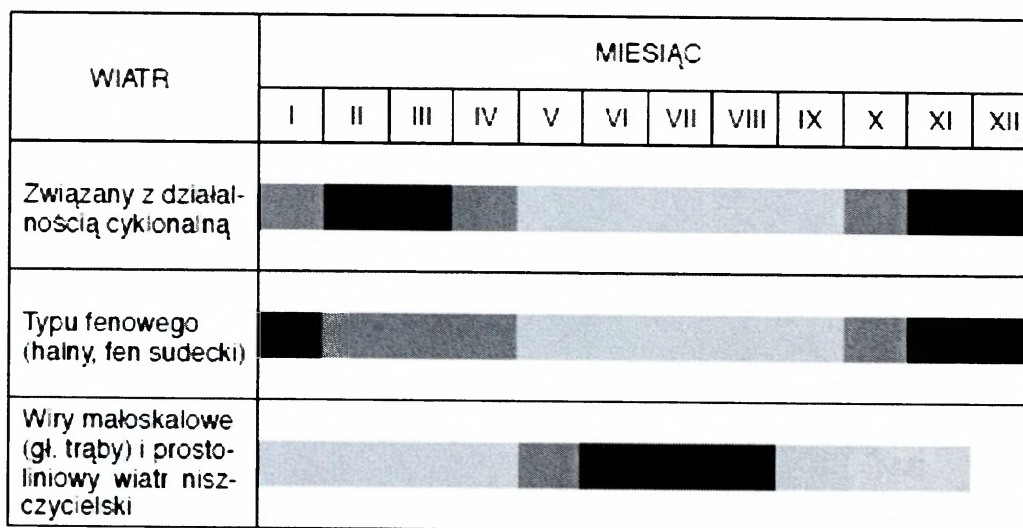


Źródło: tamże.

Ryc. 4.5. Przestrzenny rozkład pola wiatru w Polsce

Zupełnie odmiennie kształtuje się frekwencja wiatru w polskich górach. Jego charakterystyka jest silnie uwarunkowana przez charakter rzeźby terenu. Na przykład na Kasprowym Wierchu reprezentującym szczyty górskie dominują wiatry południowe S i północne N, dodatkowo wyraźnie zaznacza się liczba silnych wiatrów w przedziałach 11–15 m/s i > 15 m/s. Maksimum dużych prędkości wiatrów przypada na miesiące sezonu zimowego. Natomiast w Zakopanem reprezentującym kotlinę śródgórskie zdarzały się lata, kiedy w ogóle nie rejestrowano wiatru o prędkościach powyżej 11 m/s (D. Drzewiecki, 2001). Charakterystyka roczna występowania wiatrów katastrofalnych

w Polsce (ryc. 4.6) wykazuje sezonowy rozkład przestrzenny. Wiatr związany z przemieszczaniem się wirów cyklonalnych najczęściej występuje w miesiącach sezonu zimowego (częstość występowania duża) oraz na początku wiosny (marzec) i w ostatnim miesiącu jesieni (listopad). Najmniej wiatrów katastrofalnych związanych z wirami wielkoskalowymi notuje się w miesiącach sezonu letniego (czerwiec, lipiec, sierpień – częstość występowania mała). Miesiące sezonu wiosennego i jesiennego charakteryzują się zmiennością występowania wiatrów katastrofalnych z tendencją malejącą w kierunku miesięcy o wyższych średnich temperaturach powietrza.



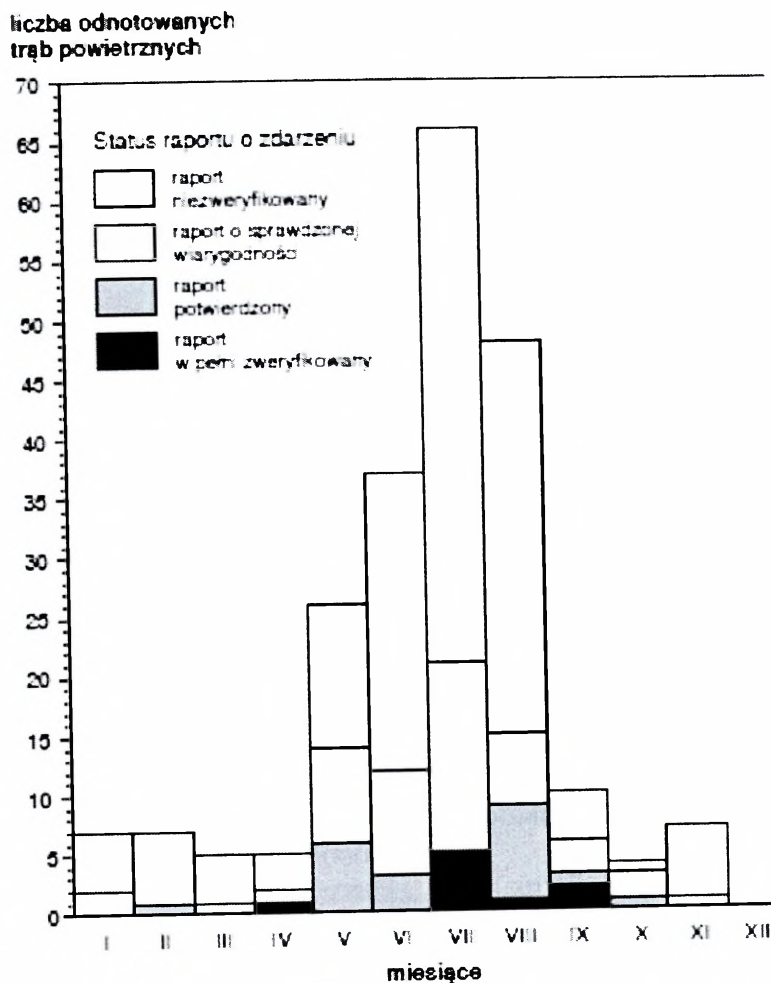
Częstość występowania (w odniesieniu do wiatru tego samego rodzaju):

duża     
  umiarkowana     
  mała     
  bardzo mała

Źródło: Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, Warszawa 2013.

Ryc. 4.6. Okresy występowania w Polsce wiatrów katastrofalnych w zależności od genyzy ich powstania oraz miesięczny rozkład występowania trąb powietrznych w Polsce w latach 2000–2008 wg danych European Severe Weather Database

Nieco inaczej przedstawia się charakterystyka wiatrów typu fenowego (halny czy fen sudecki). Duża częstość ich występowania przypada na miesiące chłodne (listopad, grudzień, styczeń), z tendencją malejącą od lutego do kwietnia – gdzie odnotowano częstość umiarkowaną do małej przypadającej na miesiące od maja do września. Wirów małoskalowych (np. trąby powietrzne) najczęściej (duża częstość występowania) notuje się w miesiącach sezonu letniego, natomiast najrzadziej (bardzo mała częstość występowania) w grudniu. W pozostałych miesiącach częstość występowania jest mała, z wyjątkiem maja, w którym to miesiącu odnotowano częstość na poziomie umiarkowanym.



Źródło: tamże.

Ryc. 4.7. Miesięczny rozkład występowania trąb powietrznych w Polsce w latach 2000–2008 (wg danych European Severe Weather Database)

Wiry małoskalowe, w tym trąby powietrzne i wodne, należą do rzadkich i niezwykle trudnych do prognozowania zjawisk meteorologicznych. Ich lokalny charakter występowania, najczęściej w miejscach, gdzie nie prowadzi się pomiarów i obserwacji meteorologicznych, powoduje, że rzadko są one odnotowywane w raportach służby hydrometeorologicznej. Stąd przy analizach statystycznych tego zjawiska prowadzi się charakterystykę wiarygodności zdarzenia – od raportów niezweryfikowanych, przez raporty o określonej wiarygodności, po w pełni zweryfikowane informacje. Zgodnie z miesięcznym rozkładem występowania trąb powietrznych (ryc. 4.7) najwięcej zdarzeń tego typu odnotowano w okresie ciepłym – w miesiącach od maja do sierpnia. W pozostałych miesiącach liczba zdarzeń na jeden miesiąc w wieloleciu 2000–2008 nie przekracza dziesięciu – z tym że w większości przypadków jest to informacja z raportów niezweryfikowanych.

W zależności od wartości prędkości wiatru (bez względu na charakter zjawiska) wyróżnia się trzy stopnie zagrożenia (tab. 4.3): pierwszy (żółty) – prędkość średnia powyżej 15 m/s lub w porywach przekraczających 20 m/s, drugi (pomarańczowy) – prędkość średnia powyżej 20 m/s lub w porywach przekraczających 25 m/s, trzeci (czerwony) – prędkość średnia powyżej 25 m/s lub w porywach przekraczających 35 m/s.

Tabela 4.4

*Klasyfikacja stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych.  
Wiatr o dużych prędkościach (IMGW)*

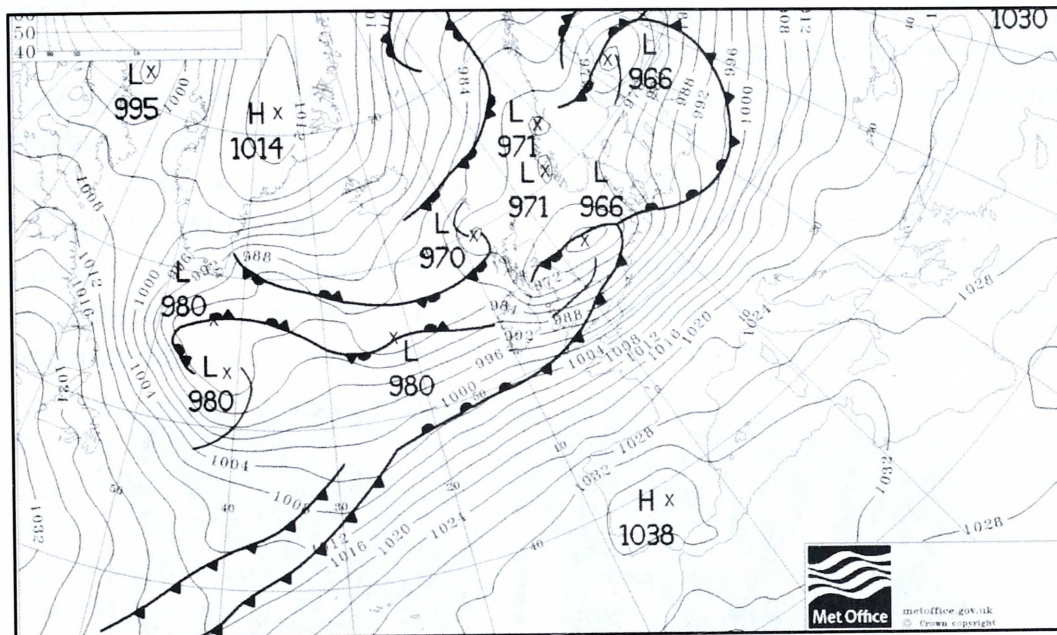
<p>Stopień zagrożenia:</p> <p><b>1</b></p>	<p><math>V_{sr} &gt; 15 \text{ m/s}</math> lub <math>V &gt; 20 \text{ m/s}</math></p> <p><i>V<sub>sr</sub> – średnia prędkość wiatru</i> <i>V – prędkość wiatru w porywach</i></p>	<p>Najniższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b>. Uszkodzenia budynków, dachów, szkody w drzewostanie, łamanie gałęzi i drzew, utrudnienia komunikacyjne. Zalecana ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.</p>
<p>Stopień zagrożenia:</p> <p><b>2</b></p>	<p><math>V_{sr} &gt; 20 \text{ m/s}</math> lub <math>V &gt; 25 \text{ m/s}</math></p> <p><i>V<sub>sr</sub> – średnia prędkość wiatru</i> <i>V – prędkość wiatru w porywach</i></p>	<p>Wyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b>. Uszkodzenia budynków, dachów, łamanie i wrywanie drzew z korzeniami, utrudnienia w komunikacji, uszkodzenia linii napowietrznych. Zalecana ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.</p>
<p>Stopień zagrożenia:</p> <p><b>3</b></p>	<p><math>V_{sr} &gt; 25 \text{ m/s}</math> lub <math>V &gt; 35 \text{ m/s}</math></p> <p><i>V<sub>sr</sub> – średnia prędkość wiatru</i> <i>V – prędkość wiatru w porywach</i></p>	<p>Najwyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b>. Niszczenie zabudowań, zrywanie dachów, niszczenie linii napowietrznych, duże szkody w drzewostanie, znaczne utrudnienia w komunikacji, zagrożenie życia.</p>

Źródło: <http://www.imgw.pl/extcont/ostrezenia/meteo/klasyfikacja.html>.

**Przykładowa sytuacja synoptyczna z wiatrem o sile huraganu oraz informacje medialne na temat skutków tego zjawiska z dnia 18 stycznia 2007 roku**

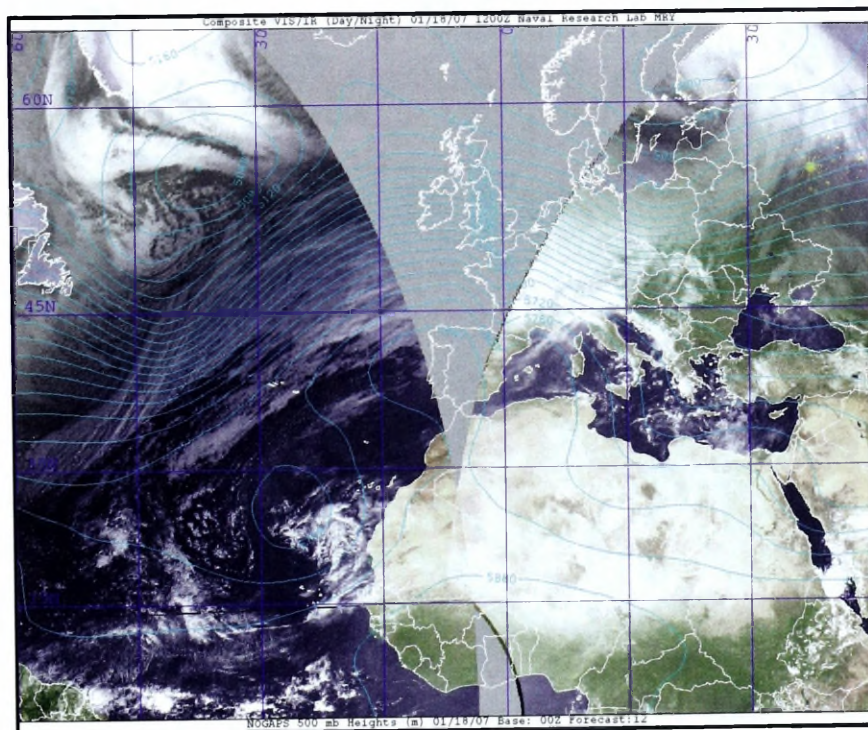
Pogodę nad Polską kształtowała seria układów niskiego ciśnienia przemieszczających się z zachodu w kierunku wschodnim wraz ze strefą szybko przemieszczających się frontów atmosferycznych (ryc. 4.8). 18 stycznia 2007 roku Polska znajdowała się pod wpływem głębokiej zatoki niskiego ciśnienia

nia z centrum na Morzem Północnym, gdzie niskie ciśnienie osiągnęło rzadko spotykaną wartość 965 hPa.



Źródło: <http://www.wetterzentrale.de>.

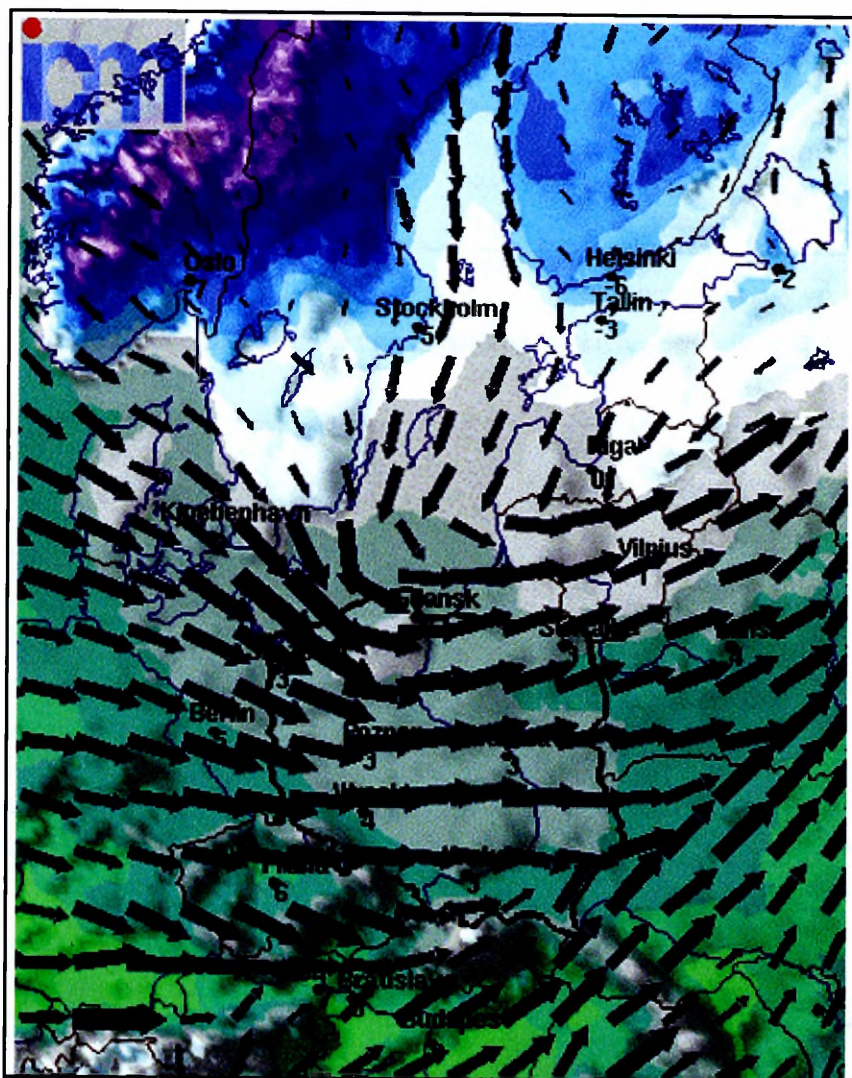
Ryc. 4.8. Przyziemna sytuacja synoptyczna z dnia 18.01.2007 r. (12.00 UTC)



Źródło: tamże.

Ryc. 4.9. Analiza TB 500 (18.01.2007 r., 12.00 UTC)

Na obrazie satelitarnym z nałożonym polem TB 500 z dnia 18 stycznia 2007 roku (ryc. 4.9) można zaobserwować gęste chmury warstwowe i kłębiasto-warstwowe przykrywające zachodnią i środkową część Europy. Jedynie w rejonie Morza Czarnego i wschodniej części Morza Śródziemnego widać obszar przejaśnień wywołany przez strefę podwyższonego ciśnienia obejmującą swym zasięgiem obszar od północnej części Afryki po basen Morza Śródziemnego. Duże zagęszczenie izohips tworzące pas o szerokości ok. 3000 km, obejmujący Wielką Brytanię poprzez centralną część Europy i dalej na wschód, na południu Europy sięgający po północną część wybrzeża Morza Śródziemnego wraz z masywem Alp, jest charakterystyczne dla występowania wiatru o dużej prędkości, przy maksimum w dniu 18 stycznia 2007 roku nad Niemcami.



Źródło: <http://meteo.icm.edu.pl>.

Ryc. 4.10. Prędkość i kierunek wiatru w dniu 19.01.2007 r., 00.00 UTC

Następnego dnia strefa maksymalnych prędkości wiatru przemieściła się w rejon północno-zachodniej i zachodniej Polski, stopniowo obejmując zasięgiem cały kraj (ryc. 4.10).

### **Wybrane relacje mediów odnośnie do skutków huraganu**

Czwartek, 18 stycznia 2007 roku (10:44) – źródło informacji: INTERIA.PL/PAP

#### **Wielka Brytania**

W Bridgnorth (środkowa Anglia) zginął kierowca uderzony gałęzią, która wpadła do jego samochodu przez przednią szybę. Do podobnego wypadku doszło w Niemczech. Przez Europę przetacza się orkan Kyrill.

W wielu regionach prędkość wiatru dochodzi do 130 kilometrów na godzinę. Padają też ulewne deszcze, a krótkoterminowe prognozy dla Szkocji mówią o śniegu. Spodziewane są poważne zakłócenia ruchu drogowego, komunikacji kolejowej i lotniczej. Już przed południem odwołano wiele pociągów z Londynu do Walii i zachodniej Anglii.

Wstrzymano żeglugę po Kanale La Manche i odwołano 120 lotów na londyńskim lotnisku Heathrow.

Ludność wzywa się do śledzenia komunikatów meteorologicznych dla konkretnych regionów. Powtarzane są apele do kierowców, by jeździli wolniej niż zwykle i zachowywali większe odstępstwa między pojazdami.

Austriacy, podobnie jak Niemcy, przygotowują się na nadejście potężnego orkanu Kyrill, który najprawdopodobniej uderzy w czwartek po południu lub wieczorem.

#### **Niemcy**

Orkan Kyrill spowodował pierwszą ofiarę śmiertelną w Niemczech. W Badenii w południowo-zachodniej części kraju zginął kierowca, którego samochód przygniotło wyrwane przez wicher drzewo.

Niemiecka Lufthansa odwołała kilkanaście lotów na trasach krajowych i europejskich. Z lotniska we Frankfurcie nad Menem nie odleciało 30 samolotów. Rzecznik niemieckiego przewoźnika Thomas Jachnow zapowiedział, że najprawdopodobniej odwoływane będą kolejne loty. Lufthansa oferuje swoim klientom alternatywne rozwiązania – bezpłatną zmianę rezerwacji na inny dzień, rezygnację bez żadnych opłat lub zamianę biletu lotniczego na kolejowy.

Niemiecka służba meteorologiczna DWD ogłosiła w środę ostrzeżenia przed załamaniem pogody skierowane do wszystkich landów republiki. Od godziny ósmej ostrzeżenie to obowiązuje dla wyżej położonych obszarów Palatynatu Reńskiego i Hesji, od południa stopniowo dla całej reszty terytorium RFN. Meteorolodzy zapowiadają, że w porywach szybkość wiatru może przekraczać nawet 150 km na godzinę. Radzą, by w miarę możliwości po południu pozostawać w domach i nie parkować samochodów pod drzewami ani w pobliżu brzegów morskich.

Istnieje niebezpieczeństwo, że wiatr będzie wyrwał drzewa z korzeniami, trzeba też uważać na połamane gałęzie i porwane przez wiatr przedmioty i odłamki. Na wybrzeżu może dojść do spiętrzenia wód morskich i silnej fali przybojowej.

Największe zagrożenie wystąpi na północnym zachodzie Niemiec wczesnym popołudniem, a także na południu kraju wieczorem. Na górze Brocken w środkowych Niemczech oraz na stokach alpejskich wiatr może rozpędzać się do 200 km na godzinę.

Zagrożenie utrzyma się przez noc z czwartku na piątek oraz w piątek w pierwszej połowie dnia. Dla niektórych regionów Nadrenii Północnej-Westfalii obowiązuje dodatkowo ostrzeżenie burzowe związane z możliwością bardzo obfitych opadów – do 70 litów na metr kwadratowy.

#### **Austria**

W północnych i zachodnich rejonach Austrii oczekuje się wiatru osiągającego w porywach prędkość 140 kilometrów na godzinę. Ostrzeżenia przed orkanem wydano w Vorarlbergu i Tyrolu. Przewiduje się, że wichury i ulewy mogą też wyrządzić znaczne szkody w Salzburgu, Dolnej i Górnej Austrii. Zmobilizowano wszystkie służby ratownicze. Ludność wzywa się do pozostawania w domach. Szczególnie niebezpieczne może być przebywanie pod drzewami i w pobliżu linii energetycznych.

#### **Holandia**

Orkan Kyrill powalił dźwig w Utrechcie, w centrum Holandii, powodując lekkie obrażenia u trzech ludzi – podała holenderska agencja ANP. W całych Niderlandach wiatrom towarzyszą obfite deszcze.

Wichura zerwała też część dachu głównego dworca kolejowego w Amsterdamie – poinformowały holenderskie koleje NS. Ze stacji ewakuowano pasażerów. Wichur, którego prędkość w porywach osiągała 130 kilometrów na godzinę, strząsał pokrywające dach szklane panele, a ich odłamki pospadały na perony.

Natomiast w amsterdamskim porcie lotniczym Schiphol z powodu niepogody w południe opóźnienia w ruchu przekraczały jedną godzinę. Odwołano wiele lotów. Jednak najsilniejszego uderzenia wichury holenderskie służby meteorologiczne KNMI spodziewają się w godzinach popołudniowych.

W mieście Almere odwołano lekcje, gdy wiatr zerwał dach z budynku szkoły.

Władze kraju wydały ostrzeżenia dla podróżnych i zalecały, by nie korzystać z samochodów za wyjątkiem sytuacji rzeczywiście koniecznych. Przed południem wstrzymano ruch na prawie wszystkich autostradach.

#### **Polska**

Na jednej z katowickich budów silny wiatr złamał w czwartek kolumnę dźwigu. Zginął operator, drugi mężczyzna jest ranny – poinformował rzecznik śląskiej straży pożarnej Jarosław Wojtasik.

Do wypadku doszło na budowanym Osiedlu Bażantów. Według Wojtasika wiatr złamał 25-metrową kolumnę dźwigu mniej więcej w połowie. Operator dźwigu zginął na miejscu, a jego kolega trafił do szpitala.

W czwartek do popołudnia śląska straż pożarna zanotowała ponad 70 interwencji związanych z silnym wiatrem, zwłaszcza w południowej części województwa. Są to najczęściej wyjazdy do złamanych konarów, zerwanych billboardów i rynien – powiedział Wojtasik.


W Przemyślu wzmagający się wiatr zerwał część dachu jednej z zabytkowych kamieniczek na staromiejskim Rynku. Powalił też komin. Kawátky dachu runęły na chodnik, ale nikt nie doznał obrażeń.

W znacznej części kraju wieje dziś bardzo silny wiatr. Najsilniej będzie wiało w nocy. W pojedynczych porywach prędkość wiatru może dochodzić nawet do 130 km na godzinę. Taki wiatr może wyrwać drzewa z korzeniami. Należy być bardzo ostrożnym.

Trąba wodna w rejonie Dziwnówka [WIDEO]

2014-08-24, 10:55 Autor: Paulina Musiał

Lubisz to? Udostępnij



Tornado wodne pojawiły się w rejonie Dziwnówka i Zalewu Szczecińskiego. Fot. www.kamera24.eu/inf

Tornado wodne, które w ostatnich dniach pojawiły się w rejonie Dziwnówka i Zalewu Szczecińskiego, to jedno z najniebezpieczniejszych zjawisk pogodowych na świecie – tak mówi w rozmowie z Radiem Szczecin meteorolog, dr Dariusz Drzewiecki.

Jedno z tornado mieszkańcy Dziwnówka zaobserwowali w sobotę wieczorem. Obyło się bez ofiar i szkód, ale gdyby ktoś znalazł się w zasięgu trąby wodnej, mogłoby dojść do tragedii.

- W sytuacji ekstremalnej można nawet stracić życie – przyznaje Drzewiecki. - Trąba wodna to punktowe i bardzo silne zjawisko, jedno z najbardziej niebezpiecznych na naszym globie.

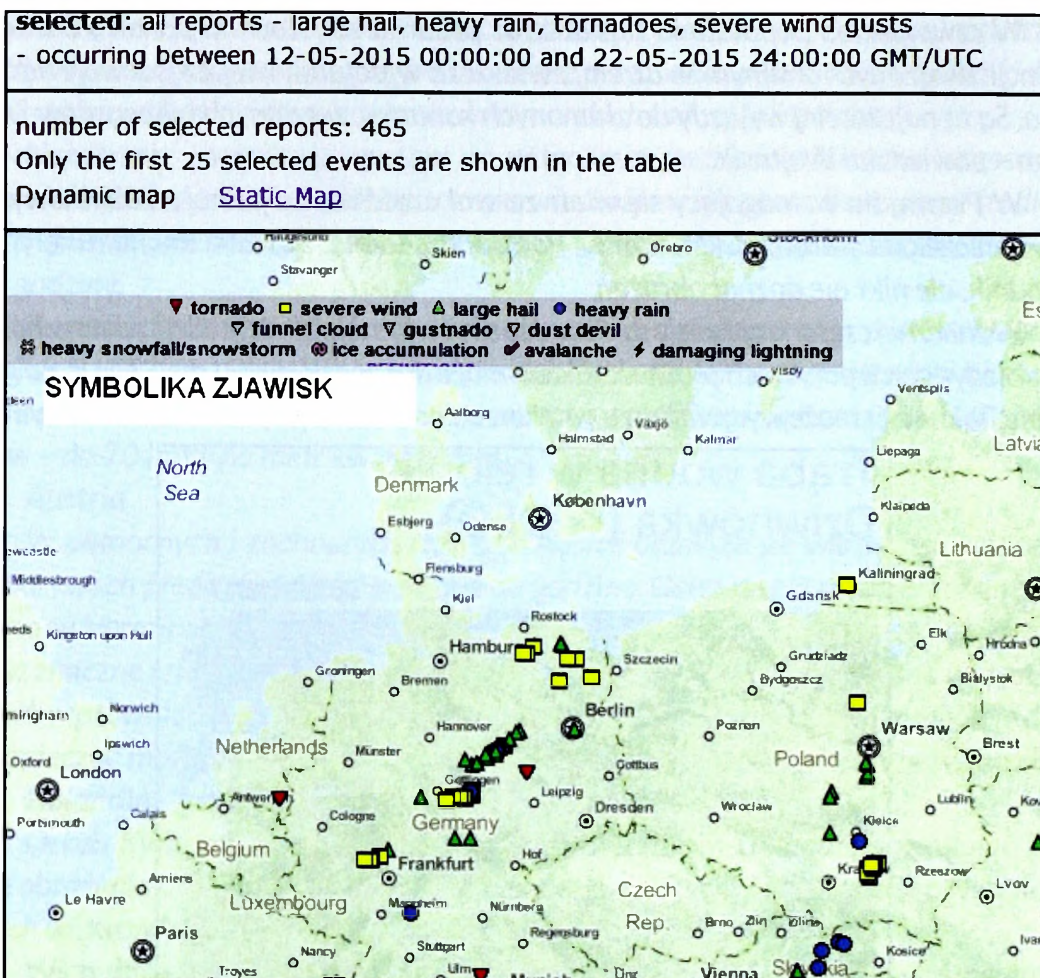
Drzewiecki dodaje, że jest to powszechne zjawisko, tyle że nie zawsze jest widoczne gołym okiem.

Tornado wodne powstaje wtedy, kiedy nad ciepłą wodę napływa zimne powietrze. Czasami dochodzi do tego podczas dobrej pogody. Średnica lejącej trąby rzadko przekracza 30 metrów.

Tornado wodne powstają najczęściej w tropikach i subtropikach.

W sytuacji ekstremalnej można nawet stracić życie – przyznaje Drzewiecki. - Trąba wodna to punktowe i bardzo silne zjawisko, jedno z najbardziej niebezpiecznych na naszym globie.

Ryc. 4.11. Przykładowa relacja Radia Szczecin odnośnie do pojawienia się tornad wodnych (trąb wodnych)



Źródło: <http://www.eswd.eu/>.

Ryc. 4.12. Europejska baza zjawisk ekstremalnych (wybrany przykładowo przedział czasowy zarejestrowanych zjawisk między 12.05 i 22.05.2015 r.)

## Podsumowanie

Skutki wiatru o sile huraganu mogą swoim zasięgiem objąć obszar województwa, jednego lub kilku powiatów, lub też gminy (w przypadku wiru małoskalowego). Do najczęstszych strat zalicza się: zerwane linie energetyczne i tym samym przerwy w dostawach energii elektrycznej (zerwana trakcja elektryczna na kolei, przerwy w funkcjonowaniu zakładów przemysłowych z groźbą uwolnienia do środowiska niebezpiecznych substancji), zablokowanie dróg i jezdni na skutek połamanych drzew i gałęzi, wpychanie wody morskiej do ujść rzek (tzw. cofka – częste zjawisko w zatoce pomorskiej i dolnym biegu Odry), podniesienie się poziomu wody i groźba powodzi, masowych uszkodzeń konstrukcji hal i budynków, ofiar wśród ludności w wyniku przygniecenia przez walące się drzewa, uderzenia uszkodzonymi elementami infrastruktury i kon-

strukcji obiektów, straty w rolnictwie. Na akwenach może to być wstrzymanie ruchu statków, rozładunku towarów w portach morskich i śródlądowych, duże prawdopodobieństwo wystąpienia katastrof morskich przy utrudnionej, a czasami wręcz niemożliwej akcji ratowniczej (wizualizacja geoportalu będącego europejską bazą danych o zjawiskach ekstremalnych – ryc. 4.12).

### **Środki zabezpieczające**

Ochrona przed wiatrem o dużej prędkości sprowadza się w pierwszej kolejności do zabezpieczenia obywateli i ich mienia przed niszczycielskim działaniem sił przyrody, w drugiej zaś do usunięcia skutków działania huraganu poprzez przywrócenie stanu infrastruktury przed zdarzeniem. Przed spodziewaną wichurą należy zabezpieczyć okna, rynny i inne elementy budynku narażone na uszkodzenie. Ponadto należy: usunąć z parapetów i balkonów przedmioty, które mogą zagrażać przechodniom, zabezpieczyć się w alternatywne źródła światła (latarki, świece, baterie), zaopatrzyć się w odbiornik radiowy, zabezpieczyć zapas wody do picia, sprawdzić stan apteczki oraz zaopatrzyć się w niezbędne leki, przygotować rzeczy, które mogą być niezbędne podczas ewakuacji (dokumenty, wartościowe przedmioty, żywność). Nie należy parkować pojazdów w pobliżu drzew i słupów trakcji elektrycznej czy oświetleniowych. Należy upewnić się, czy członkowie rodziny wiedzą, jak postępować w czasie wichury (przypomnieć, gdzie są wyłączniki gazu, prądu oraz wody). Należy też opracować plan komunikowania się w przypadku, gdy członkowie rodziny są poza domem (np. w pracy, szkole).

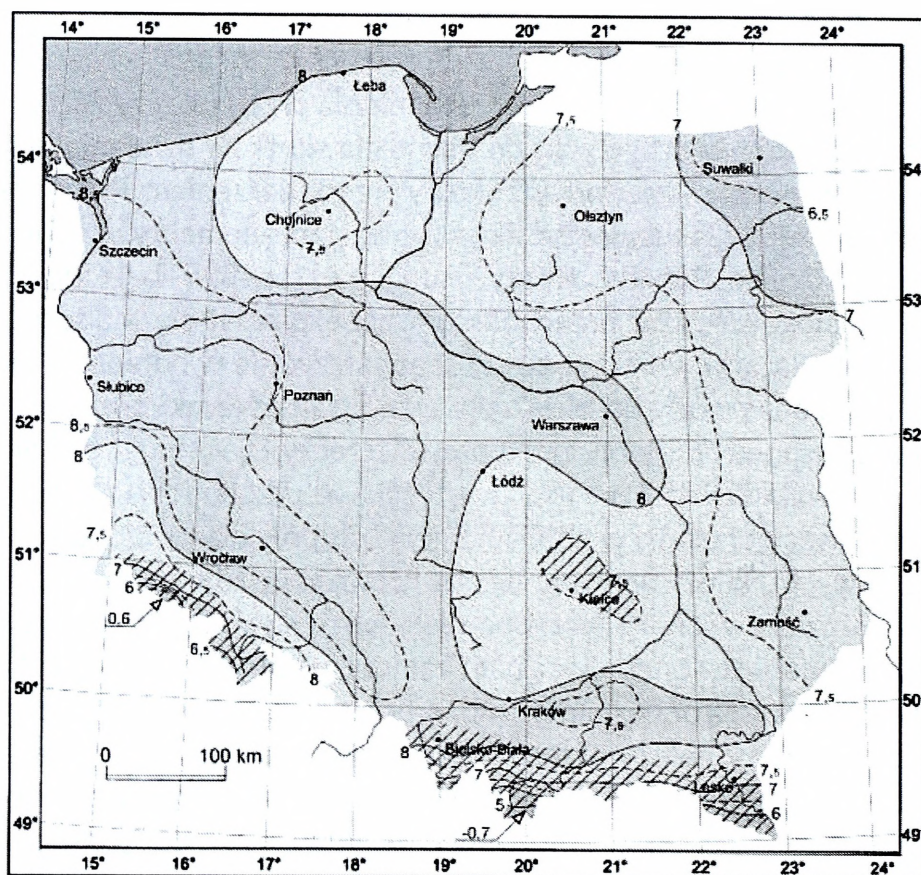
Podczas wichury należy przestrzegać następujących poleceń: włącz radio na częstotliwości audycji regionalnych. Wyłącz główny wyłącznik prądu i gazu. Przebywaj w najniższej położonych kondygnacjach budynku z dala od okien i drzwi. Jeśli znajdujesz się poza domem, to zostań na miejscu do ustania wichury. Jeśli jesteś w drodze poza domem, to nie zatrzymuj się pod drzewami, trakcją elektryczną czy w pobliżu plansz i szyldów reklamowych.

Po wichurze należy zorganizować pomoc poszkodowanym, dokonać oględzin miejsca przebywania pod kątem ewentualnych zniszczeń, wezwać służby ratownicze do usunięcia powalonych drzew czy zerwanych sieci energetycznych itp.

## **4.2. Niskie temperatury (mróz), zawieje i zamiecie śnieżne**

Przyjmuje się, że silny mróz występuje wówczas, gdy temperatura powietrza spadnie poniżej  $-20^{\circ}\text{C}$ , jednak wartość niskiej temperatury w kontekście społecznym określa się wówczas, gdy chłód staje się przyczyną śmierci ludzi i powoduje straty materialne. Zamiecią śnieżną nazywa się wicherę porywającą padające lub leżące już na ziemi płatki śniegu. Zamiecie występują głównie

wówczas, gdy śnieg jest suchy. Zawieja to zamieć śnieżna występująca podczas opadu śniegu. Zjawiska te powodują ograniczenie widzialności i powstawanie zasp śnieżnych. Silne mrozy powodują straty w produkcji rolnej, naruszają normalną pracę systemów energetycznych i komunikacyjnych oraz zakładów przemysłowych. Stanowią również zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi narażonych na ich bezpośrednie oddziaływanie.

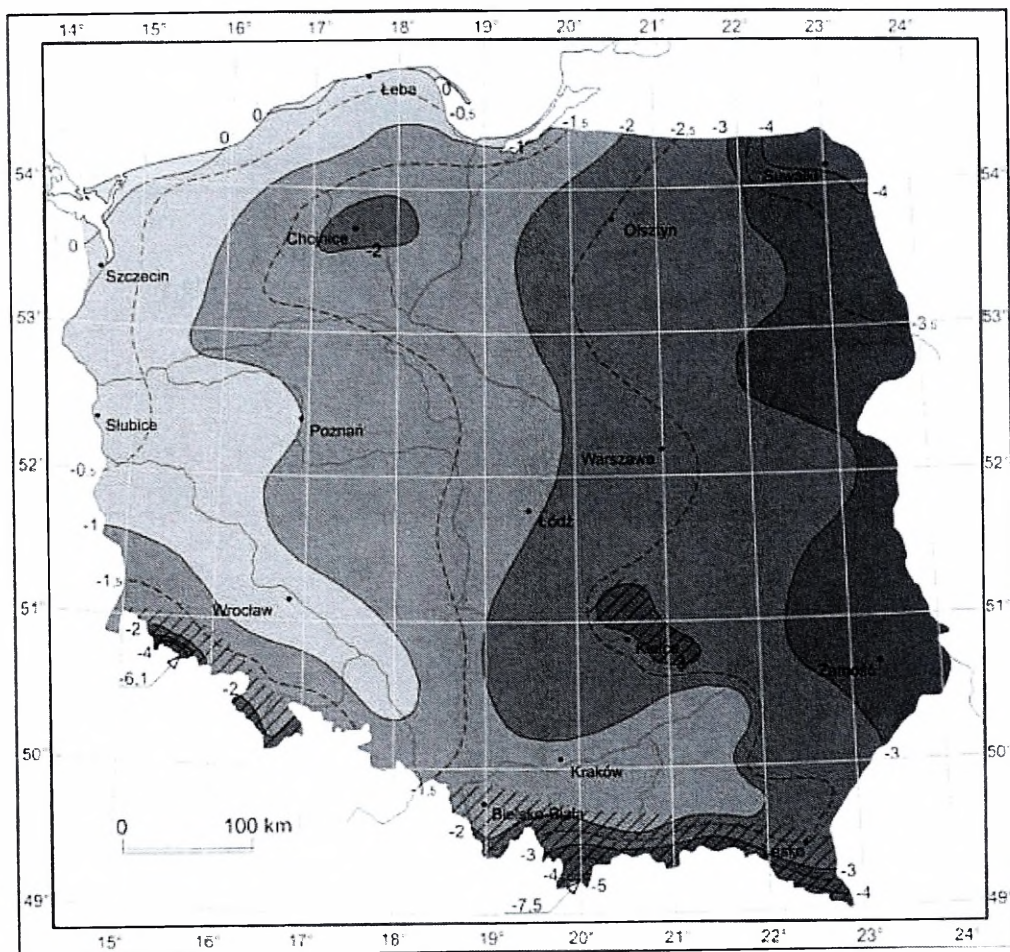


Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 4.13. Przestrzenny rozkład pola temperatury w Polsce – średnia roczna

Silny wiatr w połączeniu z temperaturą powietrza tylko nieco poniżej 0°C może mieć taki sam skutek, jak stojące powietrze o temperaturze poniżej -30°C. Może być to przyczyną odmrożenia i wychłodzenia organizmu, w skrajnych przypadkach prowadząc do śmierci.

Rozkład przestrzenny temperatury w Polsce (poza obszarem górzystym) charakteryzuje się występowaniem trzech charakterystycznych stref termicznych (ryc. 4.13). Najchłodniejszy obszar zamyka się w rejonie północno-wschodniej Polski izotermą 7, z najzimniejszym rejonem w Polsce w okolicy Suwałk.



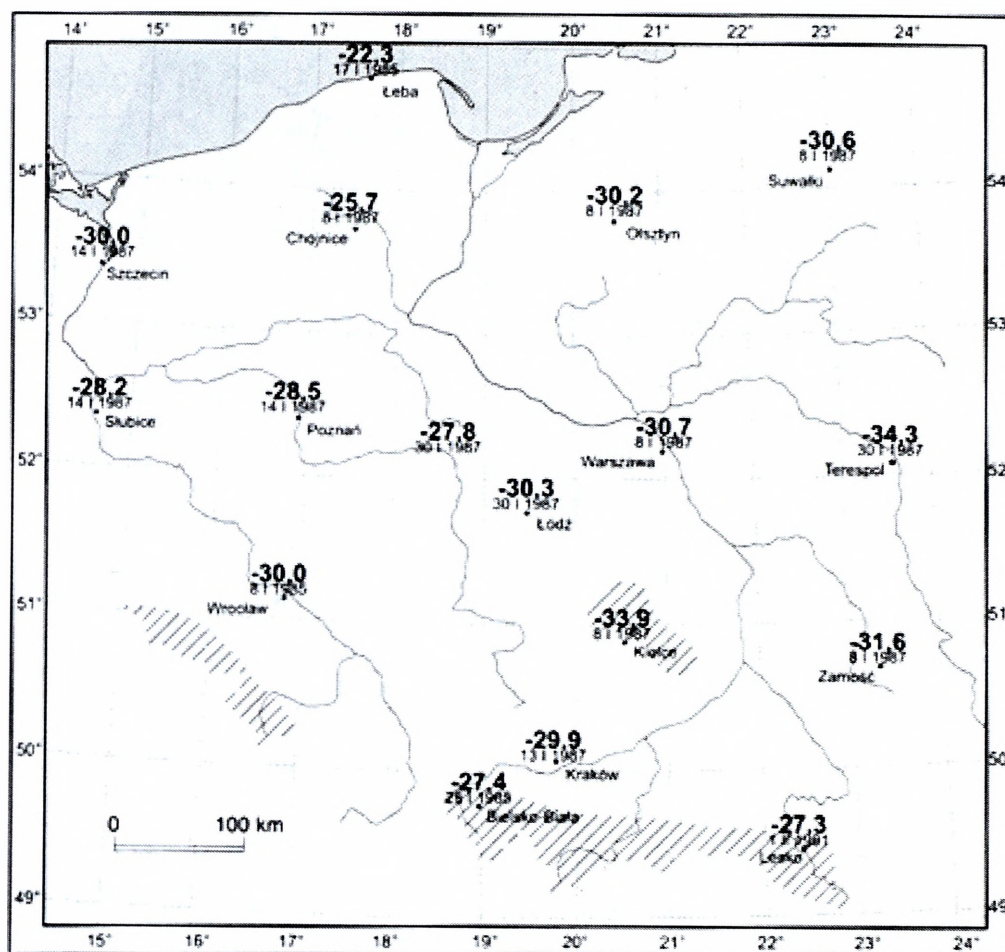
Źródło: tamże.

Ryc. 4.14. Przestrzenny rozkład pola temperatury w Polsce – średnia styczniowa

Na pozostałym obszarze wyróżnia się dwa rozległe sektory termiczne – na wschodzie chłodniejszy, obejmujący swoim zasięgiem obszar od północy na zachód, od Łeby przez Pomorze Środkowe i Kujawy dalej na wschód do Wisły, która w centralnym swoim nurcie stanowi granicę rozdzielającą dwie strefy – chłodniejszą na wschodzie i cieplejszą na zachodzie. Na południu, w rejonie pogórza karpackiego, cieplejsza strefa sięga aż do granicy z Ukrainą, a w południowo-zachodniej Polsce, przy granicy z Czechami i Niemcami, występuje chłodniejszy pas ok. 50–100 km.

Przestrzenny rozkład temperatury powietrza w styczniu układa się w charakterystyczny sposób (ryc. 4.14): w kierunku wschodnim wartość pola izotermicznego zmniejsza się, osiągając minimum (poniżej  $-4^{\circ}\text{C}$ ) w rejonie Suwałk. Najwyższy zakres temperatur występuje w Polsce zachodniej (powyżej  $-1^{\circ}\text{C}$ ),

ze zdecydowanie najcieplejszym sektorem (dodatni zakres średniej temperatury) w rejonie wybrzeża bałtyckiego od wysp Uznam i Wolin, obejmując swym zasięgiem obszar zatoki pomorskiej do półwyspu helskiego.

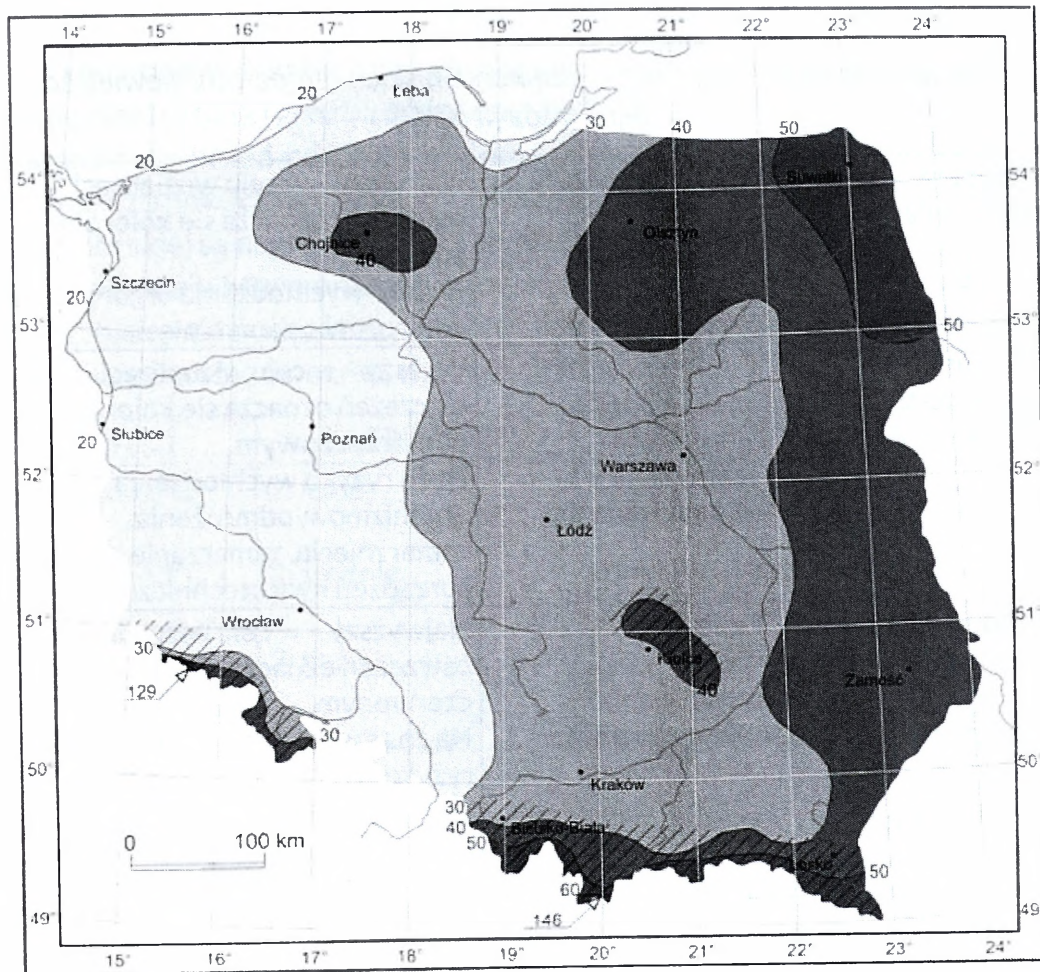


Źródło: tamże.

Ryc. 4.15. Absolutne minima temperatur powietrza na wybranych stacjach w Polsce

Rekordy niskich temperatur w Polsce:

- 40,0°C – 11 stycznia 1940 roku w Siedlcach,
- 40,6°C – 10 lutego 1929 roku w Żywcu,
- 38,4°C – 12 stycznia 1950 roku w Białymstoku.



Źródło: tamże.

Ryc. 4.16. Liczba dni z mrozem w Polsce, T maks.  $< 0^{\circ}\text{C}$

Najdłużej pogoda z temperaturą ujemną utrzymuje się na ścianie wschodniej – z rekordem (powyżej 50 dni) w północno-wschodniej części kraju w rejonie Suwałk oraz w górach. W centralnej części kraju mieści się w przedziale 30–40 dni, na zachodzie 20–30 dni, do  $< 20$  dni w pasie nadmorskim polskiego wybrzeża (w jego środkowej i zachodniej części) oraz od Słubic do Szczecina po zachodniej stronie Odry do jej ujścia i zatoki pomorskiej.

Tabela 4.5

Klasyfikacja stopni zagrożeń wystąpienia niskich temperatur powietrza.  
Silny mróz (IMGW)

Stopień zagrożenia: <b>1</b>	-25°C < T min. ≤ -20°C T maks. > -10°C  czas trwania: co najmniej dwa dni	Najniższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b> . Ryzyko wychłodzenia organizmów, odmrożenia, zamrznięcia
Stopień zagrożenia: <b>2</b>	-25°C > T min. ≤ -20°C T maks. < -10°C  czas trwania: co najmniej dwa dni	Wyższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b> . Duże ryzyko wychłodzenia organizmów, odmrożenia, zamrznięcia, zamrażanie instalacji i urządzeń hydrotechnicznych
Stopień zagrożenia: <b>3</b>	T min. ≤ -25°C  czas trwania: co najmniej dwa dni	Najwyższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b> . Na znacznym obszarze bardzo duże ryzyko wychłodzenia organizmów, odmrożenia, zamrznięcia, zamrażanie instalacji i urządzeń hydrotechnicznych, zagrożenie życia

Źródło: <http://www.imgw.pl/extcont/ostrezenia/meteo/klasyfikacja.html>.

W zależności od wartości temperatury powietrza i czasu jej utrzymywania się nad danym rejonem (przynajmniej dwa dni) wyróżnia się trzy stopnie zagrożenia związanego z wystąpieniem silnego mrozu (tab. 4.5). Pierwszy (żółty) – zakres temperatur minimalnych od -25°C do -20°C, przy dobowej temperaturze maksymalnej nieprzekraczającej -10°C. Drugi (pomarańczowy) – podobny zakres temperatur co przy żółtym, jednak z tą różnicą, że oprócz zagrożenia dla organizmów istnieje prawdopodobieństwo zamrznięcia instalacji i urządzeń technicznych. Trzeci (czerwony) – przy temperaturze minimalnej poniżej -25°C.

### Skutki i skala zagrożenia

W wyniku przechłodzenia organizmu ludzkiego wystąpią zgony, szczególnie wśród bezdomnych. Mróz może powodować awarie: magistrali ciepłowniczych, wodociągów, sieci kanalizacyjnej i linii przesyłowych wysokiego napięcia, co sparaliżuje życie w miastach. W związku z tym nastąpią przerwy w dostawach wody, energii elektrycznej i ciepła. Z powodu braku wody może

się obniżyć stan sanitarnohigieniczny. Awaryjne w oczyszczalniach ścieków mogą spowodować katastrofę ekologiczną. Wzrośnie zapotrzebowanie na energię elektryczną i groźba powstania pożarów z powodu nieprzestrzegania zasad ochrony przed pożarem podczas dogrzewania pomieszczeń mieszkalnych. Bardzo dokuczliwe dla komunikacji lądowej, stosunkowo częste w strefie nadmorskiej są nagłe (o ok. 5°C) spadki temperatur (od temperatury dodatniej do ujemnej). Mogą one powodować np. zlodowacenie nawierzchni dróg, zamarzanie wody w niezabezpieczonych przewodach i zbiornikach oraz zniszczenie transportów owoców, warzyw, płynów itp.

UTCI (°C)	ZAGROŻENIE	KLASA STRESU TERMICZNEGO
+9°C do 0°C	1: małe	SŁABY STRES ZIMNA
-1°C do -13°C	2: średnie	UMIARKOWANY STRES ZIMNA
-14°C do -27°C	3: duże	SILNY STRES ZIMNA
-28°C do -40°C	4: bardzo duże	BARDZO SILNY STRES ZIMNA
poniżej -40°C	5: ekstremalne	EKSTREMALNY STRES ZIMNA

Źródło: Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB), Warszawa 2013.

Ryc. 4.17. Poziom zagrożenia termicznego (UTCI)

Poziom zagrożenia wychłodzeniem organizmu (hipotermią) obrazuje wskaźnik UTCI, który charakteryzuje wpływ warunków atmosferycznych na organizm człowieka. Jest on wyliczany w stopniach Celsjusza i uwzględnia takie czynniki meteorologiczne, jak: temperatura, wilgotność powietrza, ciśnienie, promieniowanie słoneczne i ciepłe, prędkość wiatru, przeciętne parametry fizjologiczne. W okresie największego zagrożenia hipotermią (listopad-marzec) prognoza IMGW PIB dotycząca wskaźnika UTCI na najbliższą dobę jest publikowana w raporcie dobowym RCB. Poziom zagrożenia szacowany jest zgodnie z powyższą skalą (ryc. 4.17).

#### **Przeciwdziałanie skutkom wystąpienia niskich temperatur**

Należy ostrzec społeczeństwo o nadciągającej fali mrozów i możliwościach zwiększenia ochrony przed jego skutkami (system pomocy społecznej). Należy dokonać kontroli miejsc, gdzie gromadzą się bezdomni, i przekonać ich do udania się do noclegowni/domów pomocy społecznej. Należy wspierać

działania organizacji pozarządowych niosących pomoc bezdomnym. Należy przedsięwziąć wszelkie działania zapobiegające skutkom mrozów (przerwy w dostawach ciepła, energii elektrycznej i wody), przygotowując zastępcze źródła energii i awaryjne zaopatrywanie ludności w wodę.

### **Rodzaje urazów miejscowych powstałych w wyniku działania niskich temperatur – profilaktyka odmrożeń**

**Stopa okopowa** to uraz powstały w wyniku kilkudniowego narażenia na wilgoć i zimno, gdy temperatura otoczenia przekracza 0°C. Jest to uciążliwe schorzenie, przypominające powierzchowne oparzenie (przekrwienie, ból, obrzęk, pęcherze). Stopę okopową można spotkać np. u osób bezdomnych. Kolejnym urazem jest **odmrozina**, czyli zmiany na skórze, które powstają na skutek długotrwałego działania zimnego, suchego powietrza o temperaturze powyżej 0°C. Na narażonym obszarze skóry pojawiają się swędzące małe zaczerwienienia, „pajęczki” naczyniowe, guzki. Miejscowy uraz tkanek powstający w wyniku działania na nie niskich temperatur i nadmiernej wilgotności powietrza nazywa się **odmrożeniem**. W odróżnieniu od odmroziny, w tej postaci dochodzi do krystalizacji płynów tkankowych w skórze i tkance podskórnej pod wpływem temperatury poniżej 0°C (zamrożenie tkanek). Stopień zamarznięcia zależy od czasu przebywania w zimnie i jego intensywności. W zależności od nasilenia mrozu odmrożenie może powstać już po kilku minutach. W czasie działania niskiej temperatury występuje uczucie narastającego mrowienia, następnie odrętwienia i zeszywnienia odmrożonej okolicy. W ciepłym pomieszczeniu lekkie odmrożenie powoduje od razu silny ból, podczas gdy ciężkie odmrożenia pozostają zupełnie bezbolesne. Granica temperatury, poniżej której może dojść do odmrożeń, jest trudna do określenia, ponieważ jest ona zależna (oprócz wartości temperatury) również od charakterystyk środowiska, np. wiatru i wilgotności powietrza. Dlatego odmrożenia zdarzają się nawet przy temperaturach powyżej 0°C. Działanie zimna powoduje miejscowy skurcz naczyń krwionośnych, co prowadzi do zmniejszenia ukrwienia przez zwolnienie przepływu krwi (jest to miejscowa obrona przed wychłodzeniem całego organizmu).

Miejsca szczególnie narażone na odmrożenie to okolice ciała wystawione na działanie zimna: stopy, dłonie, nos, uszy, policzki czy broda. W profilaktyce odmrożeń podstawową rolę odgrywa odpowiedni ubiór. Powinien on chronić przed wiatrem, wilgocią i dobrze izolować termicznie. Najlepszą metodą jest ubieranie się „na cebulkę”. Trzeba jednak pamiętać, że „grzeje” nas uwięzione powietrze. Dlatego zbyt lekkie lub obciste ubranie nie daje izolacyjnej warstwy powietrza. Bardzo ważne jest nakrycie głowy, gdyż organizm oddaje większą część swojego ciepła przez skórę głowy. Należy zadbać również o od-

powiednie zabezpieczenie kończyn (najlepsze są rękawice warstwowe) i wystających części ciała. Lepiej też zrezygnować ze zbyt wąskich butów i obcisłych rękawiczek.

Przed spodziewanym wyjściem na mróz należy unikać spożywania alkoholu. Powinno się natłuszczać odsłonięte okolice, głównie twarz i usta, odpowiednimi kremami, gdyż tłuszcz dobrze zabezpiecza przed działaniem zimna. W czasie przebywania w niskich temperaturach można poprawić ukrwienie rąk i nóg przez rozcieranie i poruszanie.

### **Stopnie odmrożeń**

1. Zaczerwienienie skóry, która następnie staje się biała lub woskowa. Po ok. 3 godz. pojawia się obrzęk, który utrzymuje się do 10 dni. Od 5 dnia towarzyszy mu złuszczenie się skóry. Przez wiele miesięcy może utrzymywać się mrowienie i nadmierne pocenie się odmrożonych części ciała.

2. Pierwszymi objawami są przekrwienie i obrzęk. Po 2 tygodniach powstają pęcherze, które przechodzą w ciemne strupy, odpadające po 3 tygodniach. Przez kilka miesięcy utrzymują się parestezje i nadwrażliwość skóry.

3. Uszkodzenie dotyczy całej skóry. Powstają pęcherze i strupy, a po ich odpadnięciu ubytki tkanek gojące się przez ziarninowanie i naskórkowanie. Po wygojeniu powstają trwałe przebarwienia skóry. Przez szereg tygodni mogą utrzymywać się kłujące bóle i mrowienie.

4. Odmrożenie obejmuje skórę, tkankę podskórną, mięśnie, a nawet kości. Tkanki te ulegają martwicy suchej lub rozplywnej. Potem następuje proces demarkacji. Powstają trudne do leczenia owrzodzenia. Leczenie tego rodzaju zmian polega najczęściej na chirurgicznym usunięciu martwych tkanek.

### **Pierwsza pomoc przy odmrożeniach**

Udzielanie pierwszej pomocy w wypadku odmrożeń obejmuje następujące czynności:

- uszkodzowanego należy niezwłocznie przenieść do ciepłego pomieszczenia,
- przy powierzchownych odmrożeniach pierwszą czynnością jest rozluźnienie obcisłej odzieży i rozsznurowanie butów, co zmniejszy ucisk na odmrożone okolice ciała i poprawi ich ukrwienie,
- odmrożone obszary należy stopniowo ogrzewać (najkorzystniejsze jest ogrzewanie ciepłem własnym człowieka, zmarznięte dłonie można wsunąć np. pod pachy),
- należy zadbać o dodatkowe okrycie uszkodzonego,

- można zanurzyć odmrożone kończyny w wodzie o temperaturze nie wyższej niż 40–42°C, wyższa temperatura może bowiem spowodować oparzenie,
- poszkodowanemu należy podawać ciepłe napoje z dużą zawartością cukru,
- powierzchnię odmrożenia opatruje się jałowym opatrunkiem,
- pacjenta należy ułożyć w pozycji zapobiegającej uciskowi na nerwy obwodowe kończyn,
- w przypadku odmrożenia bez równoczesnego wychłodzenia całego ciała można wykonywać czynne ruchy dotkniętymi kończynami, nie wolno natomiast wykonywać ruchów biernych.

**Jednocześnie należy wiedzieć, czego nie wolno robić:**

- w przypadku głębokich odmrożeń nie zaleca się żadnych czynności mających na celu ogrzanie odmrożonych powierzchni,
- jeśli wytworzyły się pęcherze, nie należy ich przekłuwać ani uciskać,
- nie należy stosować nacierania śniegiem odmrożonych okolic,
- nie należy podawać poszkodowanemu napojów alkoholowych,
- poszkodowany nie powinien palić papierosów,
- pacjent z odmrożonymi nogami nie powinien chodzić, gdyż praca mięśni wymaga zwiększonego ukrwienia, a zwężone naczynia mogą temu nie podołać,
- nie należy nacierać i masować odmrożonych miejsc, gdyż nie powoduje to wzrostu temperatury i jest przyczyną utraty ciepła.

**Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB)** rekomenduje następujące działania w zakresie ochrony życia i zdrowia, zależnie od aktualnego stopnia zagrożenia – przy wyższym stopniu zagrożenia czynności zalecane dla niższego stopnia powinny być nadal realizowane (źródło: *Zagrożenia okresowe występujące w Polsce*, RCB, Warszawa 2013):

### **DUŻE I BARDZO DUŻE (WSKAŹNIK UTCI OD -14°C DO -40°C)**

#### **Administracja centralna:**

uruchomienie obiegu informacji o poziomie zagrożenia i podejmowanych działaniach (RCB – Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, i CZK – centra zarządzania kryzysowego)

#### **Wojewodowie:**

- informowanie ludności o prognozowanych niebezpiecznych zjawiskach meteorologicznych,
- aktualizacja bazy danych o noclegowniach i innych miejscach przewidywanych dla osób bezdomnych,

- akcja informacyjna dla społeczeństwa, szczególnie dla osób bezdomnych (w tym uruchomienie infolinii),
- wzmożony nadzór nad jakością działań samorządowych jednostek opieki społecznej,
- wspieranie działań organizacji pozarządowych niosących pomoc bezdomnym,
- przegląd wojewódzkich planów zarządzania kryzysowego.

#### **Samorządy:**

- akcja informacyjna dla społeczeństwa (zasady postępowania w obliczu zagrożenia),
- kontrolowanie warunków życia osób objętych pomocą społeczną (niepełnosprawni, osoby niezaradne życiowo, ubogie),
- przegląd powiatowych planów zarządzania kryzysowego.

### **EKSTREMALNE (UTCI PONIŻEJ -40°C)**

#### **Administracja centralna:**

- wysyłanie komunikatów ostrzegawczych i koordynacja działań organizacji pozarządowych (MSW),
- akcja informacyjna dotycząca ratowania osób narażonych na wychłodzenie (MSW),
- koordynacja działań podejmowanych przez poszczególnych wojewodów (Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji – MAiC),
- monitorowanie sytuacji na szlakach komunikacyjnych (Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej – MTBiGM),
- uruchomienie procedur opieki nad bezdomnymi znajdującymi się na dworcach kolejowych (MTBiGM),
- przygotowanie placówek ochrony zdrowia do zwiększonej skali opieki medycznej (Ministerstwo Zdrowia – MZ).

#### **Wojewodowie:**

- komunikaty do ludności zalecające pozostanie w domach,
- ostrzeganie ludności o zagrożeniu, prośba o zainteresowanie się losem sąsiadów i członków rodziny,
- ocena potrzeb finansowych w zakresie pomocy społecznej pod kątem uruchomienia rezerwy celowej,
- koordynowanie działań administracji zespolonej w zakresie udzielania pomocy (np. patrole policyjne w miejscach przebywania osób bezdomnych, udzielanie pomocy osobom uwięzionym na nieprzejezdnych szlakach komunikacyjnych oraz na zewnętrznych granicach UE).

### **Samorządy:**

- szczególny nadzór nad warunkami bytowymi osób objętych pomocą społeczną,
- monitorowanie miejsc przebywania osób bezdomnych,
- zapewnienie przejezdności szlaków komunikacyjnych, wytyczanie objazdów,
- uruchomienie działań doraźnych (koksowniki, rozdawanie gorących napojów itp.),
- rozpatrzenie zawieszenia nauki w szkołach.

### **Zawieje i zamiecie śnieżne**

**Zamiecią** śnieżną nazywa się zjawisko polegające na przenoszeniu przez wiatr wyłącznie śniegu zalegającego na powierzchni ziemi. W tym czasie opady śniegu nie muszą występować. Zamiecie występują głównie wtedy, gdy śnieg jest suchy. **Zawieja** jest zamiecią śnieżną przy równoczesnym opadzie śniegu. Zjawisko to powoduje ograniczenie widzialności i powstawanie śnieżnych zasp. Obydwa procesy są związane z występowaniem niskich temperatur i opadów śniegu, jednak przy zawiei śnieżnej może występować również zamieć, ale zawieja nie musi wystąpić podczas zamieci. Prawdopodobieństwo powstania zamieci w przypadku zleżałej i ubitej warstwy śniegu jest najmniejsze. Obydwa zjawiska występują najczęściej w okresie od grudnia do lutego. Skalę obydwu zjawisk determinuje prędkość wiatru, która przy niskich temperaturach powietrza może zagrażać zdrowiu i życiu ludzi oraz zwierząt.

Corocznie na skutek wychłodzenia organizmu umiera od 100 do ponad 300 osób (RCB, 2013). W wyniku odmrożenia mogą wystąpić trwałe uszkodzenia części ciała. Typowymi objawami tego urazu są: znaczne wychłodzenie, zaczerwienienie, utrata czucia oraz bledź palców nóg, nosa, małżowin usznych. Wychłodzenie jest stanem, gdy temperatura wewnętrzna ciała spada poniżej 35°C.

Tabela 4.6

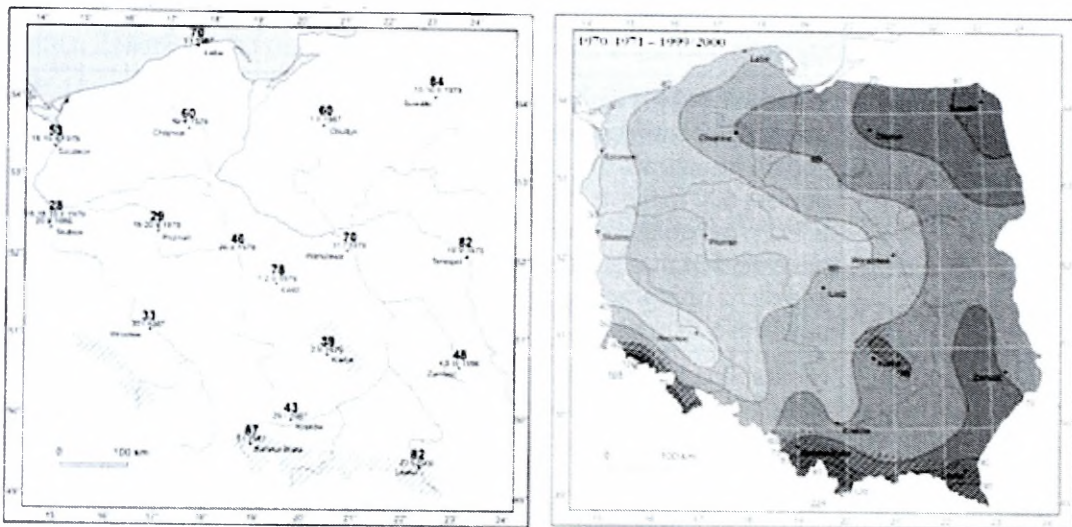
Klasyfikacja stopni zagrożeń związanych z intensywnymi opadami śniegu (A) oraz wystąpieniem zamieci i zawiei śnieżnej (B) według IMGW

A	Stopień zagrożenia: <b>1</b>	1. Przyrost pokrywy śnieżnej od 10 cm do 15 cm w czasie 12 godzin lub 2. Przyrost pokrywy śnieżnej od 15 cm do 20 cm w czasie 24 godzin	Najniższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b> . Utrudnienia komunikacyjne, śliskość na drogach
	Stopień zagrożenia: <b>2</b>	1. Przyrost pokrywy śnieżnej od 20 cm do 30 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych poniżej 600 m n.p.m. lub 2. Przyrost pokrywy śnieżnej od 20 cm do 50 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych powyżej 600 m n.p.m.	Wyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b> . Utrudnienia komunikacyjne, nieprzejezdność dróg lokalnych
	Stopień zagrożenia: <b>3</b>	1. Przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 30 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych poniżej 600 m n.p.m. lub 2. Przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 50 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych powyżej 600 m n.p.m.	Najwyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b> . Duże trudności komunikacyjne, nieprzejezdność dróg, uszkodzenia drzewostanu, uszkodzenia dachów, zagrożenie życia
B	Stopień zagrożenia: <b>1</b>	Niestabilna pokrywa śnieżna lub słabe albo umiarkowane opady śniegu i wiatr o: $V_{\text{śr}} > 6 \text{ m/s}$ <i>V<sub>śr</sub> – średnia prędkość wiatru</i>	Najniższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b> . Szybkie tworzenie się zasp, utrudnienia komunikacyjne
	Stopień zagrożenia: <b>2</b>	a) Niestabilna pokrywa śnieżna lub słabe albo umiarkowane opady śniegu i wiatr o: $V_{\text{śr}} > 10 \text{ m/s}$ b) silne opady śniegu i wiatr o: $V_{\text{śr}} > 6 \text{ m/s}$ <i>V<sub>śr</sub> – średnia prędkość wiatru</i>	Wyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b> . Liczne, szybko narastające zasy na dużych obszarach, trudności w komunikacji, nieprzejezdność dróg
	Stopień zagrożenia: <b>3</b>	Silne opady śniegu i wiatr o: $V_{\text{śr}} > 10 \text{ m/s}$ <i>V<sub>śr</sub> – średnia prędkość wiatru</i>	Najwyższy, w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b> . Liczne, szybko narastające zasy na dużych obszarach, trudności w komunikacji, nieprzejezdność dróg

Źródło: <http://www.imgw.pl/extcont/ostrezenia/meteo/klasyfikacja.html>.

Wyróżnia się trzy stopnie zagrożenia intensywnością opadów śniegu, które zależą od grubości pokrywy śnieżnej w ciągu doby (tab. 4.6): pierwszy (żółty) – przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 15 cm, drugi (pomarańczowy) – przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 25 cm lub na obszarach powyżej 600 m n.p.m. powyżej 40 cm, trzeci (czerwony) – przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 35 cm lub na obszarach powyżej 600 m n.p.m. powyżej 50 cm.

Skala zagrożenia wystąpienia zamieci i zawiei śnieżnych jest uzależniona od prędkości wiatru występującej na obszarach pokrytych śniegiem. Skala zjawiska jest uzależniona od stabilności warstwy śniegu: pierwszy stopień zagrożenia (żółty) – przy średniej prędkości wiatru powyżej 6 m/s, drugi (pomarańczowy) – przy średniej prędkości wiatru powyżej 10 m/s lub w trakcie intensywnych opadów śniegu powyżej 6 m/s, trzeci stopień zagrożenia (czerwony) – przy intensywnych opadach śniegu i wietrze o prędkości przekraczającej 10 m/s.



Pokrywa śnieżna - maksymalne wysokości (cm) na wybranych stacjach meteorologicznych

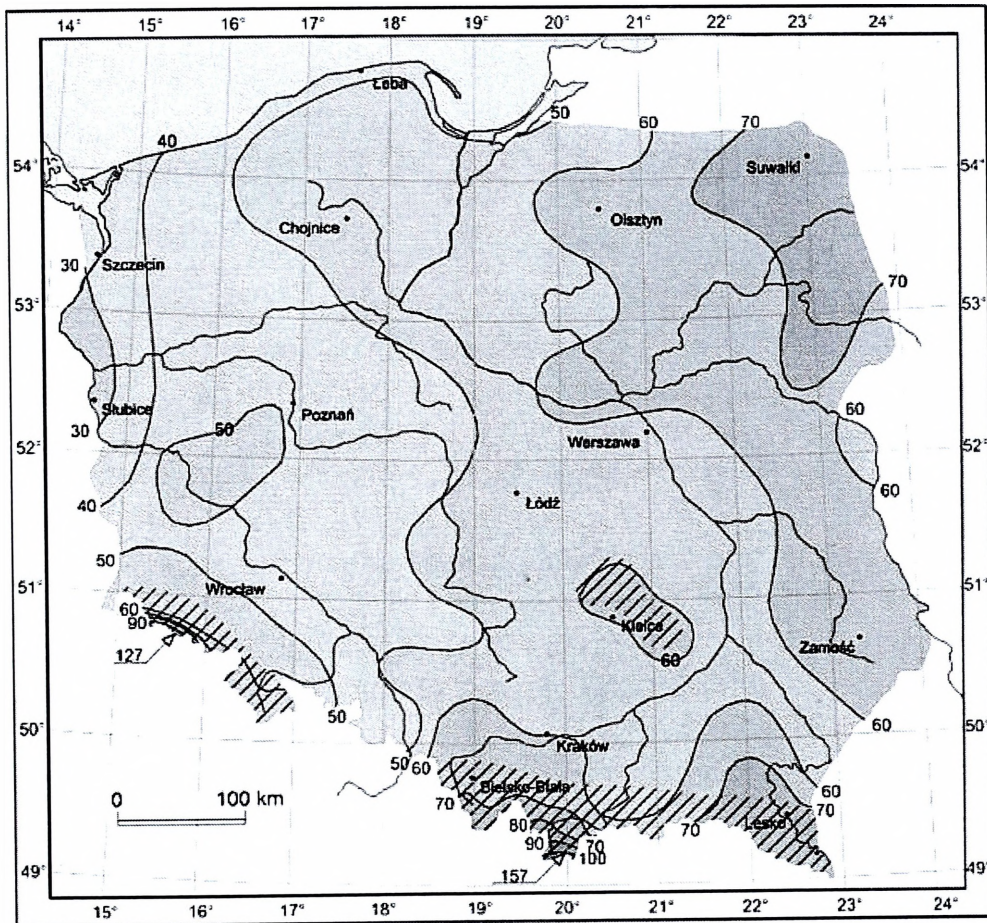
Pokrywa śnieżna - średnia liczba dni w sezonie

Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 4.18. Rozkład roczny pokrywy śnieżnej nad Polską (mapka prawa) oraz maksymalne wysokości w cm pokrywy śnieżnej w wybranych stacjach meteorologicznych (mapka lewa)

Obszary średniej liczby dni utrzymywania się pokrywy śnieżnej w Polsce (ryc. 4.18 – mapka lewa) pokrywają się z obszarami występowania niskich temperatur powietrza. Liczba dni wzrasta w kierunku wschodnim od 20 dni w sektorze 40–80 km wzdłuż linii Wrocław–Słubice–Szczecin i dalej na wschód, gdzie wartości maksymalne przekraczają 120 dni w północno-wschodniej części kraju (Suwałki) i w górach. Maksymalna wysokość pokry-

wy śnieżnej (ryc. 4.18 – mapka prawa) została również odnotowana na wscho-  
dzie i w górach z maksimum powyżej 80 cm na stacjach meteorologicznych  
w Suwałkach, Terespolu, Lesku i Bielsku Białej.



Źródło: tamże.

Ryc. 4.19. Średnia roczna liczba dni z wystąpieniem opadów śniegu

Przy średniej rocznej liczbie 50–60 dni z opadem śniegu w Polsce rozkład przestrzenny tego zjawiska układa się w sposób rosnący z zachodu w kierunku wschodnim (ryc. 4.19). Najmniejszą liczbę dni z opadem śniegu (poniżej 30) notuje się na zachód od linii Ślubice–Szczecin, natomiast największą liczbę dni (powyżej 70) w północno-wschodniej Polsce oraz w górach, z maksimum w górach wysokich 157 dni w roku.

## **Przykładowe relacje z doniesień medialnych odnośnie do skutków wystąpienia zamieci i zawiei śnieżnych**

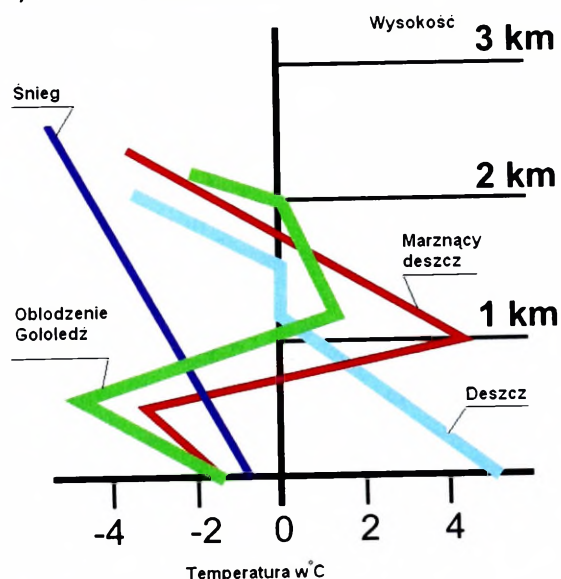
(źródło: *Nasz Dziennik*, <http://www.naszdziennik.pl/polska-kraj/66689,zawieje-i-zamiecie-sniezne.html>, środa, 29 stycznia 2014 r.)

Zachmurzenie, opady śniegu i miejscami deszczu, wiatr, ujemne temperatury i ograniczona widoczność – to prognoza pogody na najbliższe dni – informuje Biuro Prasowe Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. W nocy ze środy na czwartek zachmurzenie będzie całkowite i duże, wystąpią słabe opady śniegu. W opadach śniegu i silnych zamgleniach widzialność miejscami zmniejszona do 2 km. Temperatura minimalna wyniesie od  $-16^{\circ}\text{C}$  na północnym wschodzie do  $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-6^{\circ}\text{C}$  na zachodzie i południu, w centrum około  $-10^{\circ}\text{C}$ . Wiatr wschodni i południowo-wschodni, na południowym zachodzie słaby i umiarkowany, poza tym umiarkowany i dość silny, porywisty, powodujący miejscami zawieje i zamiecie śnieżne. Na wschodnim Pomorzu, Warmii, Mazurach, Suwalszczyźnie, Mazowszu i Lubelszczyźnie porywy wiatru do 60 km/h, a na wschodnim Wybrzeżu do 70 km/h. W czwartek zachmurzenie będzie całkowite i duże wraz ze słabymi opadami śniegu. W opadach śniegu i silnych zamgleniach widzialność miejscami zmniejszona do 2 km. Temperatura maksymalna wyniesie od  $-13^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  na północnym wschodzie do  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  na Śląsku i w Małopolsce, na przeważającym obszarze kraju od  $-9$  do  $-4^{\circ}\text{C}$ . Wiatr wschodni i południowo-wschodni. Na południowym zachodzie wiatr będzie słaby i umiarkowany, porywisty, na pozostałym obszarze kraju umiarkowany i dość silny, w porywach do 60 km/h, powodujący miejscami zawieje i zamiecie śnieżne. Na wschodnim Wybrzeżu wiatr w porywach do 70 km/h. W górach wiatr fenowy. W nocy z czwartku na piątek zachmurzenie będzie całkowite i duże, na południu wystąpią miejscami większe przejaśnienia. Wystąpią słabe opady śniegu, na Śląsku i w Małopolsce przechodzące w śnieg z deszczem i marznący deszcz powodujący gołoledź. W opadach śniegu i silnych zamgleniach widzialność miejscami zmniejszona do 2 km. Temperatura minimalna wyniesie od  $-14^{\circ}\text{C}$ ,  $-11^{\circ}\text{C}$  na północnym wschodzie i Kaszubach do  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-2^{\circ}\text{C}$  na Śląsku i w Małopolsce, na przeważającym obszarze kraju od  $-10$  do  $-5^{\circ}\text{C}$ . Wiatr południowo-wschodni, umiarkowany i dość silny, w porywach do 60 km/h, powodujący miejscami zawieje i zamiecie śnieżne. Na Wybrzeżu wiatr w porywach do 70 km/h, a w górach wiatr fenowy. W piątek na zachodzie, północy i w centrum zachmurzenie będzie duże i całkowite, na pozostałym obszarze zachmurzenie umiarkowane i duże. Na północnym wschodzie i na wschodnim Pomorzu wystąpią opady śniegu, na zachodzie oraz w centrum – śniegu, deszczu i miejscami marznącego deszczu powodującego gołoledź. Temperatura maksymalna wyniesie od  $-11^{\circ}\text{C}$ ,  $-7^{\circ}\text{C}$  na północnym wschodzie i Kaszubach do  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  na Śląsku i w Małopolsce, na przeważającym obszarze kraju od  $-6$  do  $0^{\circ}\text{C}$ . Wiatr południowo-wschodni i południowy, umiarkowany i dość silny, w porywach do 60 km/h, powodujący

na północy miejscami zawieje i zamiecie śnieżne. Na wschodnim Wybrzeżu wiatr w porywach do 70 km/h, a w górach wiatr fenowy.

### 4.3. Marznący deszcz i gołoledź

Przejściowy charakter klimatu w Polsce sprawia, że w miesiącach okresu chłodnego oprócz opadów deszczu i śniegu mamy często do czynienia ze zjawiskiem „przejścia przez zero” (ryc. 4.20). Temperatura w ciągu kilku minut z dodatniej spada do ok.  $-1$ ,  $-2^{\circ}\text{C}$ , a następnie wraca „na plus”. W przypadkach skrajnych taka sytuacja może się powtarzać nawet kilka razy na dobę. Na przebieg tego zjawiska mają wpływ czynniki lokalne oddziałujące na mikroklimat miejsca jego występowania, takie jak: rzeźba i pokrycie terenu, położenie względem słońca, rodzaj infrastruktury, lokalne wyspy ciepła, charakter zbiorników wodnych, rzek itp. Lokalny charakter tego zjawiska jest powodem trudności z jego prognozowaniem. Skutkiem „przejścia przez zero” jest zjawisko gołoledzi czy marznącego deszczu, bardzo niebezpiecznego w transporcie kołowym i ruchu lotniczym (szczególnie podczas lądowania statków powietrznych). Dlatego niezwykle istotne jest wczesne ostrzeżenie, by możliwie jak najszybciej podjąć działania pozwalające zwalczać oblodzenie dróg kołowych i pasów startowych na lotniskach.



Ryc. 4.20. Diagram przemian fazowych wody w zależności od zmian wysokości (ciśnienia) i temperatury

Marznący deszcz to jedno ze zjawisk meteorologicznych, które powstaje przy opadzie deszczu, gdy temperatura powierzchni spada poniżej punktu zamarzania wody. W przeciwieństwie do gradu, śniegu czy deszczu lodowego marznący deszcz w całości składa się z kropelek cieczy. Woda deszczowa za-

marza wskutek kontaktu z przedmiotami, których temperatura jest ujemna. Często opady tego typu w sezonie zimowym obserwuje się w strefie frontów ciepłych, po mroźnej pogodzie charakterystycznej dla ustępującego układu wyżowego. Marznący deszcz w zimie najczęściej powstaje w warstwie inwersji temperatury powietrza, gdy padający śnieg czy lud w zetknięciu z ciepłym powietrzem przechodzi do fazy ciekłej, tworząc krople wody. Jednak same krople nie zamarzają, w powietrzu utrzymują się w stanie ciekłym mimo temperatury ujemnej (tzw. przechłodzone krople wody), dopiero w zetknięciu z ziemią, linią energetyczną, drzewami, statkami powietrznymi itp. natychmiast zamarzają, tworząc cienką warstwę lodu. Opad marznący również może występować podczas deszczu lodowego czy opadów tzw. mokrego śniegu. Kluczową rolę w powstawaniu rodzaju opadu marznącego odgrywa rozkład termiczny w pionowej warstwie troposfery, jednak w każdym przypadku na powierzchni tworzy się warstwa lodu, z tym że przy marznącym deszczu gładka, a przy deszczu lodowym i mokrym śniegu szorstka.

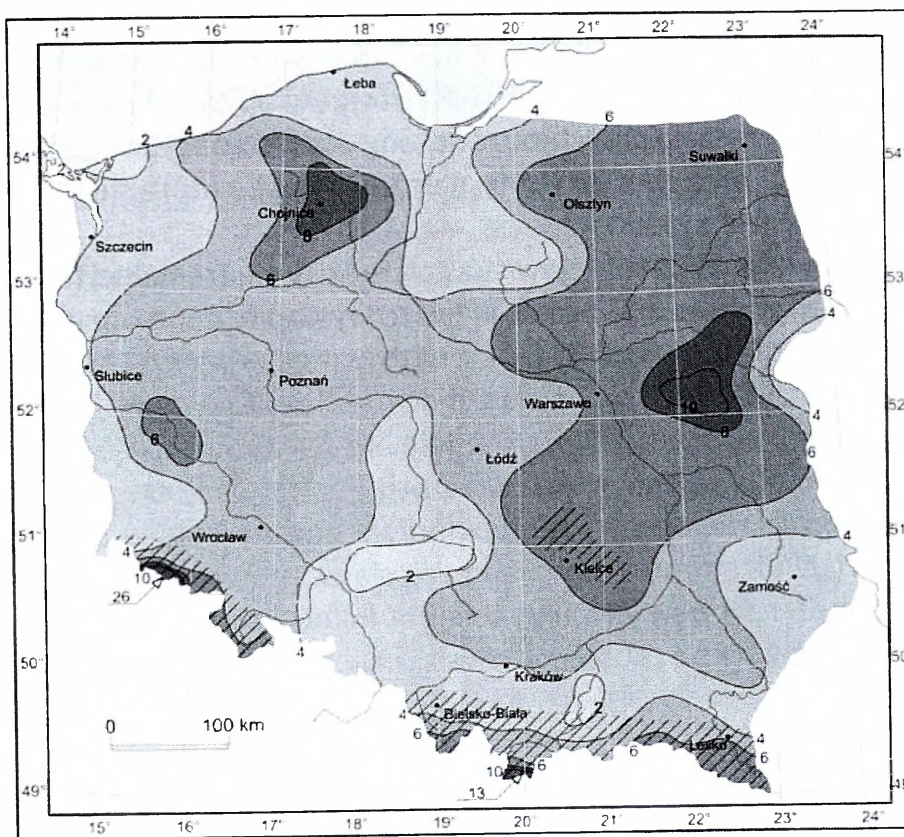
Podczas intensywnych opadów śniegu, marznącej mżawki, niskich temperatur należy stosować się do następujących zasad:

- w czasie intensywnych opadów śniegu w miarę możliwości pozostać w domu,
- wychodząc, ubierać się ciepło, w kilka warstw odzieży,
- nie wychodzić na mróz głodnym. Przed wyjściem zjeść kaloryczny posiłek,
- zabezpieczyć skórę twarzy i rąk przed mrozem tłustym kremem,
- przed wyjściem powiadomić domowników, współpracowników, dokąd idziemy i kiedy zamierzamy wrócić,
- zachować ostrożność, poruszając się po zaśnieżonym i oblodzonym terenie,
- uważać na zwisające sople i zwały śniegu na dachach,
- starać się podróżować wyłącznie za dnia,
- nie nadużywać alkoholu.

Podczas skraplania się pary wodnej na powierzchni ziemi tworzy się rosa, szron oraz szadź. **Rosa** tworzy się podczas bezchmurnej i bezwietrznej pogody – wieczorem i nocą, kiedy podłoże oziębia się wskutek wypromieniowania. W wyniku tego procesu temperatura powietrza spada, osiągając wartość temperatury rosy, a skroplona para wodna osiada na różnych powierzchniach (gleba, trawa, liście, kamienie itp.). **Szron** tworzy się w tych samych warunkach co rosa, lecz przy temperaturach podłoża niższych od 0°C. Osiada przeważnie na powierzchniach poziomych (zaorane pole, trawa, liście drzew, dachy domów itp.). **Szadź** ze względu na proces powstawania można podzielić na dwa rodzaje – szadź miękką i twardą. Szadź miękka to srebrzystoszary nalot, składający się z kryształków lodu osiadających na gałęziach drzew, narożników budynków itp. Powstaje wtedy, gdy mgła składająca się z kropelek wody

przechłodzonej zetknie się z przeszkodami stałymi. Z kolei szadź twarda powstaje wtedy, gdy po okresie silnych mrozów powieje ciepły i wilgotny wiatr. Powstaje wówczas mgła „rosząca”, a kropelki tej mgły w zetknięciu z wychłodzonymi przedmiotami zamarzają, tworząc osad o strukturze bardziej zwartej niż szadź miękka.

Do niebezpiecznych produktów kondensacji pary wodnej zalicza się również **gołoledź**. Jest to osad w postaci gładkiej, równej, przezroczystej warstwy lodu, pokrywającej podłoże. Do jej powstawania dochodzi w wyniku opadania kropelek wody (zazwyczaj mżawki lub mgły) na powierzchnię ziemi o temperaturze poniżej 0°C. Może ona również wystąpić w przypadku opadów deszczu po długotrwałych mrozach. Mokra nawierzchnia krzepnie, tworząc cienką i przezroczystą warstwę lodu. W praktyce zdarzają się sytuacje, gdy gołoledź tworzy się na powierzchniach o temperaturze dodatniej. Taka sytuacja ma miejsce podczas opadu przechłodzonych kropeł deszczu, jednakże w tym przypadku zjawisko gołoledzi nie utrzymuje się długo.



Źródło: Atlas klimatu Polski...

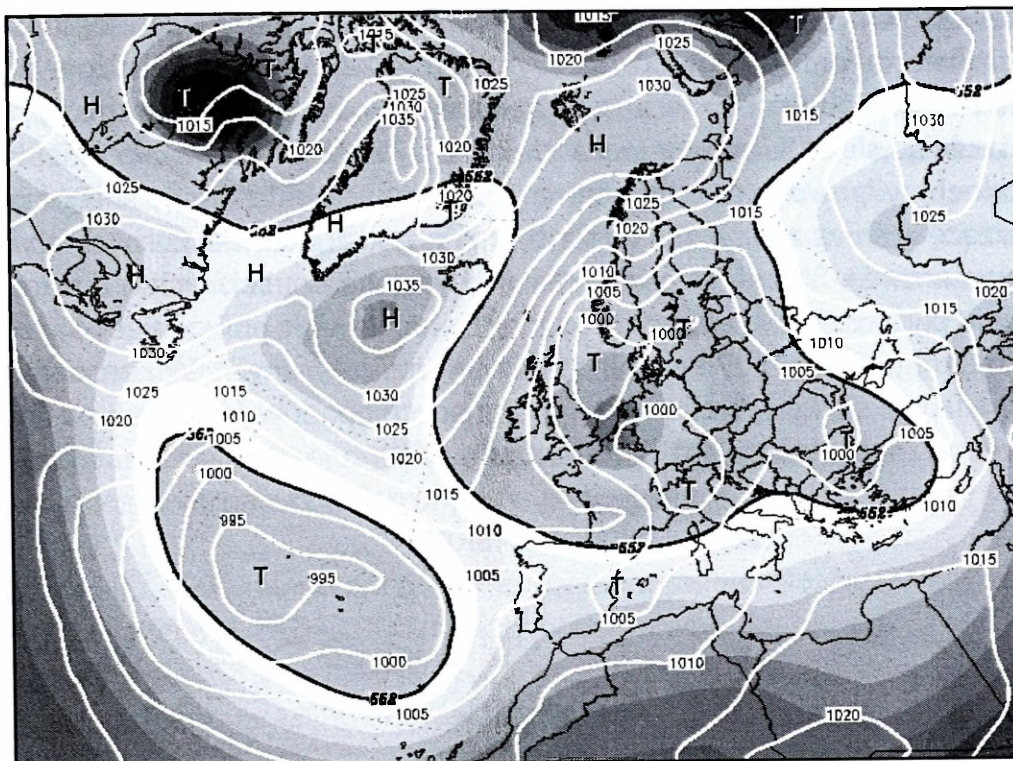
Ryc. 4.21. Średnia roczna liczba dni z wystąpieniem gołoledzi

Rozkład przestrzenny występowania gołoledzi w Polsce jest zróżnicowany. Najwięcej dni z tym zjawiskiem (oprócz obszarów górskich) odnotowano we wschodniej części Polski z maksimum powyżej 10 – Wysoczyzna Siedlecka. Na pozostałym obszarze kraju frekwencja dni z gołoledzią mieści się w przedziale 2–4 dni, z wyjątkiem centralnej części Pojezierza Pomorskiego, gdzie w rejonie Chojnic to zjawisko występuje częściej (ryc. 4.21).

Gołoledź należy do bardzo groźnych zjawisk pogodowych. Powoduje szkody komunikacyjne, czy nawet przerwy w dostawach energii na skutek gromadzenia się warstwy lodu na przewodach elektrycznych, co przyczynia się do zrywania ich. Opad, którego skutkiem jest gołoledź, powstaje z nagromadzonego zamarzającego deszczu, który natychmiast zamarza w zetknięciu z wychłodzoną powierzchnią. Taki opad najczęściej występuje w wąskim pasie po stronie chłodnego powietrza w strefie frontu ciepłego.

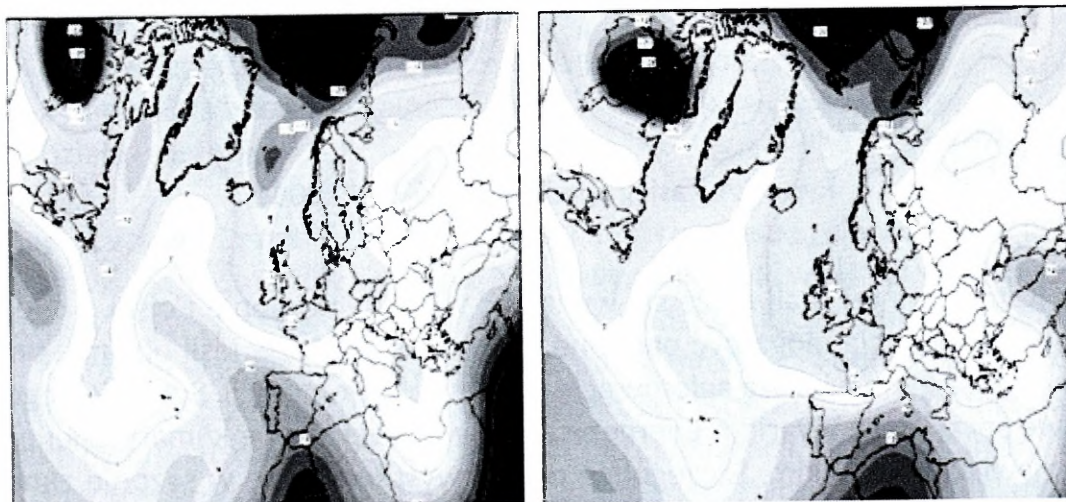
Powstawanie gołoledzi ma następujący przebieg: spadające płatki śniegu napotyka warstwę ciepłego powietrza na tyle grubą, że topnieją i stają się kroplami deszczu; krople deszczu spadają dalej i w zetknięciu z wychłodzonym przedmiotem (a dokładnie z cieniutką warstwą zimnego powietrza przylegającą do niego) zamarzają. Oznacza to, że krople deszczu nie zamarzają same z siebie – zostają przechłodzone (ang. *supercooling*) przez chłodną powierzchnię (drogi, linie energetyczne, gałęzie drzew), z którą się stykają, tworząc cienką powłokę z lodu.

Przykładowo wystąpienie zjawiska gołoledzi w ekstremalnej formie obrazuje sytuacja z kwietnia 2008 roku, kiedy to wystąpiły obfite opady mokrego i ciężkiego śniegu, który – osadzając się na drzewach, słupach energetycznych i liniach napowietrznych – doprowadził do największej w powojennej historii Polski katastrofy energetycznej. Dotknęła ona Szczecin i część Pomorza Zachodniego. Od poniedziałkowego wieczoru 7 kwietnia 2008 roku przez kilkadziesiąt godzin region zachodniopomorski pogrążył się w ciemnościach. Stały pociągi i tramwaje, odwołano zajęcia w szkołach. Zamknięto banki, sklepy i stacje benzynowe. Zamilkły telefony komórkowe i stacjonarne. Po kilku godzinach zaczęły się problemy z dostarczaniem bieżącej wody i odprowadzaniem ścieków.



Źródło: <http://www.wetterzentrale.de>.

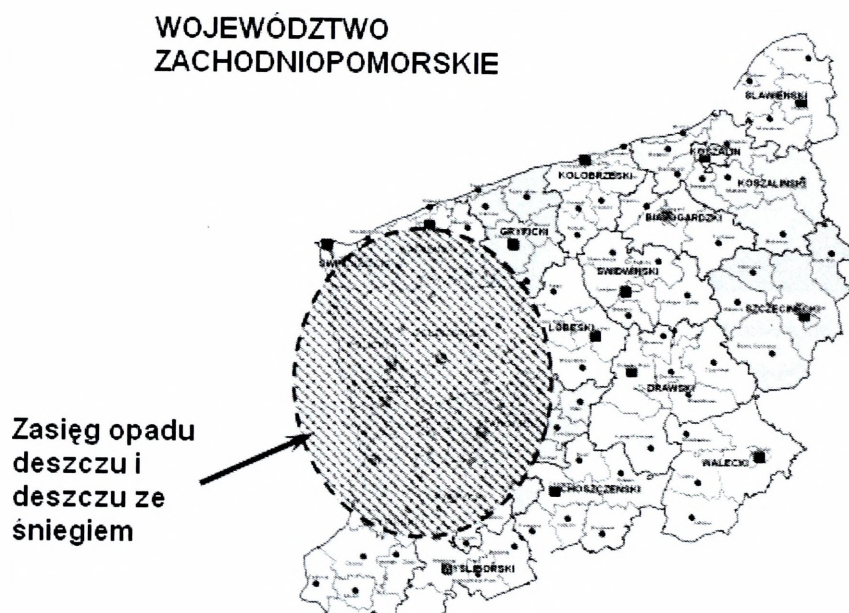
Ryc. 4.22. Mapa 500 hPa z naniesionym przyziemnym polem barycznym z 7.04.2008 r., 00.00 UTC



Źródło: tamże.

Ryc. 4.23. Mapy 850 hPa z naniesionym polem temperatury z 6–7.04.2008 r., 00.00 UTC

Gwałtowną zmianę pogody spowodował rozległy obszar niskiego ciśnienia zasilany dwoma ośrodkami niżowymi (ryc. 4.22 i 4.23). Układ niżowy w rejonie Morza Północnego wraz z systemem frontów atmosferycznych, przemieszczając się w kierunku wschodnim, przyniósł krótkotrwałe ocieplenie chłodnej i wilgotnej masy powietrza, powodując obfite opady śniegu przechodzące w śnieg z deszczem, a następnie w godzinach wieczornych szybkie ich zamarzanie. Szczególnie intensywne było ono w miejscach o dużym nasyceniu parą wodną, np. w pobliżu Odry i jej rozlewisk, powodując osadzanie się „mokrego śniegu”, zwłaszcza na liniach energetycznych. W konsekwencji gromadzenie się kolejnych warstw marznących opadów śnieżnych na liniach energetycznych doprowadziło do ich zerwania.



Źródło: [www.szczecin.eu](http://www.szczecin.eu).

Ryc. 4.24. Zasięg opadów w dniu 7.04.2008 r.

Katastrofa tej skali może się wydarzyć w każdym rejonie Polski, a skutki jej wystąpienia mogą być podobne, czy nawet większe, jeśli obejmie ona swym zasięgiem większą aglomerację lub zespół aglomeracji. Sytuacje pogodowe sprzyjające awariom energetycznym w naszej strefie klimatycznej nie są zjawiskiem rzadkim. Szczególnie często występują one w sezonie zimowym i wczesną wiosną, kiedy temperatura powietrza oscyluje w granicach 0°C, podczas występowania opadów marznących deszczu, deszczu ze śniegiem i mokrego śniegu. Jednakże rozmiar opisanej wyżej katastrofy (ryc. 4.24) pozwala przypuszczać, że warunki atmosferyczne były tylko jednym z czynników, który doprowadził do zdarzenia. Zawiódł system ostrzegania i powia-

damiania, a zaistniała sytuacja obnażyła fatalny stan techniczny sieci energetycznych w naszym kraju.

Najczęściej obfite opady śniegu w naszym regionie związane są z występowaniem chmur kłębiastych na frontach atmosferycznych w sezonie zimowym, jednak opady mokrego śniegu dominują późną jesienią i na wiosnę, kiedy mamy do czynienia ze ścieraniem się różnych mas powietrza – chłodnej i wilgotnej z północnego zachodu oraz cieplejszej z południa, gdy temperatura powietrza oscyluje w granicach 0°C. Dlatego w tym okresie prawdopodobieństwo zaistnienia awarii sieci energetycznych jest największe.

### **Rozmiar katastrofy energetycznej z 6–7.04.2008 r.**

(na podstawie danych ze strony: [www.szczecin.eu](http://www.szczecin.eu))

Około **628 000** mieszkańców województwa zostało pozbawionych energii elektrycznej, w tym **330 000** mieszkańców samego Szczecina.

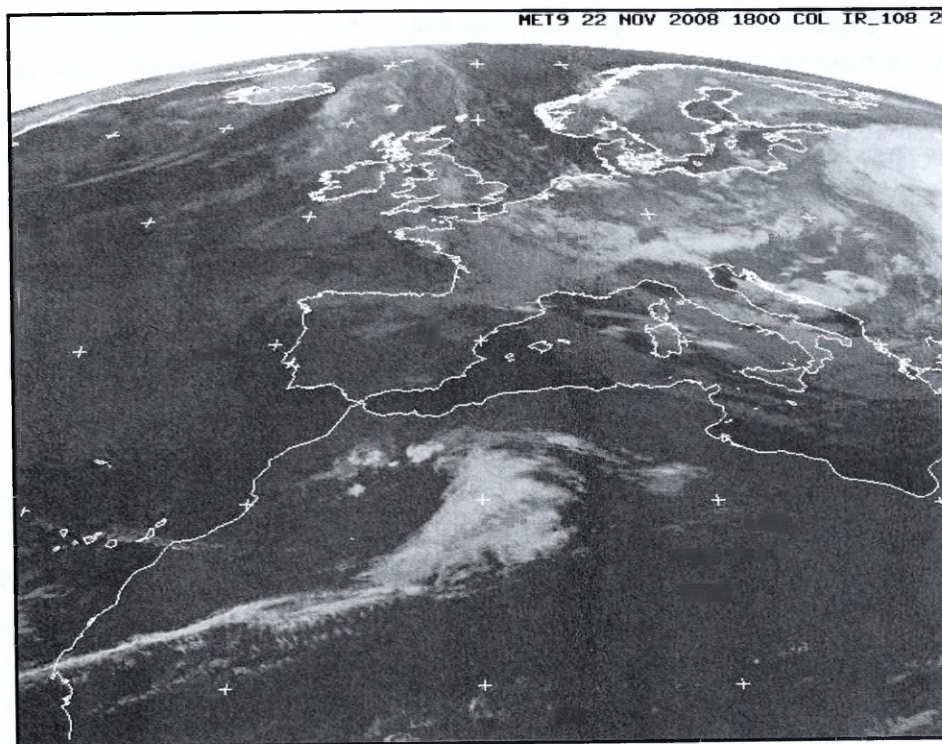
Utrudnienia w Szczecinie:

- nie funkcjonuje komunikacja tramwajowa,
  - nie funkcjonuje system zaopatrzenia w energię ciepłą,
  - występują utrudnienia w odprowadzaniu ścieków,
  - nieczynna jest sieć handlowa,
  - nieczynne są banki i bankomaty,
  - przerwana zostaje praca w zakładach przemysłowych, m.in. w Stoczni Szczecińskiej „Nowa”, Stoczni Remontowej „Gryfia”, Porcie Morskim Szczecin-Świnoujście,
    - ograniczona jest działalność szkół i przedszkoli,
    - nie działają kasy fiskalne, stacje paliw (brak zasilania dystrybutorów),
- nie działa Internet.

Jest szansa, że podobnych katastrof w tym rejonie uda się uniknąć w przyszłości. Niestety, okazuje się, że nie jest to wynik polityki władz, ale – jak to często bywa – i w tym miejscu o naszym bezpieczeństwie zadecyduje przypadek.

Ostatnio w lokalnych mediach ukazała się informacja odnośnie do dużej inwestycji w Szczecinie, w której donoszono, że fabryka podstaw do morskich elektrowni wiatrowych w Szczecinie jest bliżej realizacji. Firmy: Bilfinger, która chce postawić zakład, i PSE – właściciel linii energetycznej, porozumiały się. **Zakopią pod Odrą kable, które wiszą zbyt nisko i uniemożliwiają transport rzeką.** Spółki dogadały się po piątkowych rozmowach, w których uczestniczył też wicepremier Janusz Piechociński. Wcześniej Bilfinger informował, że jest gotowy wyłożyć na ten cel jedną trzecią kwoty. Koszty zakopania dwóch linii należących do PSE i Enei to blisko 30 mln złotych. Negocjacje z tą drugą firmą,





Źródło: <http://www.wetterzentrale.de>.

Ryc. 4.26. Obraz satelitarny z dnia 22.11.2008 r., 18.00 UTM

### **Wybrane doniesienia mediów odnośnie do skutków opadów „mokrego” śniegu z dnia 22.11.2008 r.**

(źródło: <http://www.gs24.pl/apps/pbcs.dll/article?AID=/20081122/REGION/223035019>)

*Ciężki śnieg i silny wiatr były przyczyną uszkodzenia ponad pół tysiąca stacji transformatorowych w regionie. Wyłączonych jest również 15 linii średniego napięcia. W niedzielę w południe bez prądu było około 10 tys. gospodarstw.*

*Obfity, mokry śnieg i silny wiatr były przyczyną uszkodzenia wielu stacji transformatorowych w regionie. Niestety, prognozy nie są budujące. W niedzielę po południu, wieczorem i w nocy spodziewane są kolejne opady śniegu. Do tego ma solidnie powiać.*

*Zima szaleje, ulegli jej nawet kolejarze. Obfite opady śniegu powaliły dziś przed południem drzewo stojące tuż przy szlaku z Białogardu do Szczecinka. Zdarzenie miało miejsce koło Wielanowa, w gminie Grzmiąca. Solidnej wielkości przeszkoda zawisała na trakcji elektrycznej. Strażacy mieli trudności z dotarciem na miejsce zda-*

rzenia. Na przeszkodzie utknął pociąg pospieszny „Krakowianka” relacji Kołobrzeg–Kraków, planowy odjazd ze Szczecinka o godz. 11.46. Skład spóźnił się ponad dwie godziny. Z tego samego powodu odwołano pociąg relacji Szczecinek–Kołobrzeg.

#### 4.4. Ograniczona widzialność i mgły

Widzialność, podobnie jak i dolna granica chmur, ma istotny wpływ na bezpieczeństwo wykonywania wszystkich operacji lotniczych. Zła widzialność utrudnia wykrywanie i rozpoznawanie naziemnych punktów orientacyjnych, a tym samym utrudnia, a czasami uniemożliwia wykonywanie lotów. Zależy ona od wielu czynników, a zwłaszcza od zawartości w powietrzu różnych zawiesin (kurzu, dymu, kropelek wody, płatków śniegu) oraz od wysokości punktu obserwacyjnego, oświetlenia i sposobu obserwacji. Widzialność jest elementem meteorologicznym charakteryzującym przezroczystość powietrza, która pogarsza się głównie z powodu takich zjawisk, jak: mgły, zamglenia, opady atmosferyczne, zamiecie i zawieje śnieżne, zmętnienie, niskie chmury warstwowe itp. Widzialność ma szczególne znaczenie dla komunikacji lądowej, morskiej i powietrznej. Parametr ten jest jednym z kryteriów określających minimalne warunki startu i lądowania statków powietrznych.

*Instrukcja dla stacji meteorologicznych* (IMGW, 1988) określa widzialność poziomą jako największą odległość, z której:

„a) w dzień – czarny przedmiot odpowiednich rozmiarów, znajdujący się w pobliżu gruntu, byłby jeszcze widoczny i rozpoznawalny na tle nieba lub zmętnienia atmosfery,

b) w nocy – czarny przedmiot odpowiednich rozmiarów, znajdujący się w pobliżu gruntu, byłby jeszcze widoczny i rozpoznawalny na tle nieba lub zmętnienia atmosfery, gdyby ogólne oświetlenie nocne zostało nagle wzmocnione do normalnego oświetlenia dziennego, albo jest to również największa odległość, z której jest jeszcze widoczne światło o określonym natężeniu”.

W praktyce pomiaru widzialności dokonuje się wizualnie lub instrumentalnie. Metoda wizualna polega na określeniu widzialności w umownej skali na podstawie widoczności obiektów ustawionych w znanych odległościach od obserwatora. W tym celu wykonuje się schematy widzialności. Na schematach tych są naniesione punkty stałe (obiekty) zlokalizowane w terenie, zwane reperami, do których znana jest odległość i azymut. Obserwacji widzialności w dzień dokonuje się według omówionego schematu widzialności, pamiętając o tym, że obiekt uznaje się za niewidoczny tylko w tym przypadku, gdy całkowicie zlewa się z tłem i nie może być od niego odróżniony. W porze nocnej reperami są obiekty oświetlone, jednak uwzględnić trzeba fakt, że światło po-

winno być białe i o jednakowym natężeniu. Przykładowo światło czerwone widoczne jest z odległości ośmiokrotnie większej niż białe.

Ograniczenie widzialności poziomej może również być spowodowane przez opady. Opadem związanym z niskimi chmurami warstwowymi jest mżawka, która w znacznym stopniu ogranicza widzialność, szczególnie gdy łączy się z zamgleniem lub mgłą. Opady mżawki najczęściej występują w przejściowych porach roku, natomiast w zimie związane są z adwekcją ciepłego powietrza. Opady jednostajne typowe są dla chmur warstwowch stratus (St), nimbostratus (Ns). Zachmurzenie tego typu związane jest przeważnie z występowaniem frontów atmosferycznych (najczęściej frontów ciepłych) oraz przeważnie (w przebiegu rocznym) w miesiącach przejściowych pór roku (wiosna, jesień) w godzinach przedpołudniowych z grubą warstwą chmur podinwersyjnych. Natomiast opady intensywne związane są z chmurami kłębiastowarstwowymi oraz kłębiastymi (Cb), typowymi dla frontów atmosferycznych (najczęściej frontu chłodnego) oraz burz wewnątrzmasowych.

Opad śniegu w większym stopniu niż opad deszczu pogarsza widzialność poziomą. Podczas słabego jednostajnego opadu śniegu widzialność wynosi średnio ok. 1 km, a przy intensywnych opadach śniegu zmniejsza się od kilkuset nawet do kilkudziesięciu metrów. Podczas zimy duży wpływ na widzialność mają również zawieje oraz zamiecie śnieżne. Porywanie śnieżynki z pokrywy śnieżnej przy braku opadu zmniejsza widzialność tylko do kilku metrów od powierzchni ziemi. W zależności od prędkości wiatru zamieć śnieżna może ograniczać widzialność poziomą do kilkuset metrów. Znacznie bardziej widzialność ograniczają zawieje śnieżne. Jednoczesne wypadanie śniegu i występowanie silnego wiatru może zmniejszać widzialność nawet do kilkudziesięciu metrów.

### **Produkty kondensacji pary wodnej w warstwie przyziemnej**

Zasadniczą przyczyną mającą wpływ na pogarszanie widzialności w przyziemnej warstwie atmosfery jest kondensacja pary wodnej, w wyniku której powstaje zamglenie lub mgła. *Instrukcja dla stacji meteorologicznych* (IMGW, 1988) definiuje mgłę jako zawiesinę drobnych kropelek wody lub kryształków lodu w powietrzu, które powodują spadek widzialności poziomej w przygruntowych warstwach powietrza, tak że na wysokości oczu obserwatora (za poziom oczu obserwatora przyjęto 1,80 m nad gruntem) stojącego na gruncie we mgle widzialność pozioma jest mniejsza od 1 km.

Na szczytach górskich jako mgłę traktuje się okrywające je chmury. Wodność mgły wzrasta pod wpływem dwóch zasadniczych procesów: zwiększania się ilości pary wodnej oraz obniżania się temperatury powietrza. W danej masie powietrza wzrost ilości pary wodnej może się odbywać się pod wpływem wyparowania wody z powierzchni ziemi i wyparowania kropel deszczu lub na

skutek turbulencyjnego mieszania. Obniżenie się temperatury (w danej masie powietrza) może być spowodowane następującymi przyczynami: turbulencyjną i molekularną wymianą ciepła z sąsiednimi masami powietrza i z podłożem, ochładzaniem przez wypromieniowanie, adyabatycznym rozprężaniem we wznoszącej się cząsteczce powietrza. Klasyfikację mgieł przeprowadza się w zależności od sposobu ochładzania się powietrza. Do głównych typów zalicza się mgły: radiacyjne, adwekcyjne, adwekcyjno-radiacyjne, z wyparowania, frontowe.

**Mgła radiacyjna** tworzy się nad lądem w najniższych warstwach powietrza, podczas bezchmurnej pogody i przy słabym wietrze, kiedy na spadek temperatury powietrza wpływa silne wypromieniowanie ciepła z podłoża. W okresie lata powstawaniu tego rodzaju mgły sprzyjają intensywne burze i opady przelotne występujące w ciągu dnia, silnie nawilżające glebę.

**Mgła adwekcyjna** związana jest z napływem ciepłej masy powietrza nad chłodniejsze podłoże, w wyniku czego dochodzi do powstania warstwy inwersyjnej. Warunki sprzyjające powstawaniu mgieł adwekcyjnych występują wówczas, gdy istnieje duży poziomy gradient temperatury, zorientowany w kierunku przemieszczania się mas powietrza. Nad lądem mgły adwekcyjne najczęściej występują jesienią i zimą. Wtedy cieplejsze powietrze polarne morskie (znad Atlantyku) napływa nad wychłodzony ląd. Mgły adwekcyjne mogą się utrzymywać znacznie dłużej niż mgły radiacyjne.

**Mgła adwekcyjno-radiacyjna** powstaje nad lądem przede wszystkim w chłodnej porze roku, nocą przy słabej adwekcji ciepłego i wilgotnego powietrza. Prędkość wiatru zazwyczaj nie przekracza 4 m/s. Jednocześnie następuje ochładzanie się stosunkowo ciepłego powietrza, jednak nie na tyle, aby osiągnąć stan nasycenia i kondensacji pary wodnej.

Na skutek dodatkowego nocnego wychłodzenia podłoża i powietrza w warstwie przyziemnej w opisanych warunkach zachodzi zagęszczenie cienkiej warstwy występujących chmur warstwowych lub zamglenia nad powierzchnią ziemi, co prowadzi do stopniowego ich obniżania się i przechodzenia w mgłę. Procesowi powstawania mgły sprzyja nocny spadek prędkości wiatru.

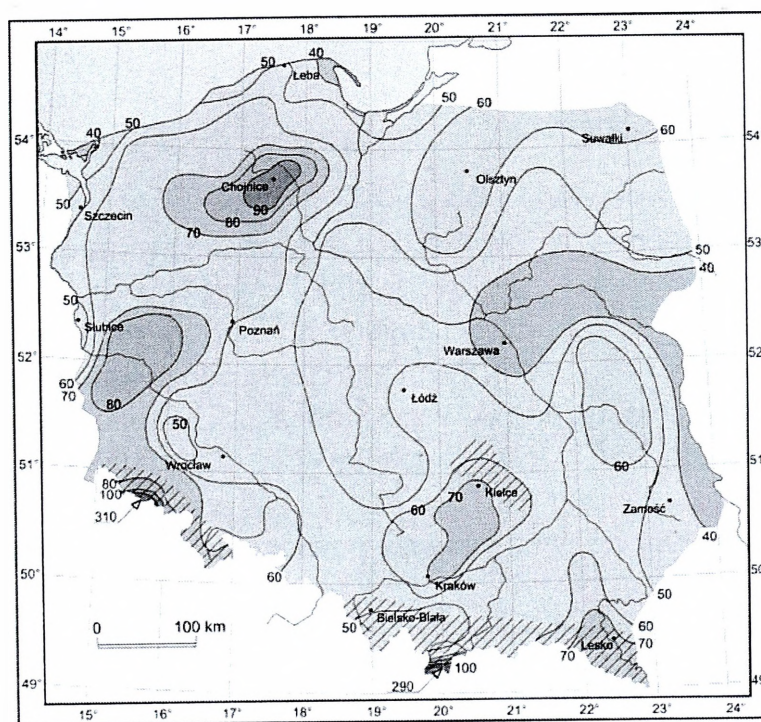
**Mgła z wyparowania** powstaje w chłodnym powietrzu podczas jego ruchu nad ciepłą powierzchnią wody. Jeżeli w chłodnym powietrzu przed jego napływem nad ciepłą powierzchnię wody występowała silna przyziemna inwersja temperatury, to nad ciepłą wodą inwersja ta zaniknie w najniższej warstwie. Nagrzewające się pod uniesioną inwersją powietrze osiągnie pewien stopień chwiejności. Dlatego para wodna parująca z powierzchni wody unoszona jest konwekcyjnie pod warstwą inwersji. Część pary ulega przy tym kondensacji, w wyniku czego pod inwersją powstaje mgła. Prędkość parowa-

nia z powierzchni względnie ciepłej wody zależy od różnicy temperatur powierzchni wody i chłodnego powietrza, a także od prędkości wiatru.

Wymienione rodzaje mgieł to mgły wewnątrzmasowe. Istnieją również mgły pozostające w związku z frontami, jak jeden z rodzajów mgły z parowania – mgła przedfrontowa. W cyklu dobowym proces powstawania i utrzymywania się mgieł w godzinach nocnych i rannych wiąże się z występowaniem przyziemnej inwersji radiacyjnej (rys. 4.28).

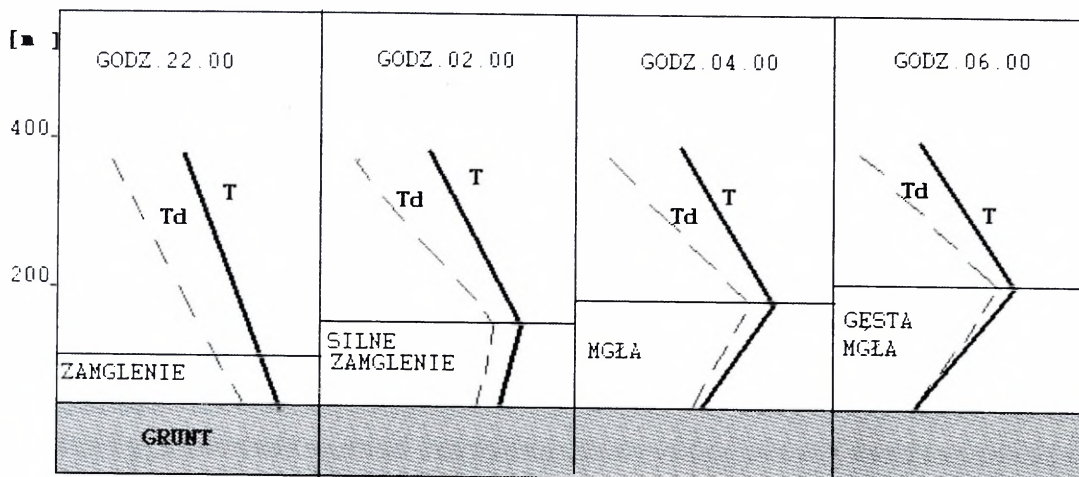
**Faza nocna inwersji radiacyjnej** następuje po zachodzie słońca. Jej przyczyną jest powstawanie inwersji temperatury na skutek wypromieniowania ciepła z powierzchni gruntu. Wytworzona stała stratyfikacja termiczna przeciwdziała prądom konwekcyjnym wstępującym, hamuje turbulencję i sprzyja gromadzeniu się pyłów, dymów stanowiących jądra kondensacji pary wodnej. Nocny spadek temperatury wpływa na zmniejszenie higroskopijności powietrza, a tym samym na moment powstania mgły. Wielkość nocnego spadku temperatury zależy od pory roku, zachmurzenia, wiatru i rodzaju gruntu.

**Faza dzienna inwersji radiacyjnej** jest związana z dopływem promieniowania słonecznego. Krótco po wschodzie słońca, wraz ze wzrostem temperatury powierzchni gruntu powietrze przy powierzchni ziemi zaczyna się nagrzewać. Wzrost temperatury powietrza w ciągu dnia powoduje stopniowy zanik przyziemnej warstwy inwersyjnej. W wyniku procesu kondensacji pary wodnej w przyziemnej warstwie powietrza dochodzi do powstawania zamglenia i mgieł.



Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 4.27. Zjawiska atmosferyczne. Średnia roczna liczba dni z mgłą



Objaśnienia: T – temperatura powietrza, Td – temperatura punktu rosy

Rys. 4.28. Powstawanie i rozwój zamglenia i mgły w wyniku przygruntowej inwersji temperatury

Roczny rozkład przestrzenny liczby dni z mgłą w Polsce charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem (ryc. 4.27). Najwięcej dni z mgłą rejestruje się w wysokich partiach gór (ponad 200 dni) i na obszarach nizinnych Polski zachodniej (80–90 dni). Najmniejszą liczbą dni z mgłą charakteryzuje się obszar na wschodzie – od Niziny Mazowieckiej przez Wysoczyznę Siedlecką do Polesia Lubelskiego (poniżej 40 dni).

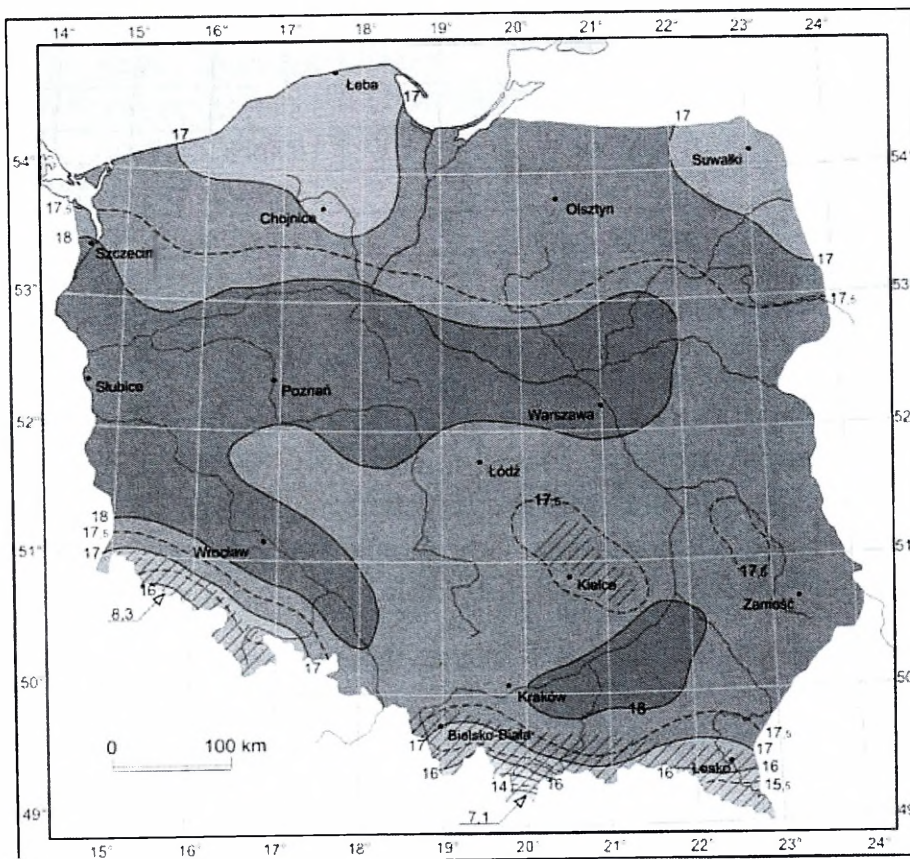
#### 4.5. Wysokie temperatury

Każde ciało zawiera pewien zasób energii cieplnej, który określa się mianem temperatury. **Temperatura powietrza** charakteryzuje termiczny stan atmosfery i jest wprost proporcjonalna do średniej energii kinetycznej cząsteczek, z których składa się powietrze. Jej zmiany zależą od wymiany ciepła między powierzchnią Ziemi i atmosferą. Wymiana ciepła odbywa się drogą:

- promieniowania krótkofalowego Słońca, pochłanianego przez atmosferę i powierzchnię Ziemi, oraz promieniowania długofalowego powierzchni Ziemi i atmosfery,
- przewodnictwa cieplnego między powierzchnią Ziemi a podłożem stałym (glebą),
- przenoszenia ciepła między powierzchnią Ziemi i atmosferą lub między powierzchnią lądową i wodną dzięki ruchom turbulencyjnym.

Przemiany fazowe wody powodują utratę ciepła w procesie parowania i topnienia oraz zysk ciepła w procesie kondensacji i zamarzania. Zmiany temperatury zachodzą również niezależnie od wymiany ciepła z otoczeniem, przy rozprężaniu i sprężaniu na skutek zmian ciśnienia i objętości, głównie przy wznoszeniu się lub osiadaniu masy powietrza. Tego rodzaju zmiany temperatury noszą nazwę *adiabatyecznych*.

**Upał** to pojęcie meteorologiczne opisujące stan pogody, gdy temperatura powietrza przy powierzchni ziemi przekracza  $+30^{\circ}\text{C}$ . W Polsce najwyższa temperatura powietrza występuje w lipcu oraz sierpniu. Dane statystyczne wskazują, że zagrożenie upałami dotyczy głównie lipca. W najcieplejszym miesiącu roku, jakim jest lipiec, przestrzenny rozkład temperatury powietrza jest zróżnicowany (ryc. 4.29). Tradycyjnie najniższe temperatury występują w północno-wschodniej Polsce, ale również na obszarze środkowego i wschodniego wybrzeża polskiej części Morza Bałtyckiego. Najwyższe temperatury (izoterma  $+18^{\circ}\text{C}$ ) występują wzdłuż dorzecza Odry przez środkowy bieg i ujście Warty do środkowej części dorzecza Wisły. Na pozostałym obszarze (z wyjątkiem strefy klimatu górskiego) zakres temperatur zamyka się w izotermach  $16\text{--}17^{\circ}\text{C}$ .



Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 4.29. Przestrzenny rozkład pola temperatury w Polsce – średnia lipca

Podsumowując, należy wskazać, że najniższe średnie wartości temperatur w Polsce notuje się w górach (w najcieplejszym miesiącu roku – lipcu, w wysokich partiach gór izoterma wynosi poniżej 15°C). W nizinnej części kraju najchłodniejszy jest rejon północno-wschodni – izoterma lipca poniżej 17°C (z izotermą na południowy wschód od Suwałk). W rejonie tym zimy są ostrzejsze i dłuższe, a lata stosunkowo krótkie i niezbyt ciepłe. Natomiast obszar z najwyższymi temperaturami (izoterma lipca powyżej 18°C) rozciąga się od zachodu na linii Szczecin–Słubice–Wrocław i dalej w kierunku wschodnim wzdłuż Wielkopolski do Warszawy oraz obejmuje obszar zamknięty izotermą 18°C w rejonie Krakowa.

Tabela 4.7

*Najwyższe temperatury w Polsce w ujęciu historycznym*

Temperatura	Miejsce	Data
+40,2	Prószków k. Opola	29 lipca 1921 r.
+39,5	Słubice	30 lipca 1994 r.
+38,4	Koło	21 lipca 1998 r.
+38,2	Poznań	11 lipca 1959 r.
+38,2	Toruń	11 lipca 1959 r.
+37,8	Szczecin	1 sierpnia 1994 r.
+37,6	Łódź	1 sierpnia 1994 r.
+37,5	Słubice	16 lipca 2007 r.
+37,4	Wrocław	1 sierpnia 1994 r.
+37,2	Łeba	10 sierpnia 1992 r.

Źródło: IMGW.

### **Jak organizm reaguje na upał?**

Wysoka temperatura w środku lata cieszy zarówno dzieci, jak i dorosłych. Należy jednak pamiętać, że upalne, słoneczne dni to szczególnie trudny czas dla osób starszych, przewlekle chorych i zmagających się ze schorzeniami układu sercowo-naczyniowego. Gdy słupek rtęci dochodzi do 25°C w cieniu, utrzymanie właściwej temperatury ciała staje się priorytetem organizmu człowieka.

Tabela 4.8

## Klasyfikacja stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych – upały (IMGW)

Stopień zagrożenia: <b>1</b>	<b>T max</b> ≥ 30°C i czas trwania zjawiska 2 lub 3 dni na przeważającym obszarze	Najniższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b> . Ryzyko udaru słonecznego, uszkodzenia asfaltowych nawierzchni dróg, wzrost zagrożenia pożarowego. Zalecana ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.
Stopień zagrożenia: <b>2</b>	<b>T max</b> ≥ 30°C i czas trwania zjawiska 4 lub 5 dni na przeważającym obszarze	Wyższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b> . Duże ryzyko udaru słonecznego, zagrożenie życia, uszkodzenia asfaltowych nawierzchni dróg, duże zagrożenie pożarowe. Zalecana ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.
Stopień zagrożenia: <b>3</b>	<b>T max</b> ≥ 30°C i czas trwania zjawiska > 5 dni na przeważającym obszarze	Najwyższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b> . Bardzo duże ryzyko udaru słonecznego, zagrożenie życia, uszkodzenia asfaltowych nawierzchni dróg, duże zagrożenie pożarowe. Zalecana najwyższa ostrożność, potrzeba śledzenia komunikatów i rozwoju sytuacji pogodowej.

Źródło: <http://www.imgw.pl/extcont/ostrezenia/meteo/klasyfikacja.html>.

Naczynia krwionośne rozszerzają się, serce bije szybciej i zaczynamy się intensywnie pocić – właśnie w taki sposób nasze ciało usiłuje ochronić się przed śmiertelnie groźnym przegrzaniem. Zdolność do regulowania podstawowej temperatury ciała może być jednak osłabiona w związku z problemami zdrowotnymi. Z tego powodu osoby starsze i przewlekle chore (np. na choroby układu krążenia, cukrzycę) powinny w szczególny sposób dbać o siebie w upalne dni. Upał może być niebezpieczny również dla młodych, żar lejący się z nieba przyczynia się do spadku koncentracji i wydajności w pracy, uczucia

rozleniwienia, senności i niepokoju. W takie dni wieczorny relaks jest na wagę złota, bez względu na wiek i stan zdrowia. W czasie upału naturalną reakcją organizmu jest wydzielanie większych ilości potu. Człowiek poci się, by utrzymać prawidłową temperaturę ciała (36,6°C) – przegrzanie organizmu wiąże się bowiem z ryzykiem udaru cieplnego.

### **Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczania ich skutków**

Zapobieganie zagrożeniom związanym z wysokimi temperaturami polega przede wszystkim na:

- informowaniu władz województwa o przewidywanych upałach,
- informowaniu społeczeństwa z wykorzystaniem środków masowego przekazu o szczególnie dużym zagrożeniu pożarowym lasów i wprowadzonych w związku z tym okresowych zakazach wstępu na tereny leśne oraz o stanie technicznym szlaków komunikacyjnych,
- ograniczeniu prędkości i dodatkowym oznakowaniu odcinków dróg, ostrzegającym o niebezpieczeństwie wynikającym z upałów (miękką nawierzchnia),
- dysponowaniu danymi o gotowości sił i środków do zapobiegania oraz usuwania skutków suszy i upałów (od służb leśnych, drogowych, kolejowych, rolniczych).

### **Skala i skutki zagrożenia**

Długo utrzymujące się upalne dni wpływają na niekorzystne zmiany w funkcjonowaniu infrastruktury państwa, zwłaszcza transportu, w tym szczególnie kolejowego i drogowego. Upały mogą spowodować uszkodzenia nawierzchni dróg wykonanych z masy mineralno-bitumicznej i szlaków kolejowych (wypaczenia szyn), co w konsekwencji może doprowadzić do katastrof komunikacyjnych. Wysokie temperatury będą sprzyjać powstawaniu przestrzennych pożarów lasów. Upały wiosenne mogą spowodować duże straty w rolnictwie, utrudnione warunki hodowli zwierząt. Niski poziom wód w ciekach wodnych, do których odprowadza się ścieki, może spowodować wysokie skażenie środowiska. Upały mogą powodować negatywne skutki dla zdrowia ludzi, zwłaszcza osób starszych, dzieci, osób cierpiących na schorzenia układu krążenia. Ponadto mogą wywołać zakłócenia w dostawach energii elektrycznej (uszkodzenia sieci spowodowane wysoką temperaturą), przeciążenie sieci elektroenergetycznych w związku z wykorzystywaniem urządzeń i systemów klimatyzacji i chłodzenia, zwłaszcza w dużych aglomeracjach miejskich, a także ograniczenia w dostawach prądu na skutek wyłączeń bloków energetycznych elektrowni z powodu ograniczonych możliwości ich chłodzenia (sytuacja z sierpnia 2015 roku).

### **Instytucje monitorujące**

#### **Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej**

ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa

tel. (22) 56-94-100

faks (22) 834-18-01, (22) 834-54-66

email: [imgw@imgw.pl](mailto:imgw@imgw.pl)

[www.imgw.pl](http://www.imgw.pl)

#### **Instytut Badawczy Leśnictwa (zagrożenie pożarowe w lasach)**

Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej nr 3, 05-090 Raszyn

tel. (22) 71-50-300, (22) 71-50-301 – centrala

faks (22) 72-00-397

e-mail: [ibl@ibles.waw.pl](mailto:ibl@ibles.waw.pl)

[www.ibles.pl](http://www.ibles.pl)

### **Informacje o zagrożeniu**

Serwis IMGW – [www.pogodynka.pl](http://www.pogodynka.pl), zakładka ostrzeżenia/ostrzeżenia meteorologiczne

Serwis IBL – <http://bazapozarow.ibles.pl/zagrozenie/index.php>

## Podsumowanie

Badania naukowe pokazują, że prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń meteorologicznych będzie wzrastać. W Polsce, gdzie społeczeństwo się starzeje, można spodziewać się coraz silniejszego wzrostu negatywnych konsekwencji spowodowanych m.in. nasilającymi się falami upałów. Oprócz wzrostu ryzyka bardziej intensywnych, częstszych i długotrwałych fal upałów przewidyje się spadek dobowej amplitudy temperatury oraz zmniejszanie się liczby dób z przymrozkami i falami występowania mrozów. Niestety, analiza zmian ekstremów jest bardzo trudna ze względu na dużą zmienność naturalną procesów hydrometeorologicznych oraz zmian związanych z procesem globalnego ocieplenia klimatu. Ponadto brak jest odpowiednich danych pomiarowych niezbędnych do analiz. Monitoring jest niewystarczający, a nawet jeśli istnieją szeregi czasowe pomiarów, dostęp do nich jest trudny z powodu wysokiej, zaporowej ceny danych zbieranych przez monopolistę – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Mimo ogromnych możliwości technicznych, jakimi dysponują współczesne społeczeństwa, ryzyko katastrof naturalnych nie daje się zmniejszyć do zera. Wzrost zamożności społeczeństwa i koncentracja bogactwa wpływa na większe uzależnienie się Polaków od infrastruktury, dlatego nawet wydarzenia mniejszej skali mogą obecnie przynieść wielkie straty materialne. Istniejące projekcje wskazują, że ekstrema klimatyczne mogą być częstsze i silniejsze. Podejmowanie racjonalnych decyzji ochronnych wymaga uzupełnienia istniejącej wiedzy na temat procesów prowadzących do zagrożeń i praktycznych działań umożliwiających efektywne ich ograniczenie. W Polsce, mimo że szczęśliwie wiele zagrożeń nie występuje (np. tsunami czy erupcje wulkanów), doświadczenia z powodziami w latach 1997, 2001 i 2010 pokazują, że w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom pozostało wiele do zrobienia.

## 5. Zagrożenia hydrologiczne

Powódź jest naturalnym zjawiskiem przyrodniczym powodującym destrukcyjne zmiany w środowisku. Trwa dosyć długo i obejmuje swoim zasięgiem znaczny obszar. W Polsce ma charakter cykliczny i jak większość zjawisk hydrologiczno-meteorologicznych, jej intensywność jest zależna od pory roku. Dlatego powódzie dzieli się na: opadowe (głównie w sezonie letnim), roztopowe (sezon wiosenny), zimowe (skutek gwałtownych zmian temperatury powietrza czy zalegania na rzekach zwałów lodu) i sztormowe (najczęściej sezon jesienny).

Pierwsze wzmianki na temat powodzi w Polsce można znaleźć w starych kronikach i rocznikach, np. w *Rocznikach* Jana Długosza czy kronikach Królestwa Polskiego, jednak mają one charakter informacji o danym zjawisku bez danych pomiarowych określających choćby jego zasięg i skalę. Na początku XIX wieku rozpoczęto systematyczne obserwacje wahań stanów wody, dzięki czemu można było rozpocząć badania naukowe nad tym zjawiskiem oraz na podstawie ciągów danych uzyskanych z wyników pomiarowych przewidywać prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi.

Współcześnie badania hydrologiczne są oparte nie tylko o sieć wodowskazowych punktów pomiarowych, ale również wykorzystuje się do nich zaawansowane środki teleinformatyczne oraz pomiary uzyskiwane z sieci stacji radarowych i satelitów. Niestety, dynamiczny rozwój naszej cywilizacji i chęć szybkiego zysku często jest powodem ingerencji w środowisko przyrodnicze bez analizy skutków wystąpienia w nim zjawisk ekstremalnych. Dlatego mimo istnienia zaawansowanych środków technicznych monitorujących środowisko w Polsce ciągle zbyt często jesteśmy zaskakiwani przez zjawiska ekstremalne, takie jak powódzie. Do niedawna **Polska była uważana za kraj niemal pozbawiony zagrożeń naturalnych**. W istocie nasz kraj wyróżnia się pod tym względem pozytywnie w stosunku do krajów Europy Południowej, nie wspominając już o innych krajach pozaeuropejskich, gdzie według statystyk ma miejsce ok. 90% wszystkich katastrof naturalnych. Nie znaczy to, że w naszym kraju nie zdarzały się żadne nieszczęścia. Źródła historyczne donoszą o trzęsieniach ziemi na Podhalu i w południowej Polsce (ostatnie większe przejawy tych zjawisk miały miejsce w XVIII wieku). Poważne straty powodowały powódzie, w tym na naszych głównych rzekach. Katastrofy zdarzały się też na klifowym wybrzeżu Bałtyku.

Przełomowym okresem dla wzrostu świadomości społeczeństwa oraz decydentów w odniesieniu do katastrofalnych zagrożeń naturalnych było lato 1997 roku. W okresie tym nastąpiła katastrofalna powódź na Odrze i jej do-

pływach, która objęła obszary przygraniczne Czech, Polski i Niemiec. Odnotowano kilkadziesiąt ofiar, a znaczące tereny wsi i miast (w tym Wrocławia) znalazły się pod wodą. Do dziś nie wszystkie zniszczenia infrastruktury zostały usunięte.

## 5.1. Zasoby wodne w Polsce

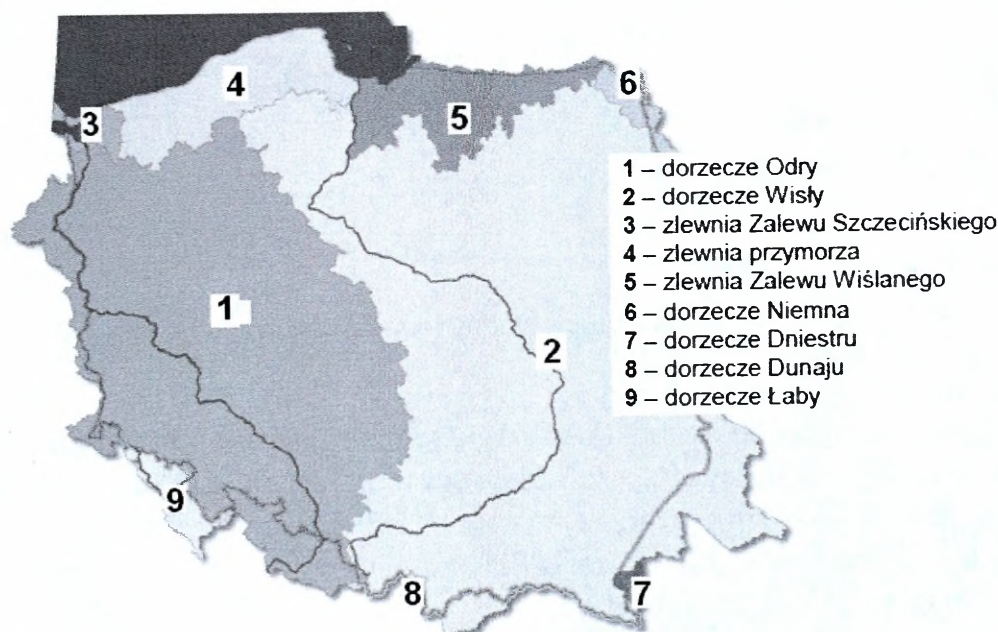
Pod pojęciem zasobów wodnych należy rozumieć wszystkie wody nadające się do wykorzystania, będące w zasobach kuli ziemskiej (jeziorne, rzeczne, morskie, podziemne, glebowe, zmagazynowane w lodowcach górskich i polarnych oraz parę wodną zawartą w atmosferze). W literaturze dotyczącej tematyki hydrologicznej przy rozpatrywaniu poszczególnych obiektów hydrograficznych można spotkać dwa pojęcia: *zasoby wodne* i *zapasy wodne*. W hydrologii ogólnej (Baumgartner, Liebscher, 1996) w rozdziale o wodach hydrosfery podzielono zasoby wodne na wody globu ziemskiego oraz wody będące w ciągłym obiegu. Przy takim podziale wód należy je rozpatrywać w kilku jednostkach, w wymiarze objętości lub warstwy, jak i w jednostkach objętości na jednostkę czasu. Zwięzłą definicję zasobów wodnych podano w International Glossary of Hydrology UNESCO/WMO (1992), gdzie „Zasoby wodne – wody dostępne lub te, które mogą być dostępne do wykorzystania w regionie, oznaczonej ilości i jakości, w ciągu danego okresu, przy określonych potrzebach”.

W literaturze polskiej zasoby i zapasy wodne traktuje się równorzędnie – jako corocznie odnawialną ilość wody. Według Z. Kaczmarka (1978): „Zasoby wodne kraju lub regionu mierzymy za pomocą objętości wody wytwarzanej na danym terenie w określonym przedziale czasu w wyniku procesów atmosferycznych”. Wskazuje on następnie, że znaczne wielkości opadów atmosferycznych, z których większość wody wraca do atmosfery w procesie parowania, zasilają rzeki, jeziora i wody podziemne, które traktuje się jako zasoby wodne kraju. Jednak najprostszą definicję zasobów wodnych można znaleźć w pracy S. Kleczkowskiego i W. Mikulskiego (1995) gdzie: „Naturalne zasoby wodne (zasoby hydrologiczne) to ogół wód powierzchniowych i podziemnych (płytkich), czyli odpływ rzeczny – średni odpływ całkowity z wielolecia (zasoby wodne brutto)”.

Na zasoby wodne składają się trzy rodzaje wód: opady i osady atmosferyczne, wody podziemne i wody powierzchniowe – objęte rocznym cyklem hydrologicznym (Mikulski, 1996). Opady i osady atmosferyczne dostarczają wody bezpośrednio do odbiorcy – konsumenta. W naszych warunkach klimatycznych korzysta z nich rolnictwo i leśnictwo. Dopiero czasowy niedobór opadów sprawia, że te gałęzie gospodarki muszą sięgać po inne zasoby wodne. Wody podziemne głębokie (niezasilające wód powierzchniowych) są prze-

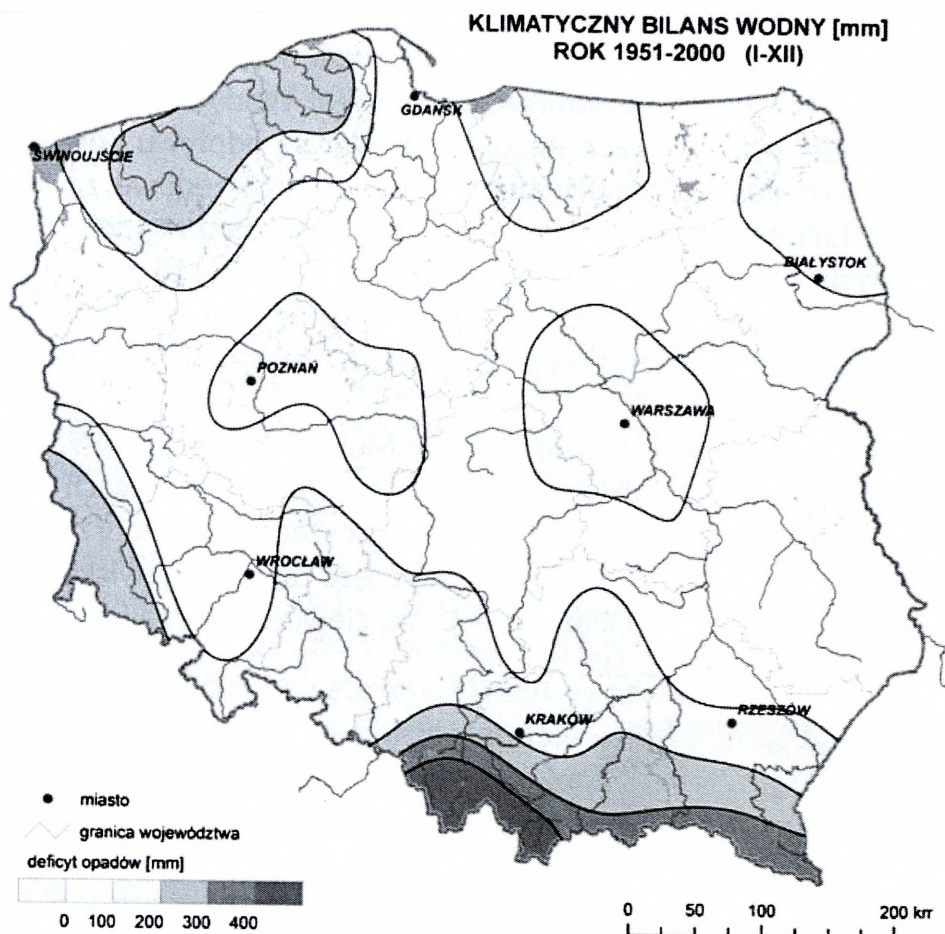
znaczone (zgodnie z prawem wodnym) do zaopatrzenia ludności, głównie do celów konsumpcyjnych. Pobór tych wód nie może zakłócać równowagi hydrodynamicznej (trwale obniżać poziomu wodonośnego). Wody powierzchniowe to roczna wielkość odpływu rzecznego, pochodząca z odpływu powierzchniowego i gruntowego (wody podziemne płytkie, czwartorzędowe, zasilające wody powierzchniowe), a także odpływu z jezior. Są one przeznaczone głównie dla przemysłu i do nawodnień. Odpływ rzeczny (roczny) to zasoby wodne (brutto) na potrzeby gospodarki narodowej. Zasoby dyspozycyjne (netto) otrzymuje się w wyniku utrzymania przepływu rzecznego na poziomie przepływu nienaruszalnego.

Polska należy niemal w całości do zlewiska Morza Bałtyckiego (99,5% powierzchni kraju w zlewisku Bałtyku). Na dorzecze Wisły (w granicach Polski) przypada 55,7%, na dorzecze Odry – 33,9%, na dorzecza rzek Pobrzeża Bałtyckiego – 9,3% powierzchni kraju. Pozostałą część zajmują: zlewisko Morza Czarnego (dorzecza Dunaju i Dniestru) – 0,2%, zlewisko Morza Północnego (dorzecze Łaby) – 0,1% (ryc. 5.1).



Ryc. 5.1. Jednostki hydrograficzne w Polsce według Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej (KZGW)

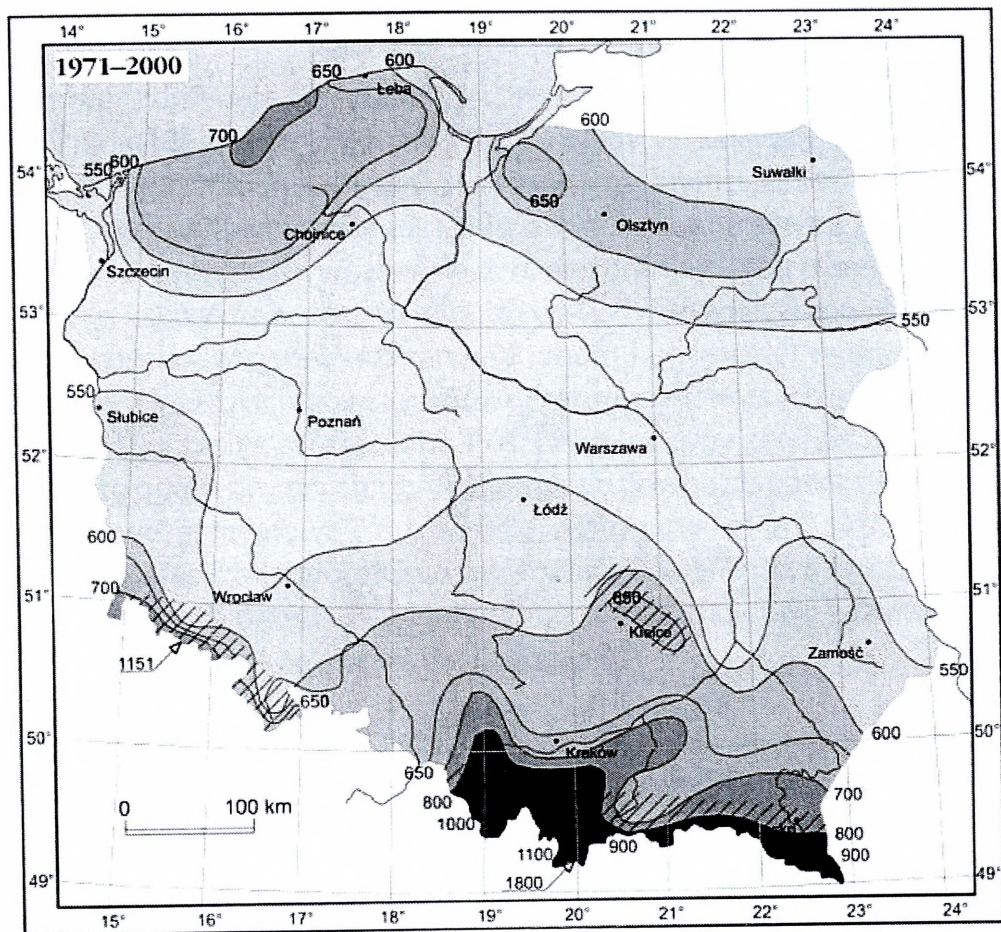
Opady atmosferyczne, a także osady (rosa, mgła itp.) powstają na skutek transportu pary wodnej w atmosferze. Opad atmosferyczny cechuje się dużą zmiennością czasową, jak i obszarową. Wielkości średnie opadów z wielolecia zawierają się w granicach 585–658 mm, przy wielkości średniej (1901–1990) wynoszącej 629 mm.



Źródło: IMGW, Poznań 2008.

Ryc. 5.2. Klimatyczny bilans wodny (opad – parowanie) w mm

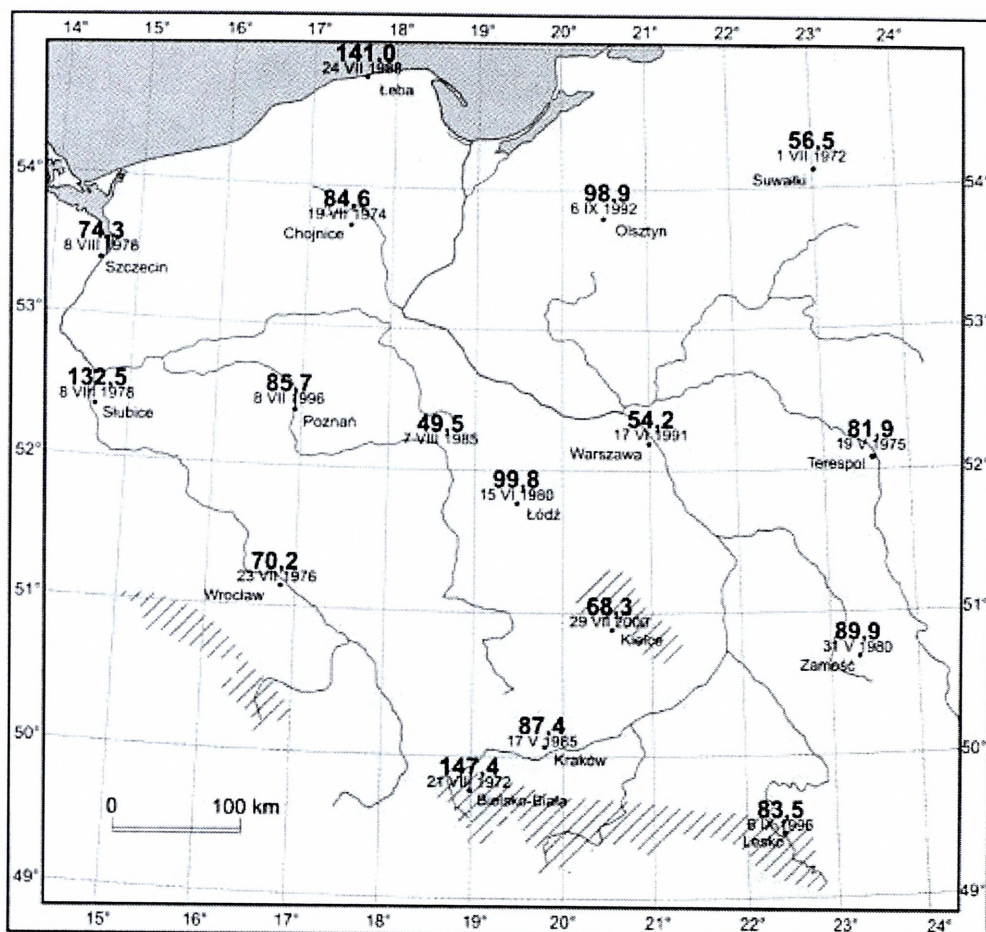
W Polsce najlepsze warunki pod względem odnawialności zasobów wodnych występują na wybrzeżu, wzdłuż granicy morskiej ok. 100 km w głąb lądu oraz w górach na całym obszarze Karpat (ryc. 5.2). Deficytem wodnym odznaczają się obszary w centralnej części Polski z minimum na Nizinie Mazowieckiej i Pojezierzu Wielkopolskim.



Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 5.3. Opady atmosferyczne – wysokości średnie roczne (mm)

Rozkład przestrzenny opadów atmosferycznych w Polsce charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem. Największą wartość w skali rocznej notuje się w górach, z maksimum w Tatrach – powyżej 1100 mm. Mniejsze wartości (650–700 mm) notuje się na Pobrzeżu Słowińskim i Pojezierzu Mazurskim oraz na obszarach wyżynnych południowej i południowo-wschodniej Polski. Najmniejsze sumy opadów atmosferycznych w bilansie rocznym (poniżej 550 mm) notuje się w pasie centralnym od granicy z zachodniej do wschodniej (ryc. 5.3).



Źródło: tamże.

Ryc. 5.4. Opady atmosferyczne - ekstremalne wysokości dobowe sum opadów w Polsce od początku XX wieku na wybranych stacjach meteorologicznych (mm)

Tabela 5.1

Opady atmosferyczne - ekstremalne wartości (mm) od początku XX wieku

<b>Największe dobowe sumy opadów</b>
300,0 mm, 30 czerwca 1973 r. - Hala Gąsienicowa
285,0 mm, 16 lipca 1934 r. - Witów
269,4 mm, 16 lipca 1934 r. - Hala Gąsienicowa
<b>Największe miesięczne sumy opadów</b>
806,0 mm, lipiec 1980 r. - Dolina Pięciu Stawów
787,9 mm, lipiec 2001 r. - Dolina Pięciu Stawów
743,1 mm, lipiec 2001 r. - Hala Gąsienicowa
<b>Największe roczne sumy opadów od początku XX wieku</b>
2770,0 mm, 2001 r. - Dolina Pięciu Stawów
2628,0 mm 2001 r. - Hala Gąsienicowa
2599 mm 2001 r. - Kasprowy Wierch

Źródło: Atlas klimatu Polski...

## 5.1. Zjawisko powodzi w Polsce – rozkład przestrzenny

Pojęcie *powódź* definiuje się w oparciu o pojęcie *wezbranie*. Pod pojęciem *wezbranie* rozumie się wyraźny wzrost stanów wody w ciekach i jeziorach, spowodowany zwiększonym zasilaniem lub incydentalnym podniesieniem zwierciadła wody, wywołanym szczególnymi zjawiskami naturalnymi. **Powódź** jest szczególnym przypadkiem wezbrania, tzn. wezbraniem, które przynosi straty gospodarcze i społeczne. Jest to więc zjawisko hydrologiczne o charakterze społeczno-gospodarczym. Wezbrania (a zatem i powodzie) mogą mieć różne przyczyny. Geneza ich powstawania determinuje okres ich występowania oraz lokalizację i zasięg terytorialny. Poszczególne typy genetyczne wezbrań mają ponadto odmienny przebieg. Wyróżnia się powodzie opadowe (deszczowe), roztopowe, sztormowe i zatorowe. Często powódź jest skutkiem kilku przyczyn działających jednocześnie, np. topi się śnieg, pada deszcz, zaś spływająca kra utyka na przeszkodach, tworząc zatory. Mówi się wówczas o powodziach mieszanych – roztopowo-opadowych.

### Rodzaje powodzi

Mówiąc o powodzi, myślimy zazwyczaj o powodziach spowodowanych wylaniem się rzek. Nie jest to jednak jedyny rodzaj powodzi, a w każdym razie nie jest to jedyna przyczyna zalania czy podtopienia domów, dróg, obiektów użyteczności publicznej i innych. W praktyce źródłami zagrożenia są:

- powódzie rzeczne – spowodowane długotrwałymi deszczami lub topiącym się na wiosnę śniegiem; w konsekwencji następuje zalanie terenów wzdłuż rzek i strumieni;
- powódzie spływowe – spowodowane spływającą po zboczach i stokach wodą zmieszaną z błotem i kamieniami w terenie, gdzie nie ma wykształconej bogatej sieci koryt rzek i strumieni. Są one bardzo groźne dla położonych na stokach budynków i pól, które zostają czasami pokryte dość grubą warstwą namulców;
- powódzie gwałtowne – spowodowane krótkotrwałymi, silnymi deszczami nawalnymi w terenach górzystych o dużych spadkach, gdzie czas od opadu do sformowania się powodzi jest bardzo krótki (podobnie krótko trwa sama powódź). Ten rodzaj powodzi zasługuje na szczególną uwagę, gdyż jest ona trudna do prognozowania i zwykle jest zbyt mało czasu, by ostrzec przed nią kogokolwiek. Trzy czwarte wypadków śmiertelnych w USA jest spowodowanych przez takie powodzie;
- gromadzenie się wód – spowodowane zatrzymaniem wód opadowych na obszarach położonych niżej niż teren otaczający. Ten rodzaj zalewu jest

zwykle trudny do likwidacji – wymaga albo przepompowania dużych objętości wody, albo długotrwałego oczekiwania na odparowanie lub wsiąknięcie;

- powódzie zatorowe – spowodowane zablokowaniem koryta rzeki śryżem lub lodem; w konsekwencji następuje spiętrzenie wody i zalanie okolicznych terenów;

- powódzie sztormowe – występują na wybrzeżu morskim i są spowodowane spiętrzeniem wód w odcinkach ujściowych rzek przez wiatry wiejące od morza, co utrudnia odpływ wód rzecznych.

### **Typy powodzi**

Ze względu na przyczyny powstawania wyróżnia się cztery typy wezbrań (powodzi): opadowe (typ O), roztopowe (typ R), zatorowe (typ Z) oraz sztormowe (typ S).

**Powódzie opadowe** – nazywane również letnimi, spowodowane są intensywnymi opadami deszczu. Ich przebieg oraz zasięg zależą od charakteru deszczu. Najgwałtowniejsze, lecz jednocześnie o stosunkowo niedużym zasięgu są powódzie wywołane deszczami nawałnymi (tzw. oberwanie chmury). Deszcze te mają charakter lokalny i występują częściej w obszarach górskich i podgórskich, rzadziej zaś na obszarach nizinnych. Występują zazwyczaj w okresie od lipca do września, a ich nasilenie przypada na miesiące lipiec i sierpień. Zdecydowanie szerszy zakres oraz większe skutki mają powódzie wywołane deszczami frontalnymi lub rozlewnymi. Mogą one obejmować znaczne obszary kraju (nawet całe dorzecza), i to zarówno doliny rzeczne, jak i obszary (doliny) bezodpływowe. Przykładem są tu powódzie z lat: 1934, 1960, 1970, 1980, przy czym powódź w 1980 roku objęła swym zasięgiem bardzo rozległe przestrzenie, w tym również tereny rolnicze położone w dolinach bezodpływowych na nizinnych obszarach Polski.

**Powódzie roztopowe** – powodowane są gwałtownym topnieniem pokrywy śnieżnej, często potęgowanym nagłym ociepleniem i opadami deszczu. Ich zasięg terytorialny jest duży. Przebieg wezbrania uzależniony jest od grubości pokrywy śnieżnej oraz warunków meteorologicznych w okresie tajania śniegu. Przykładem są powódzie w latach 1958 i 1979 w dorzeczu Narwi, kiedy to zasoby wody w pokrywie śnieżnej odpowiadały 200–250 mm wysokości opadu. Najgroźniejsze powódzie roztopowe występują w rzekach nizinnych, a szczególnie w dolnym biegu Wisły i Odry oraz Warty.

**Powódzie zatorowe** – zimowe, dzielą się na: zatorowe lodowe i zatorowe ryżowe. Różnią się one nie tylko genezą powstawania, ale także lokalizacją, zasięgiem, porą występowania i towarzyszącymi im warunkami. Odmienne są również sposoby przeciwdziałania oraz zwalczania zatorów śryżowych i lodowych. Przyczyną zatorów śryżowych jest wielkie nasilenie tworzenia się

lodu dennego i śryżu, który wpływając pod istniejącą pokrywę lodową może tak zmniejszyć przepustowość koryta, że spowoduje spiętrzenie wód doływających. Przykładem może być tutaj katastrofalna powódź na Wiśle w rejonie Płocka w zimie 1982 roku spowodowana zatorem śryżowym, którego czoło uformowało się w Zbiorniku Włocławskim.

Polska położona jest na styku oddziaływania klimatów morskiego i kontynentalnego, co powoduje stosunkowo częste zmiany temperatury w okresie zimowym. To sprawia, że Odra i Wisła należą do rzek bardzo podatnych na tworzenie się śryżu. Zatary lodowe są powodowane zablokowaniem lub ograniczeniem przekroju koryta rzeki przez nagromadzoną krę. Te zjawiska występują na rzekach polskich stosunkowo często (sprzyja temu kierunek biegu rzek z południa na północ, czyli z rejonu cieplejszego do chłodniejszego), jednakże dzięki odpowiednim akcjom ochronnym nie powodują one na ogół w ostatnich latach większych strat.

**Powodzie sztormowe** – mają stosunkowo mały zasięg występowania. Wywołane są silnymi wiatrami (7–8<sup>o</sup>B), wiejącymi w kierunku lądu, które powodują spiętrzenie wód Bałtyku. Powodziami tymi zagrożone są obszary wybrzeża morskiego oraz doliny ujściowych odcinków rzek.

### **Klasyfikacja powodzi w Polsce**

(na podstawie opracowania *Zagrożenia naturalne* autorstwa: M. Barszczyńska, E. Bogdanowicz, Ł. Chudy, M. Karzyński, R. Konieczny, M. Krawczyk, M. Mierkiewicz, A. Ordak, C. Rataj, M. Sasim, M. Siudak, M. Sztobryn, IMGW, Warszawa 2002)

**Powodzie opadowe (deszczowe)** – mogą pojawiać się w różnych rejonach Polski i są spowodowane mniej lub bardziej intensywnymi opadami deszczu. Najgroźniejsze, głównie ze względu na szybkość powstawania i przemieszczania się, są wezbrania na rzekach górskich i podgórskich. Nie zawsze jednak duże opady powodują powodzie. Zdarza się, że intensywne opady deszczu rzędu kilkudziesięciu milimetrów w ciągu doby, występujące po okresie bez opadów, w czasie bujnego rozwoju roślinności nie powodują dużych wzrostów stanu wody w rzekach. Ale zdarza się i tak, że nawet niewielkie opady, nieosiągające wartości przeciętnych, mogą stanowić poważne zagrożenie powodziowe, gdy są poprzedzone okresem deszczowym.

W dorzeczu Odry za największą powódź opadową przed rokiem 1997 uważa się wezbranie z lipca 1903 roku, kiedy to rzeka przerwała wały i zalała miasta, wsie i pola uprawne na obszarze 900 km<sup>2</sup>. W następnych latach stworzono m.in. system zabezpieczenia Wrocławia złożony z kanałów ulgi, obwałowań oraz polderów. Wszystkie te techniczne środki przeciwpowodziowe były wystarczające aż do powodzi z 1997 roku. W dorzeczu Wisły, również

dotkniętym powodzią z 1903 roku, największym było jednak wezbranie z lipca 1934 roku. Spowodowały je intensywne deszcze, zwłaszcza w Tatrach i Gorcach, które spadły na podłoże nasycone przez wcześniejsze duże opady. Powódź o nienotowanych dotąd rozmiarach objęła dorzecze Dunajca, Raby oraz część dorzeczy Skawy i Wiśłoki. Śmierć poniosło 55 osób. Zalanych zostało 1260 km<sup>2</sup> terenu, przez co straty gospodarcze były olbrzymie.

#### **Powódź opadowa w dorzeczu Odry w lipcu 1997 roku**

Spowodowały ją kilkudniowe, trwające od 5 do 9 lipca opady, osiągające lokalnie 500 mm, które 3-4 razy przekraczały średnie sumy miesięczne. Charakterystyczną cechą omawianego wezbrania był niezwykle gwałtowny przybór wody w rzekach. Maksymalne dotychczas zanotowane poziomy wody zostały na górnej Odrze przekroczone na odcinku długości ponad 500 km, licząc od granicy państwa. Od Chałupek do ujścia Nysy Kłodzkiej zabrakło podziatki na latach wodowskazowych. Od 18 do 22 lipca wystąpiły kolejne opady, które spowodowały wezbrania jeszcze większe od tych z pierwszych dni miesiąca. Ocenia się, że przepływy maksymalne były w niektórych miejscach bliskie przepływowi, jakie statystycznie mogą się zdarzyć z prawdopodobieństwem 0,1% (jest to tzw. woda tysiącletnia). Zalane lub podtopione zostały niemal wszystkie miasta leżące nad górną i środkową Odrą, zniszczeniu uległo 72 267 budynków, 612 km obwałowań, 3744 mosty. W tym okresie powódź wystąpiła również w dorzeczu Wisły. W całej Polsce spowodowała wielkie straty materialne. Ogółem w Polsce śmierć poniosło 55 osób, a straty oszacowano na 14 miliardów złotych.

#### **Powódź opadowa w dorzeczu Wisły w lipcu 2001 roku**

Jej przyczyną były ulewne opady deszczu i burze, które ze zmienną intensywnością występowały przez cały lipiec. Podczas 1-2 dni spadło miejscami dwukrotnie więcej deszczu niż przeciętnie w ciągu miesiąca. Spowodowało to zagrożenie powodziowe na całej długości Wisły, spotęgowane dodatkowo awariami budowli hydrotechnicznych. Doszło do rozmycia wałów w rejonie zbiornika Chanem na Czarnej Staszowskiej oraz przerwania grody budowanego zbiornika Wióry na Świślinie i w konsekwencji zalania znacznej części Ostrowca Świętokrzyskiego. Stany alarmowe zostały przekroczone od Sandomierza aż do zbiornika we Włocławku, czyli na długości ponad 300 km. Utrzymały się one przez 2-3 dni, co spowodowało, że wały przeciwpowodziowe zaczęły przesiąkać, a w niektórych miejscach zostały przerwane. Do przerwań doszło w rejonie ujścia Sanu do Wisły, obok miejscowości Kamień i Kępa Gostecka. Ogólne straty oszacowano na 4 miliardy złotych.

**Powodzie roztopowe** – spowodowane są topnieniem pokrywy śnieżnej. Pojawiają się na wszystkich rzekach kraju, ale najgroźniejsze rozmiary osią-

gają na dużych rzekach nizinnych. Jeśli obfity śnieg leży na zamrożonym gruncie, a w okresie roztopowym nastąpi gwałtowny wzrost temperatury powietrza, pokrywa śnieżna stopi się szybko i w krótkim czasie dopłynie, po zamrożonym podłożu, do rzek, powodując powódź. Tak zdarzyło się w Polsce podczas zimy 1978/1979, która zakończyła się największą i najgroźniejszą w historii regularnych obserwacji powodzią roztopową. Według analizy wezbrań na rzekach polskich w latach 1951–1990, wykonanej w IMGW, powódź roztopowa z 1979 roku była największym wezbraniem w Polsce zaobserwowanym w tym czterdziestoleciu. Szczególnie dotkliwie dotknęła ona dorzecze Bugu i Narwi. Objętość fali powodziowej w przekroju Tczew wyniosła ponad 18 km<sup>3</sup>, co stanowi absolutne maksimum objętości fali powodziowej zaobserwowanej kiedykolwiek na Wiśle. Natomiast gwałtowny odpływ wód roztopowych w 1994 roku zagroził przede wszystkim nizinnej części dorzecza Wisły (*Dorzecze Wisły...*, 1997). Niestety, powódzie roztopowe w kontekście historycznym w zlewni Wisły są stosunkowo mało udokumentowane. Ma to m.in. związek z faktem, że często występowały równocześnie z powodziami zatorowymi, które tradycyjnie uważa się za bardziej niebezpieczne, i zostały opisane razem z nimi. Historyczne powódzie w zlewni Odry są znacznie lepiej udokumentowane niż powódzie wiślane dzięki zapiskom kronikarzy niemieckich. W wieku XX największe zagrożenia wystąpiły w latach: 1903, 1958, 1977, 1981, 1985 i 1997 (opadowe) oraz w 1994 i 1995 (roztopowe). W odróżnieniu od Wisły na Odrze największym zagrożeniem są powódzie opadowe.

#### ***Powódź roztopowa z marca i kwietnia 1979 roku w dorzeczu Narwi i Bugu***

*Jej przyczyną było gwałtowne stopnienie wielkich mas śniegu zgromadzonych w czasie „zimy stulecia” 1978/1979. Silne mrozy w grudniu 1978 r. spowodowały głębokie przemarznięcie gruntu. Grubość pokrywy śnieżnej pod koniec lutego 1979 wahała się od 70 do 120 cm, a grubość lodu na Bugu dochodziła miejscami do pół metra. Marcowe ocieplenie i padający deszcz spowodowały znaczny wzrost poziomu wody w rzekach i przekroczenie maksymalnych, zanotowanych przed rokiem 1979, stanów wody. W ciągu około 50 dni trwania powodzi objętość wody, która dopłynęła Narwią do Wisły, wyniosła 7,5 km<sup>3</sup>, co stanowi około 12% całkowitej objętości wody odprowadzanej w ciągu roku wszystkimi polskimi rzekami do Bałtyku. Powódź uszkodziła lub zniszczyła 17 749 budynków i 1250 mostów, zalanych zostało około 1 mln ha gruntów. Pod wodą znalazła się jedna trzecia Pułtusza. Trzeba było ewakuować ponad 33 tys. ludzi.*

**Powódzie zatorowe** – pojawiają się w czasie zamarzania rzeki, gdy w wodzie powstaje śryż, czyli kryształki lodu spowalniające przepływ wody i sprzyjające powstawaniu zatoru, albo też podczas kruszenia się pokrywy lodowej

przy dodatnich temperaturach. Dochodzi wówczas do spiętrzenia kry. Najgroźniejsze powodzie zatorowe powstają podczas wezbrań roztopowych na dużych rzekach nizinnych, a także w ujściach rzek uchodzących do Bałtyku. Powodzie zatorowe są zjawiskiem charakterystycznym dla dolnego odcinka Wisły – ze względu na morfologię koryta jest to bardzo zatorogenny fragment rzeki. Wystąpienie zatorów obserwuje się zazwyczaj po długotrwałych zimach i na długich odcinkach rzek.

#### **Powódź w rejonie Płocka w styczniu 1982 roku**

*Była to najgroźniejsza ze współczesnych powodzi zatorowych. Spowodowały ją wyjątkowo niekorzystne warunki meteorologiczne. Po kilkudniowej odwilży nastąpiło gwałtowne ochłodzenie i w ciągu kilkunastu godzin temperatura powietrza spadła o około 20°C (od 1 do -20°C). Bezchmurna pogoda sprzyjała wypromieniowaniu przez wodę ciepła i tworzeniu się w wodzie śryżu, który w krótkim czasie wypełnił 1/3 objętości zbiornika we Włocławku, niemal całkowicie hamując przepływ wody. W efekcie utworzył się zator lodowy długości około 100 km, nastąpiły przewrnięcia wałów ochronnych i wylewy wody na przylegające tereny. Zalana została lewobrzeżna część Płocka, ewakuowano 14,5 tys. ludzi z 2700 gospodarstw, pod wodą znalazło się około 10 tys. ha gruntu.*

**Powodzie sztormowe** – źródłem większości zagrożeń hydrologicznych na terenach nadmorskich są powodzie sztormowe oraz zatorowe, szczególnie gdy wystąpią równocześnie z falą powodziową na rzekach, nawałnymi opadami deszczu lub roztopami. Przyczyną powodzi sztormowej jest wiatr o sile przekraczającej 6°B (Beauforta), w przypadku wybrzeża Polski wiejący najczęściej z kierunków północnych. Spycha on masy wodne ku brzegowi, powodując zalewanie terenu i „wpychanie” wody w ujścia rzek. Zagrożenie powodzią sztormową na południowym wybrzeżu Morza Bałtyckiego występuje dość często, bo kilkanaście razy w ciągu roku. Najbardziej spektakularna powódź sztormowa wystąpiła w styczniu 1983 roku. W wyniku sztormowej pogody na Bałtyku na przełomie 1982 i 1983 roku i silnych wiatrów zachodnich (8–10°B) nastąpiło spiętrzenie wód Bałtyku wzdłuż polskiego wybrzeża ok. 50–60 cm powyżej średniego poziomu morza. W dniach 19 i 20 stycznia zostały przekroczone maksymalne stany wody z poprzednich 30 lat. Zagrożone były obszary nadmorskie, a przede wszystkim Półwysep Hel i tereny polderów żuławskich.

#### **Spiętrzenia sztormowe Bałtyku**

*Wzrost poziomu morza podczas spiętrzenia sztormowego u wybrzeży bywa bardzo gwałtowny. W styczniu 1993 r., podczas katastrofalnego sztormu, który spo-*

wodował zatonięcie polskiego promu „Heweliusz”, w basenie Zatoki Puckiej poziom morza wzrósł o prawie 200 cm w ciągu 1-2 godzin. Fala sztormowa z listopada 1995 r. podniosła w Świnoujściu, w ciągu kilku godzin, poziom morza aż do 674 cm (najwyższy w dziejach, zaobserwowany tu przedtem poziom wynosił 696 cm). Ten sam sztorm wywołał również spustoszenia na wyspach duńskich i na niemieckim wybrzeżu Bałtyku.

#### **Potencjalne możliwości wystąpienia różnych typów powodzi:**

- powódzie opadowe – ich przyczyną są silne opady naturalne, czyli o dużym natężeniu, lub rozlewne na dużym obszarze zlewnym;
- powódzie roztopowe – ich przyczyną jest gwałtowne topnienie śniegu;
- powódzie sztormowe – ich przyczyną są silne wiatry, sztormy występujące na zalewach i wybrzeżach;
- powódzie zatorowe: zatorowo-lodowe, zatorowo-śryżowe;
- powódzie wywołane awariami budowli przeciwpowodziowych lub niewłaściwym gospodarowaniem wodą na zbiornikach.

#### **Rodzaj powodzi ze względu na zalany obszar:**

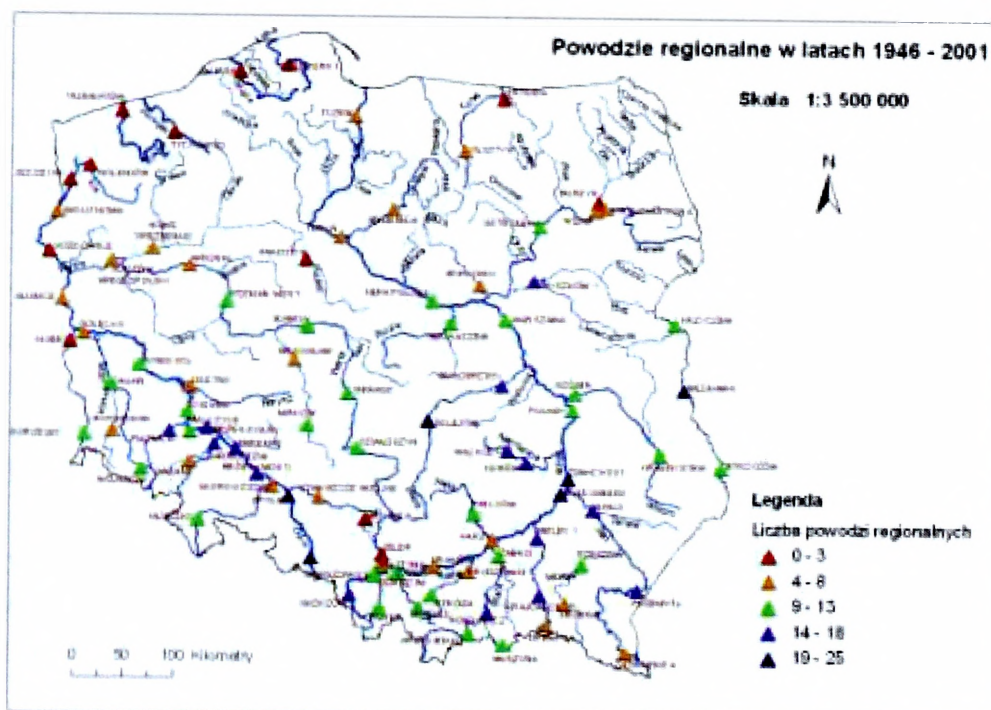
- lokalne, obejmujące swym zasięgiem małe zlewnie i spowodowane opadami nawalnymi o dużej wydajności;
- regionalne, obejmujące w zasadzie tylko jeden rejon hydrograficzny;
- krajowe, obejmujące kilka podstawowych regionów hydrograficznych – tu przyczyną powodzi są długotrwałe deszcze obejmujące swym zasięgiem większe obszary.

Najwięcej powodzi rejestruje się w czasie zimy hydrologicznej (listopad-kwiecień), kiedy można odnotować wszystkie rodzaje sytuacji powodziowych. Lato hydrologiczne (maj-październik) charakteryzuje się powodziami wywołanymi głównie przez intensywne opady deszczu, w rejonie pobraży również przez sztormy na Bałtyku (sierpień-październik) – tabela 5.2.

Tabela 5.2

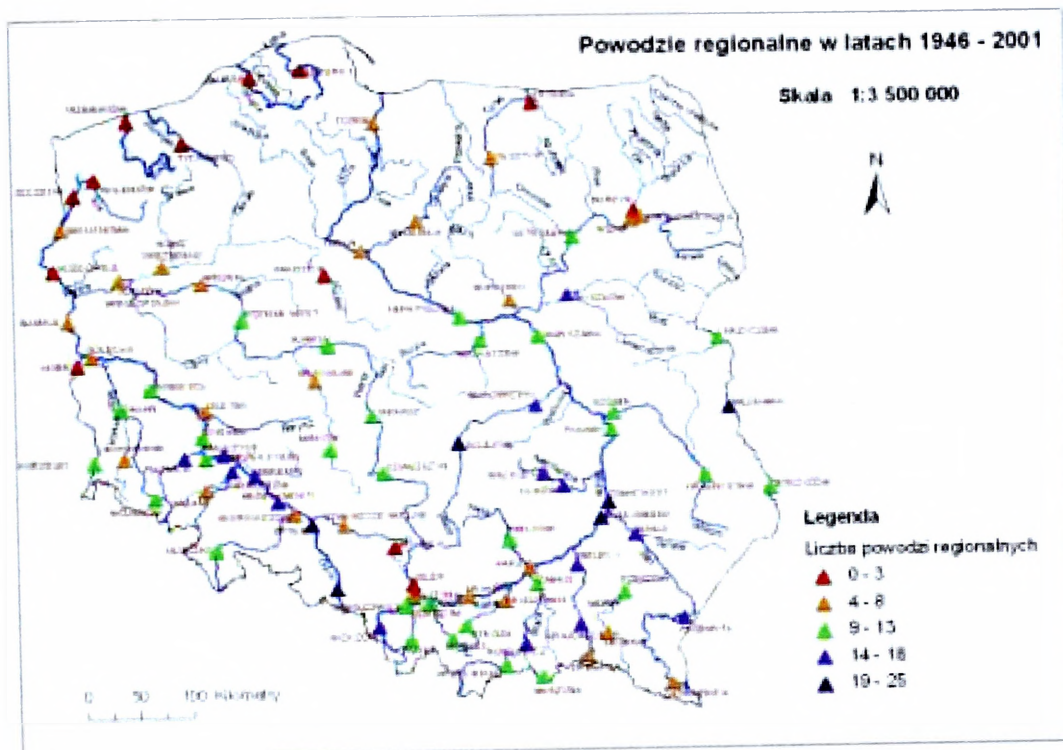
Rodzaje powodzi w ujęciu genetycznym i zasięgu obszarowym w zestawieniu rocznym (wg IMGW)

Rodzaj powodzi		Obszar występowania	Zima hydrologiczna				Lato hydrologiczne							
1	Powodzie regionalne	sztormowe na wybrzeżu Bałtyku	a	sztormowe				sztormowe						
				zatorowo-sztormowe										
		rzeczne w dorzeczach i zlewniach	b	roztopowe				opadowe						
				roztopowo-opadowe				zatorowe						
			<b>awarie</b>											
2	Powodzie lokalne	w małych zlewniach rzecznych	a	roztopowe				opadowe						
				roztopowo-opadowe				zatorowe						
				<b>awarie</b>										
		w małych zlewniach miejskich	b					opadowe						
MIESIĄCE			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X



Źródło: IMGW.

Ryc. 5.5. Liczba powodzi regionalnych w Polsce w latach 1946–2001



Źródło: tamże.

Ryc. 5.6. Powodzie lokalne w Polsce w zależności od czynnika determinującego jej wystąpienie w latach 1946–2001

Najbardziej zagrożone wystąpieniem powodzi są tereny pięciu województw południowych (ryc. 5.5 i 5.6): małopolskiego, podkarpackiego, śląskiego, opolskiego i dolnośląskiego, w zlewniach następujących rzek: Odra od Małej Panwi do Nysy Kłodzkiej, Odra od Kłodnicy do Małej Panwi, Odra od Olzy do Kłodnicy, Olza, San od Ostawy do Wiaru, Wiśła od Soły do Skawny, Wiśła do Przemszy (Mała Wiśła), Nysa Kłodzka od Ścinawki do zbiornika Otmuchów, zlewnia zbiornika Otmuchów–Nysa Kłodzka–zlewnia zbiornika Nysa, Nysa Kłodzka do Ścinawki, Wiśłoka, Odra od ujścia Kaczawy do ujścia Baryczy (bez Baryczy), Odra od ujścia Widawy do ujścia Kaczawy, Kaczawa, Bystrzyca, Bug od ujścia Huczwy do ujścia Krzny (bez Krzny). Według danych wydziałów bezpieczeństwa i zarządzania kryzysowego urzędów wojewódzkich na terenie kraju zagrożone powodzią są tereny i infrastruktura na obszarze 1039 gmin, w tym m.in.: ponad 875 tys. ha użytków rolnych, 86 500 budynków mieszkalnych, 2600 budynków użyteczności publicznej, ok. 2 tys. mostów i ponad 280 oczyszczalni ścieków. Skutki powodzi najbardziej dotkliwie odczuwają mieszkańcy województw południowej Polski, choć przy intensywnych opadach również zagrożone są bardziej na północ leżące tereny województw: lubelskie, świętokrzyskie, łódzkie, mazowieckie, kujawsko-pomorskie, lubuskie, zachodniopomorskie oraz pomorskie.

## 5.2. Powodzie opadowe – nawalne

O charakterze i wielkości wezbrania powodziowego opadowego decyduje szereg czynników. Do najistotniejszych należą jednak czynniki hydrometeorologiczne, które wywołują określony typ i wielkość opadu. Powodzie opadowo-nawalne to bardzo groźny typ powodzi, który wyrządza wiele szkód, choć obejmuje mały zasięg terytorialny. Groźbę tego typu powodzi zwiększa fakt, że występują na małych ciekach, na których brak jest punktów obserwacyjnych, a wywołujące je deszcze pojawiają się nagle i są trudne do przewidzenia. Nie ma więc systemów wczesnego ostrzegania. Na małych ciekach nie ma także często żadnej zabudowy hydrotechnicznej (np. wałów, zbiorników retencyjnych), która by ograniczała skutki wezbrań. Powodzie tego typu spowodowane intensywnymi opadami mogą występować również w dolinach nieprowadzących żadnych wód – w suchych jarach, zagłębieniach terenowych naturalnych lub sztucznych. Często zalaniu podlegają także przejazdy kolejowe, dwupoziomowe skrzyżowania dróg i ulic itp.

Gwałtowne opady, zwykle towarzyszące burzom, mogą powodować: zatopienie terenu, często całych dzielnic w miastach, przepiętnienie i wylewy kanałów, erozję gleb i ich degradację, osuwiska ziemi, niszczenie upraw itp. W meteorologii burzą określa się zjawisko atmosferyczne, którego częściami składowymi są wyładowania elektryczne między chmurami lub między chmurą a ziemią, przejawiające się krótkim i silnym błyskiem (błyskawica) oraz „suchym” trzaskiem lub głuchym dudnieniem (grzmot). Burze powstają w chmurach kłębiastych deszczowych (Cb), rozwijających się przy chwiejnym uwarstwieniu wilgotnego powietrza. Teoretycznie powstawanie wypiętrzonych chmur kłębiastych należałoby zaliczyć do niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych, zwłaszcza że generują one szereg zjawisk omawianych we wcześniejszym rozdziale. Jednak w tym kontekście zjawisko burzy jest rozpatrywane jako jeden z czynników mających wpływ na gwałtowne wezbrania wód na skutek gwałtownych i ulewnych opadów deszczu oraz gradu.

Zgodnie z *Międzynarodowym atlasem chmur* (1987) chmurę cumulonimbus (Cb) definiuje się jako „potężną, gęstą chmurę o dużej pionowej rozciągłości w kształcie góry lub wielkich wież. Przynajmniej część jej wierzchołka jest zazwyczaj gładka, włóknista lub prążkowana i prawie zawsze spłaszczona. Część ta rozpościera się często w kształcie kowadła lub rozległego pióropusza. Poniżej podstawy chmury, często bardzo ciemnej, niejednokrotnie występują niskie postrzępione chmury, połączone lub oddzielone od podstawy, oraz opady, niekiedy w postaci virga”.

Wyróżnia się burze wewnątrzmasowe i burze frontowe (Schmidt, 1982). **Burze wewnątrzmasowe** charakteryzują dwa typy: burze w chłodnych ma-

sach powietrza (burze adwekcyjne), napływających nad ciepłą powierzchnię ziemi, oraz burze nad rozgrzanym lądem w lecie (burze miejscowe lub ciepłe). Obydwa typy występują nad lądem w ciepłej porze roku. Zwykle rozwijają się w godzinach popołudniowych i południowych, zaś wieczorem zanikają.

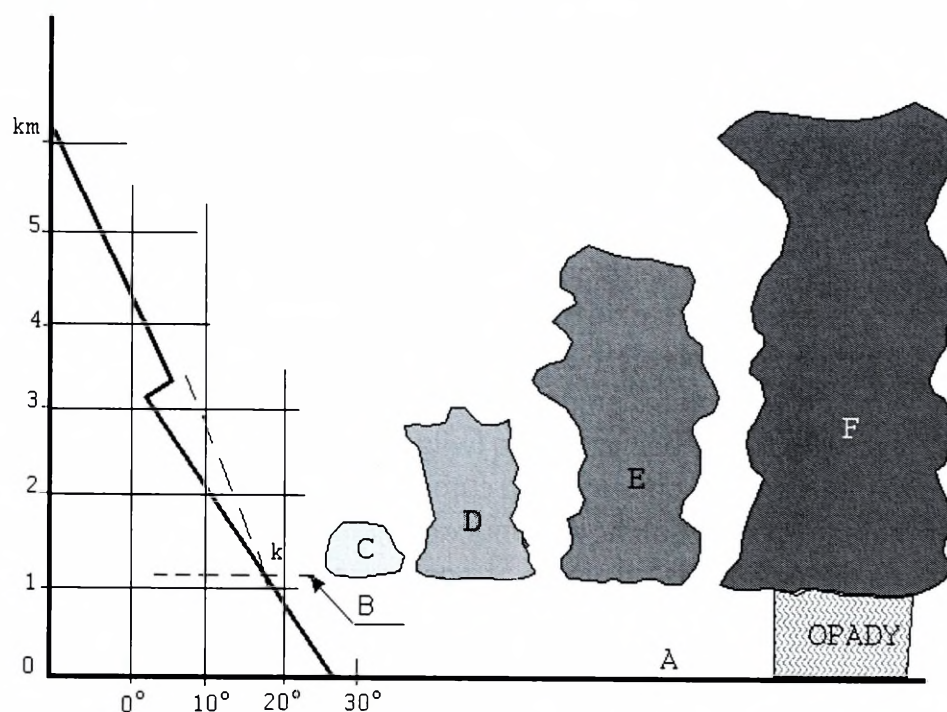
**Burze adwekcyjne** powstają w chłodnych masach powietrza za frontem chłodnym. W tylnej części niżu za frontem chłodnym napływająca chłodna masa powietrza polarnego morskiego, ogrzewając się od podłoża, przyjmuje równowagę wilgotno-chwiejną, w wyniku której dochodzi do rozwoju chmur Cb. Burze adwekcyjne można łatwo odróżnić od frontowych, ponieważ występują one samotnie, jako typowe chmury wewnątrzmasowe.

**Burze ciepłe** występują w godzinach, w których notuje się maksymalną temperaturę. Do ich rozwoju dochodzi podczas „pięknej” i upalnej pogody, gdy jest wyraźnie zaznaczona równowaga wilgotno-chwiejna. Chwiejność ta jest wynikiem silnego nagrzania się dolnych warstw powietrza od podłoża. Latem, przy starym układzie barycznym (utrzymującym się przez kilka dni) o słabym gradiencie ciśnienia, następuje silne nagrzewanie się podłoża w ciągu dnia. Wraz ze wzrostem temperatury powietrza z każdym dniem wzrasta również jego wilgotność bezwzględna (wilgotność względna maleje) i początkowo powstają pierwsze chmury typu cumulus (Cu), które w ciągu następnych dni zaczynają się przekształcać w chmury cumulonimbus (Cb). Wskutek silnego ogrzania się powietrza ciśnienie atmosferyczne stopniowo się obniża do momentu wystąpienia burzy, po czym zaczyna powoli rosnać. Z chwilą wyrównania się kontrastów termicznych działalność burzowa ustaje.

**Burze frontowe** są charakterystyczne dla wolno przemieszczających się frontów chłodnych i frontów okluzji. Czasami w lecie można je również spotkać na froncie ciepłym, kiedy ciepłe powietrze kontynentalne, wznoszące się nad powierzchnię frontu ciepłego, może mieć chwiejną stratyfikację, powodującą silne ruchy konwekcyjne. W strefie frontów okluzji burze często występują w szerokim pasie po obu stronach frontu, podczas gdy w strefie frontów chłodnych obserwuje się je przed linią frontu, jeśli przedfrontowa ciepła masa powietrza odznacza się dużą wilgotnością i jest względnie chwiejna. We wszystkich przypadkach rozwój burz jest związany z potężnym rozwojem chmur konwekcyjnych, a więc dużą chwiejnością stratyfikacji atmosfery i silnym pionowym przemieszczaniem się mas powietrza. Do powstania burzy jest również potrzebna duża wodność chmur, która maleje wraz z szerokością geograficzną. Czas trwania burzy zazwyczaj nie jest długi i wynosi od kilku minut do kilku godzin.

**Burze frontu chłodnego** rozwijają się na czole frontu chłodnego, gdzie obserwuje się dynamiczne „wyrzucanie” ciepłego powietrza ku górze. Cechą charakterystyczną tych burz jest ich układanie się wzdłuż linii frontu na

długości nawet do kilkuset kilometrów. Najintensywniejszy rozwój chmur Cb w naszych szerokościach geograficznych obserwuje się podczas napływu chłodnych mas powietrza pochodzenia polarnego lub arktycznego, które wyciskają ku górze bardzo ciepłe i wilgotne masy powietrza pochodzenia zwrotnikowego lub silnie rozgrzane masy powietrza polarnego kontynentalnego. Burze frontu chłodnego związane są zawsze z układami niżowymi i nie wykazują dużej zależności od pory dnia i charakteru podłoża.

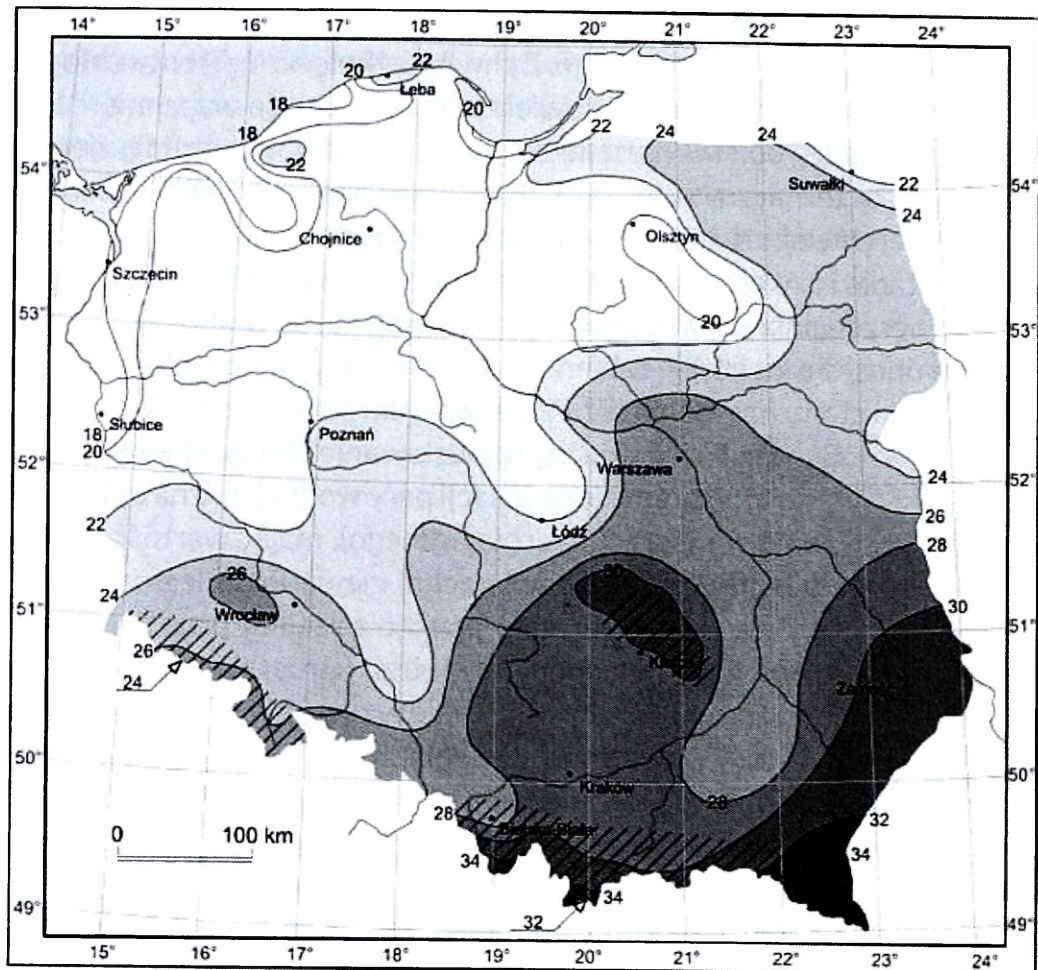


Źródło: M.T. Schmidt, *Meteorologia dla potrzeb szybownictwa*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982.

Ryc. 5.7. Stadia rozwoju chmur kłębiastych przy wilgotno-chwiejnym gradiencie temperatury powyżej poziomu kondensacji (k)

**Burze frontu ciepłego** występują znacznie rzadziej niż burze frontu chłodnego. W przypadku gdy masa powietrza ciepłego ma równowagę wilgotno-chwiejną, w wyniku gwałtownego przebiegu procesu kondensacji pary wodnej dochodzi do powstania zwartego układu chmur frontowych. Jeżeli nad wślizgującą się ciepłą masą powietrza zalega chłodna masa powietrza, wówczas dochodzi do wzrostu chwiejności i w efekcie rozwoju chmur Cb. W przypadku burz występujących na froncie ciepłym chmury Cb są niewidoczne z ziemi, ponieważ wbudowane są one w układ chmur Ns i As. Ich obecność zdradza okresowy wzrost intensywności opadów, zjawiska akustyczne w postaci grzmotów oraz widoczne szczególnie w nocy wyładowania elektryczne (błyskawice).

Proces powstawania **burz okluzji chłodnej** nie różni się niczym od procesu powstawania burz frontu ciepłego. Z chwilą zetknięcia się frontu chłodnego z frontem ciepłym (front okluzji) powietrze ciepłe zostaje wypchnięte ku górze i granica między obiema masami znajduje się nad powierzchnią ziemi. Powstały kontrast termiczny w górnych warstwach powietrza przyczynia się do rozwoju silnej chwiejności, a w efekcie do rozwoju chmur burzowych Cb. Schematyczne stadia rozwoju chmury burzowej przedstawiono na rycinie 5.7. Pod wpływem ogrzewania się wilgotnej masy powietrza od podłoża (A) ogrzane powietrze unosi się ku górze, zabierając drobiny pary wodnej (parowanie), aż do osiągnięcia stanu nasycenia (B). Po osiągnięciu stanu nasycenia powietrza dochodzi do kondensacji pary wodnej i powstawania chmur kłębiastych typu cumulus (C). Wysokość poziomu kondensacji pary wodnej można obliczyć (lub wyznaczyć przy pomocy diagramu aerologicznego), mając wartość temperatury powietrza i wilgotności przy powierzchni ziemi. Przebieg procesu wymuszonego wznoszenia cieplejszej masy powietrza zależy przede wszystkim od różnicy temperatury bezwzględnej powietrza poruszającego się i powietrza go otaczającego. Szybkość parowania zależy przede wszystkim od trzech czynników: temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego i prędkości wiatru (Chromow, 1977). W początkowym stadium tworzą się chmury cumulus humilis (C), związane z kominami termicznymi dochodzącymi do poziomu kondensacji. Prędkości wznoszenia rosną wraz z wysokością i chmura rozbudowuje się do poziomu, na którym panuje temperatura niższa od 0°C. Od tej wysokości chmura zbudowana jest z przechłodzonej wody lub lodu, cumulus mediocris (D), cumulus congestus (E). W stadium dojrzałym cumulonimbus (F), w którym krople wody i kryształki lodu rozrastają się do tego stopnia, że prądy wznoszące nie są już w stanie utrzymać ich nadal w chmurze, zaczynają wypadać w postaci deszczu, gradu lub śniegu. Stadium dojrzałości trwa 15–30 minut. W tym czasie chmura Cb osiąga maksimum swojego rozwoju pionowego. Również w tym samym czasie obserwuje się liczne wyładowania elektryczne. Kolejnym stadium jest rozpad chmury Cb, kiedy miejsce silnych prądów wstępujących stopniowo zajmują słabsze prądy zstępujące, które pod koniec stadium rozpadu chmury występują na całym jej obszarze. W tym okresie maleje intensywność opadów, a temperatura wewnątrz chmury zbliża się stopniowo do temperatury otaczającego ją powietrza.



Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 5.8. Średnia roczna liczba dni z burzą

**Chmury kłębiaste deszczowe (burzowe) Cb** są najbardziej wodnymi i grubymi chmurami, składającymi się z lodu i śniegu. Zarówno wewnątrzmasowe, jak i frontowe Cb mogą rozprzestrzeniać się do tropopauzy (w granicach 10–12 km). Chmura Cu przekształcająca się w Cb traci swoje ostre kontury, przybiera kształt skłębionego masywu, w ostatecznej fazie przypominając kowadło. Proces taki trwa bardzo szybko (10–30 minut). Chmura Cb charakteryzuje się ciemną podstawą i dużą rozciągłością poziomą (przeważnie do 40 km, a czasami ponad 60 km). Na kierunku ruchu często powstaje tzw. wał burzowy charakteryzujący się często zmieniającymi kierunkiem porywami wiatru. W dojrzałej chmurze Cb strefa opadów szybko się rozszerza, a także występują w niej wyładowania elektryczne i oblodzenie.

Rozkład przestrzenny liczby dni z burzą w przebiegu rocznym charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem przestrzennym (ryc. 5.8). Największą liczbę

tego zjawiska notuje się w części południowo-wschodniej i w górach (ponad 30), natomiast liczba burz maleje w kierunku północno-zachodnim do wartości poniżej 18 w pasie pobraży i dolnego biegu Odry.

### **Powodzie spowodowane deszczami nawalnymi**

Deszcze nawalne obejmują zwykle niewielkie obszary i są krótkotrwałe (od kilkunastu minut do kilku godzin), ale bardzo intensywne. Zdarza się, że suma opadu przekracza 100 mm w ciągu godziny. Deszcze te są przyczyną bardzo groźnych tzw. szybkich powodzi. Bywają również często powodem osunięć ziemi i powodzi błotnych, takich jak chociażby ta we wrześniu 1995 roku, która zdarzyła się w rejonie Miechowa, gdzie zwały błota zalały niżej położone wsie. Podobny charakter miała powódź w Makowie Podhalańskim w lipcu 2001 roku.

#### ***Powódź w rejonie Gdańska w lipcu 2001 roku***


*Nawałnica trwająca niespełna 3 godziny przyniosła opad przewyższający blisko dwukrotnie normę miesięczną i spowodowała wylanie Raduni w Gdańsku-Oruni oraz podtopienie i zalanie dzielnic położonych w centrum miasta, nawet tam, gdzie nie płyną żadne ciek wodne.*

### **5.3. Ochrona przed powodzią**

W terminologii stosowanej w polskiej literaturze z zakresu hydrologii często utożsamia się pojęcia *wezbranie* i *powódź*, co nie jest do końca słuszne. Wezbranie jest zjawiskiem hydrologicznym, natomiast powódź to zjawisko przyrodnicze niosące skutki negatywne dla gospodarki. Dlatego z punktu widzenia osób zajmujących się problematyką bezpieczeństwa to powódź będzie jednym z niebezpiecznych zjawisk przyrodniczych występujących na obszarze Polski. Powódź jest zjawiskiem przyrodniczym o charakterze ekstremalnym, często gwałtownym, występującym nieregularnie. Według art. 9 ust. 1 pkt 10 ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne – powódź to wezbranie wody w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach lub na morzu, podczas którego woda po przekroczeniu stanu brzegowego zalewa doliny rzeczne albo tereny depresyjne i powoduje zagrożenia dla ludności lub mienia. Stopień zagrożenia powodzią jest determinowany gęstością zaludnienia, sposobem użytkowania dolin i terenów zalewowych, infrastrukturą techniczną, komunikacyjną itp. Za skalę powodzi przyjmuje się wielkość strat, do których zalicza się: zagrożenie życia ludzi, zniszczenie domów, dróg, upraw, zabytków kultury, dezorganizację życia społecznego, skażenie terenu i wód substancjami szkodliwymi.

Tabela 5.3

## Klasyfikacja stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych (IMGW)

Zjawisko	Stopień zagrożenia		Kryteria	Skutki
 Intensywne opady deszczu	1		Wysokość opadu $\geq 30$ mm na dobę bez zagrożenia dla sytuacji hydrologicznej.	Utrudnienia na terenach zurbanizowanych, utrudnienia komunikacyjne.
		2	Wysokość opadu $\geq 30$ mm na dobę, osiągnięcie hydrologicznych stanów ostrzegawczych lub opady występujące na dużym obszarze.	Podtopienia, uszkodzenia dróg i budynków, trudności komunikacyjne.
			Wysokość opadu $\geq 30$ mm na dobę, przekroczenie hydrologicznych stanów alarmowych.	Powodzie, podtopienia, zniszczenia zabudowań, dróg, mostów, duże trudności komunikacyjne, zagrożenie życia.

Źródło: <http://www.imgw.pl/extcont/ostrzezenia/meteo/klasyfikacja.html>

Tabela 5.4

## Klasyfikacja stopni zagrożeń hydrologicznych (IMGW)

Stopień zagrożenia: <b>1</b>	Najniższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem żółtym</b> . Gwałtowne wzrosty stanów wody, ale bez przekroczeń stanów ostrzegawczych czy alarmowych. Prognozowany przyrost stanu wody przekracza 10 cm w ciągu 6 godzin, 12 godz. lub doby.
Stopień zagrożenia: <b>2</b>	Wyższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem pomarańczowym</b> . Przekroczenie stanów ostrzegawczych z tendencją wzrostową, na wodowskazach w co najmniej jednej zlewni monitorowanej przez podstawową sieć obserwacyjno-pomiarową PSHM. – wystąpienie zatoru lodowego/śryżowego poniżej wodowskazu podstawowej sieci obserwacyjno-pomiarowej PSHM, powodującego przekroczenie stanu ostrzegawczego na tym wodowskazu. – wystąpienie niebezpiecznego opadu mogącego spowodować przekroczenie stanów ostrzegawczych z tendencją wzrostową, na wodowskazach co najmniej jednej zlewni monitorowanej przez podstawową sieć obserwacyjno-pomiarową PSHM. – wystąpienie na morzu, w zatokach i zalewach silniejszego lub sztormowego wiatru od strony morza, mogącego spowodować przekroczenie stanów ostrzegawczych z tendencją wzrostową, na wodowskazach co najmniej jednej zlewni monitorowanej przez podstawową sieć obserwacyjno-pomiarową PSHM.

<p>Stopień zagrożenia:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">3</p>	<p>Najwyższy – w celu wizualizacji ostrzeżeń oznacza się <b>kolorem czerwonym</b>.</p> <p>Przekroczenie stanu alarmowego na wodowskazach w co najmniej jednej zlewni monitorowanej przez podstawową sieć obserwacyjno-pomiarową PSHM.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wystąpienie zatoru lodowego/śryżowego poniżej wodowskazu podstawowej sieci obserwacyjno-pomiarowej PSHM, powodującego przekroczenie stanu alarmowego na tym wodowskazie.</li> <li>– wystąpienie niebezpiecznego opadu, mogącego spowodować przekroczenie stanu alarmowego na wodowskazach co najmniej jednej zlewni monitorowanej przez podstawową sieć obserwacyjno-pomiarową PSHM.</li> <li>– wystąpienie na morzu, w zatokach i zalewach bardzo silnego lub sztormowego wiatru od strony morza mogącego spowodować przekroczenie stanu alarmowego na wodowskazach co najmniej jednej zlewni monitorowanej przez podstawową sieć obserwacyjno-pomiarową PSHM.</li> <li>– wystąpienie zatoru lodowego/śryżowego powodującego przekroczenie stanu ostrzegawczego (dotyczy BPH OM w Gdyni, odnosi się głównie do ujściowych odcinków rzek Pomorza).</li> </ul>
---	--

Źródło: PIB IMGW.

Poprzez ostrzeżenie hydrologiczne należy rozumieć:

- informację o niebezpiecznym zjawisku hydrologicznym,
- ostrzeżenie hydrologiczne,
- komunikat o bieżącej sytuacji hydrologicznej wydawany w stanie zagrożenia hydrologicznego lub alarmu hydrologicznego.

**Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczenia ich skutków:**

- przygotowanie organizacyjno-techniczne dla maksymalnego złagodzenia skutków spływu wód powodziowych, przygotowanie zbiorników retencyjnych, dbanie o prawidłowy stan wałów przeciwpowodziowych i polderów;
- regulacja rzek, potoków i kanałów, utrzymywanie w dobrym stanie techniczno-eksploatacyjnym budowli hydrotechnicznych, porządkowanie wałów przeciwpowodziowych i terenów zalewowych, lodołamanie, prognozowanie i ostrzeganie o zagrożeniu.

**Skala i skutki zagrożenia:**

- zalane powierzchnie – głównie użytki zielone i grunty orne (straty w rolnictwie, obniżenie wartości rolniczej terenów zalanych wodą);

- zniszczone i uszkodzone budynki (mieszkalne, użyteczności publicznej, gospodarcze);
  - zniszczone i uszkodzone mosty, drogi;
  - zniszczone i uszkodzone urządzenia wodne – wały przeciwpowodziowe, budowle hydrotechniczne, zabudowy brzegów rzek i potoków;
  - zniszczenia lub uszkodzenia w liniach energetycznych, wodno-kanalizacyjnych lub w trakcjach komunikacyjnych, awarie w zakładach przemysłowych;
  - zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi.

#### **Instytucje monitorujące**

**Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW)** nadzorowany przez ministra środowiska. Do realizacji swoich zadań instytut wykorzystuje:

- **System Monitoringu i Osłony Kraju (SMOK)**, który dostarcza trzech podstawowych rodzajów informacji:

- wyniki pomiarów hydrometeorologicznych, dotyczących: stanów i przepływów wód w rzekach, temperatury, kierunku i siły wiatru, wilgotności, ciśnienia itp.,

- przetworzone informacje – różnego rodzaju raporty i biuletyny, dostarczane na bieżąco odbiorcom. Wśród nich są również prognozy hydrologiczne przygotowywane z trzydniowym wyprzedzeniem,

- ostrzeżenia o sytuacjach mogących spowodować zagrożenie życia lub mienia.

ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa

tel. (22) 56-94-100

faks (22) 834-18-01, (22) 834-54-66

email: [imgw@imgw.pl](mailto:imgw@imgw.pl)

[www.imgw.pl](http://www.imgw.pl)

**Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (KZGW)**

ul. Świętokrzyska 36, kl. IV, 00-116 Warszawa

tel. (22) 37-20-210

faks (22) 37-20-290

e-mail: [kzgw@kzgw.gov.pl](mailto:kzgw@kzgw.gov.pl)

[www.kzgw.gov.pl](http://www.kzgw.gov.pl)

#### **Informacje o zagrożeniu powodziowym**

[www.pogodynka.pl](http://www.pogodynka.pl) – serwis IMGW, zakładka ostrzeżenia/ostrzeżenia meteorologiczne

[www.powodz.pl](http://www.powodz.pl)

## 5.5. Susze – deficyt opadów

(na podstawie: H. Lorenc, M. Ceran, M. Mierkiewicz, M. Sasim, A. Wita, *Susza w Polsce – 2006 rok (przyczyny, natężenie, zasięg, wnioski na przyszłość)*, Raport Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej).

**Susza** – długotrwały okres bez opadów atmosferycznych lub z nieznacznym opadem w stosunku do średnich wieloletnich wartości. Wyróżnia się następujące kategorie suszy:

- susza atmosferyczna – występuje, gdy przez co najmniej 20 kolejnych dni nie występują opady deszczu; definiowana jest zwykle przez porównanie wysokości opadów w danym momencie do średnich wieloletnich opadów w tym miejscu, dlatego też definicja suszy jest odmienna dla każdego regionu;
- susza glebowa (rolnicza) – niedobór wody w glebie będący następstwem przedłużającej się suszy atmosferycznej;
- susza hydrologiczna – straty w zapasach wody w głębszych warstwach gleby, spowodowane przedłużającym się niedoborem opadów; objawia się zmniejszeniem odpływu wód gruntowych do wód powierzchniowych i zmniejszeniem przepływu wody w rzekach (tzw. niżówki w rzekach).

### **Meteorologiczna klasyfikacja suszy glebowej:**

- brak objawów suszy;
- susza – występuje wówczas, gdy co najmniej przez okres kolejnych 20 dni niedobory opadu stanowią mniej niż 75% normy, wśród nich w ciągu jednej dekady opady stanowią jedynie  $\leq 30\%$  normy, temperatura średnia dobową utrzymuje się w tym czasie co najmniej o  $1,0^{\circ}\text{C}$  ponad normę, czas trwania godzin ze słońcem stanowi  $> 110\%$  normy;
- susza silna – występuje wówczas, gdy co najmniej przez okres 4 kolejnych dekad niedobory opadu stanowią mniej niż 75% normy na tych samych obszarach, a przez 20 dni stanowią jedynie  $\leq 30\%$  normy, temperatura średnia dobową utrzymuje się w tym czasie co najmniej o  $1,0^{\circ}\text{C}$  ponad normę, a maksymalna dobowa w ciągu 10 dni  $> 25^{\circ}\text{C}$ , czas trwania godzin ze słońcem w miesiącu stanowi 120% normy;
- susza głęboka – występuje wówczas, gdy co najmniej przez 6 kolejnych dekad niedobory opadu stanowią mniej niż 75% normy na tych samych obszarach, a wśród nich przez 3 dekady stanowią jedynie  $\leq 30\%$  normy, temperatura średnia dobową utrzymuje się w tym czasie co najmniej o  $1,0^{\circ}\text{C}$  ponad normę, a maksymalna dobowa  $> 25^{\circ}\text{C}$  utrzymuje się w ciągu 15 dni, czas trwania godzin ze słońcem w miesiącu stanowi  $> 120\%$  normy.

## **Okresy występowania susz według analizy historycznej za lata 1951–2000**

(na podstawie: R. Farat, M. Kępińska-Kasprzak, *Susze i ich monitoring w Polsce*, [www.proekologia.pl](http://www.proekologia.pl))

Okresowe występowanie susz atmosferycznych i będących ich następstwem susz glebowych jest naturalną cechą klimatu w naszym kraju. W Polsce susze występują najczęściej wtedy, gdy w okresie wegetacyjnym napływa bardzo ciepłe i suche powietrze. Jeśli okres ten poprzedzony jest opadami mniejszymi od przeciętnych, zjawisko suszy może się pogłębić. Statystycznie w Polsce taka sytuacja zdarza się raz na 4–7 lat. Według danych statystycznych za lata 1951–2000 początek okresów **susz atmosferycznych** występował najczęściej w okresie wiosenno-letnim, a koniec przypadał na okres jesienno-zimowy (listopad–luty). Według analiz meteorologicznych dla okresu 1951–2000 susze atmosferyczne najczęściej występowały w marcu oraz od czerwca do września, najrzadziej zaś obserwowane były od grudnia do lutego. W omawianym okresie odnotowano ogółem 23 susze atmosferyczne.

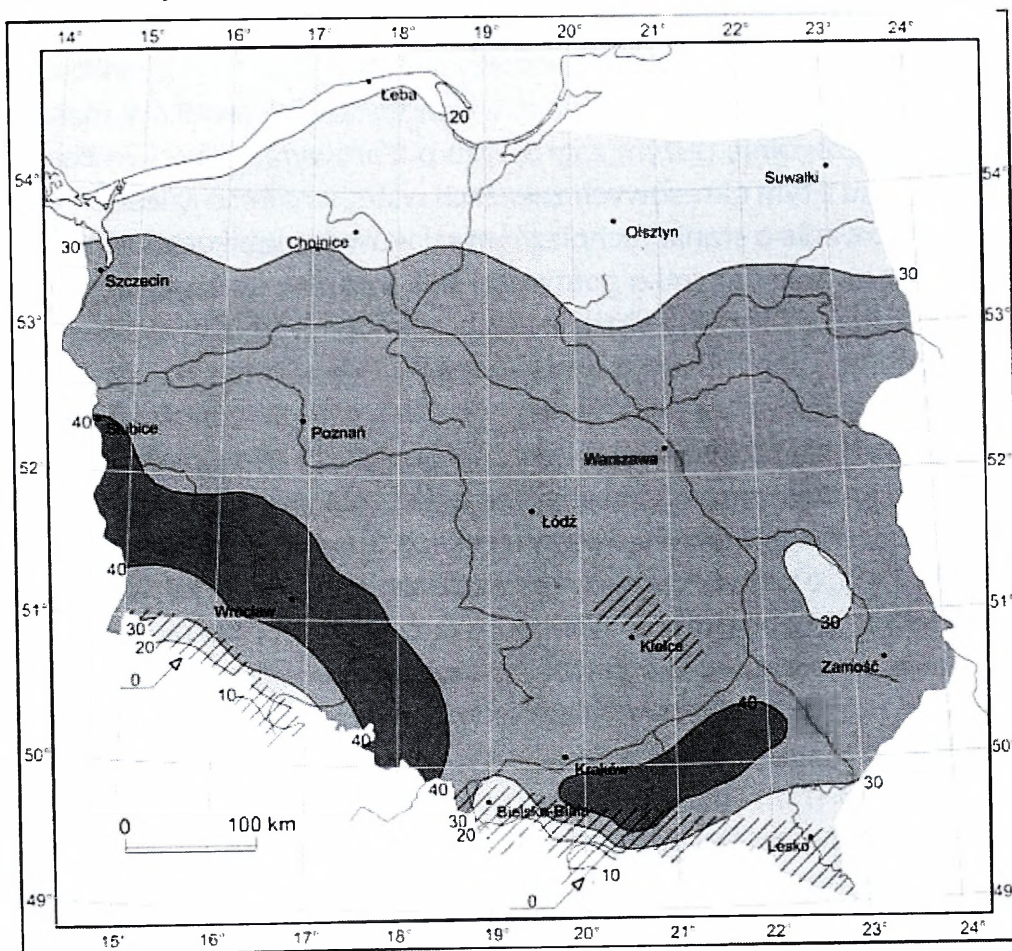
**Susze hydrologiczne** występują najczęściej w miesiącach letnio-jesiennych i zimowych. Na przestrzeni analizowanego 50-lecia (1951–2000) susze hydrologiczne z największą częstotliwością występowały w latach 1951–1970 – w sumie 11 razy (w latach 1951–1960 odnotowano sześć susz hydrologicznych, a w latach 1961–1970 pięć susz hydrologicznych). W okresie 1971–1980 nie odnotowano żadnej suszy hydrologicznej. Natomiast w okresie 1981–1990 odnotowano cztery, a w okresie 1991–2000 dwie susze hydrologiczne. Najdłuższe okresy niżówek (zmniejszenia przepływów) letnio-jesiennych w dorzeczu Odry odnotowano w latach 1953 i 1992, a w dorzeczu Wisły w latach 1951, 1961 i 1992.

## **Rejony występowania susz według analizy historycznej za lata 1951–2000**

**Susze atmosferyczne** w latach 1951–2000 najczęściej występowały w następujących rejonach Polski: Nizina Wielkopolska, Pojezierze Wielkopolskie, Nizina Śląska, Przedgórze Sudeckie, Nizina Mazowiecka, Nizina Podlaska, Pojezierze Mazurskie.

**Susze hydrologiczne** objawiające się zmniejszeniem przepływu wód w rzekach, czyli niżówkami, według analizy okresu 1951–2000 najczęściej notowane były w następujących rejonach Polski: Pojezierze Wielkopolskie i Nizina Wielkopolska (zwłaszcza zlewnie Wełny i Sarny), Nizina Podlaska (zlewnia Pisy), Wyżyna Lubelska (wschodnia część). Według tej samej analizy obniżone przepływy wody w rzekach (niżówki) najdłużej trwają w następujących re-

jonach: Pojezierze Pomorskie (południowa część), Pojezierze Wielkopolskie i Nizina Wielkopolska, Nizina Podlaska, Wyżyna Lubelska (wschodnia część). Najbardziej zjawisko niżówek obserwowane jest w centralnej i wschodniej części Pojezierza Pomorskiego, zachodniej części Pojezierza Mazurskiego oraz środkowej części Pogórza Karpackiego.



Źródło: Atlas klimatu Polski...

Ryc. 5.9. Liczba dni gorących w Polsce

Rozkład przestrzenny dni gorących w Polsce ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem (ryc. 5.9). Wyłączając obszary górskie, które charakteryzują się najmniejszą liczbą dni upalnych (poniżej 10), liczba dni gorących rośnie od północy do południowych rejonów Polski. Poniżej 20 dni upalnych w roku charakteryzują się obszary pobrzeży – Pobrzeże Szczecińskie, Koszalińskie i Gdańskie. Od 20 do 40 dni – pojezierza południowobałtyckie, Kozalińskie i Gdańskie. Od 20 do 40 dni – pojezierza południowobałtyckie, niziny środkowopolskie i poleskie, a od 40 dni wzwyż – niziny sasko-łużyckie,

Przedgórze Sudeckie, Wyżyna Małopolska i Śląsko-Krakowska (na podstawie regionalizacji fizycznogeograficznej Polski J. Kondrackiego).

### **Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczania ich skutków**

Działania mające na celu zapobieganie zagrożeniom związanym z możliwością wystąpienia suszy lub ograniczanie ich skutków to przede wszystkim:

- informowanie władz o groźbie suszy,
- informowanie społeczeństwa z wykorzystaniem środków masowego przekazu o szczególnie dużym zagrożeniu pożarowym lasów i wprowadzonych w związku z tym okresowych zakazach wstępu na tereny leśne,
- informowanie o stanie technicznym szlaków komunikacyjnych,
- dysponowanie danymi o gotowości sił i środków do zapobiegania oraz usuwania skutków suszy (od służb leśnych, rolniczych i dyżurnego synoptyka Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej).

### **Skala i skutki zagrożenia**

Susza powoduje przesuszenie gleby, obniżenie poziomu wód podziemnych i zmniejszenie przepływu wody w rzekach. Susza w okresie wegetacji roślin (wiosną) może spowodować duże straty w rolnictwie. Wysuszenie ściółki leśnej zwiększa groźbę pożaru. Wielkoobszarowe pożary lasów powodują olbrzymie straty materialne i katastrofę ekologiczną. Niski poziom lustra wody w rzekach, do których odprowadza się ścieki, może spowodować wysokie skażenie wody.

### **Instytucje monitorujące zagrożenie wystąpienia suszy**

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa** – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) prowadzi monitoring występowania suszy na terenie kraju, wykorzystując System Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce (SMSR). Monitoring ma za zadanie wskazać obszary, na których potencjalnie wystąpiły straty spowodowane warunkami suszy dla upraw uwzględnionych w ustawie o dopłatach do ubezpieczeń upraw rolnych.

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. (81) 886-34-21

faks (81) 886-45-47

email: iung@iung.pulawy.pl

www.iung.pulawy.pl

**Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej** – zadania w zakresie prognozowania, a także funkcje informacyjno-doradcze w wypadku wystąpienia zagrożenia suszą.

ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa  
tel. (22) 56-94-100  
faks (22) 834-18-01, (22) 834-54-66  
email: [imgw@imgw.pl](mailto:imgw@imgw.pl)  
[www.imgw.pl](http://www.imgw.pl)

**Państwowy Instytut Geologii (PIG)** – w zakresie stanu rezerw zasobów wód podziemnych.

00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
tel. (22) 849-53-51  
faks (22) 849-53-42  
[sekretariat@pgi.gov.pl](mailto:sekretariat@pgi.gov.pl)  
[www.pgi.gov.pl](http://www.pgi.gov.pl)

### **Informacje o zagrożeniu suszą**

<http://www.susza.iung.pulawy.pl/> – informacje na temat systemu, zawierające m.in. mapy potencjalnego występowania suszy rolniczej w Polsce z podziałem na regiony i rodzaje roślin są dostępne na stronie internetowej.

### **Doniesienia medialne odnośnie do wystąpienia suszy:**

PAP/Met Office

#### ***W Polsce od trzech miesięcy nie padało***

*Pogoda w lecie była mało wakacyjna. Padające na początku lipca ulewne deszcze zmniejszyły zagrożenie wystąpienia suszy w Polsce, jednak niedobór wody utrzymywał się na 18,3 proc. gruntów ornych, powodując straty w plonach. Dotyczyło to między innymi zbóż, rzepaku, kukurydzy, tytoniu, warzyw gruntowych oraz drzew owocowych.*

*Od trzech miesięcy w Polsce praktycznie nie padało. Najgorsza sytuacja jest na południu Polski. W 23 stacjach pomiarowych poziom wody jest najniższy od momentu, kiedy zaczęto go monitorować, czyli od 100 lat.*

#### ***Początek grudnia i niski stan wód***

*W pierwszych dniach grudnia, jak podaje Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, stan wody w rzekach układa się w strefie wody niskiej i średniej.*

*Stan niski utrzymuje się na Wiśle, przede wszystkim na jej górnych dopływach oraz na dopływach środkowych i dolnych, a także lokalnie na Odrze i jej sudeckich dopływach, na Warcie i jej dopływach oraz na niektórych rzekach przymorza.*

#### ***Wiśła w Warszawie wysoka na 20 cm***

*W czwartek 1 grudnia średni poziom wody w Wiśle w Warszawie wynosił ok. 95 cm. Nie brakowało jednak miejsc, gdzie woda sięgała zaledwie 20 cm. Po tak płytkiej wodzie poruszać się mogą jedynie doświadczeni motorowodniacy i żeglarze, i to tylko na niewielkich łódkach.*

Wysychająca rzeka nie tylko utrudnia pływanie po niej, lecz także odłania to, co ma na swoim dnie. W Wiśle pełno jest pozostałości po dawnych mostach, a także budynkach.

#### **Listopadowy brak normy**

W listopadzie 2007 roku suma opadów w Warszawie wynosiła 31 litrów na metr kwadratowy, w Krakowie 90, a w Lublinie 40. W tym roku w Warszawie spadło około 2-4 mm deszczu. Norma dla tego miesiąca w stolicy wynosi 37 mm.

Na wschodzie kraju oraz w Małopolsce wysychają studnie. W Polsce są takie miejsca, gdzie w listopadzie nie spadła ani jedna kropla deszczu.

#### **Niski poziom polskich rzek**

Opadająca woda w rzekach odłania połacie piachu. Jeśli w ciągu następnych kilku dni nie spadnie deszcz, to dorzecza Wisły i Bugu osiągną historyczne minima stanu wód.

Stan wody w Wiśle i w jej dorzeczach w górnym nurcie określa się mianem niskiego lub średniego. Podobnie wygląda sytuacja na środkowej Odrze oraz na niektórych rzekach Przymorza – Redze, Słupi, Łynie oraz Guberze.

#### **Stan wód w rzekach (na podstawie IMGW)**

Wody w Białym Dunajcu jest tak mało, że w nocy zamarza. W Polańczyku i w Solinie poziom wody spadł o kilka, a może nawet kilkanaście metrów. Ucierpiało też między innymi Jezioro Solińskie. Jeśli poziom wody się nie podniesie, to przestanie funkcjonować tamtejsza elektrownia. 23 listopada w miejscowości Chrewt zanotowano w Bieszczadach najniższy od 8 lat stan wody. Wynosił on 412 m n.p.m. Tymczasem minimalny poziom wody potrzebny do pracy znajdującej się tam elektrowni to 401 m n.p.m.

#### **Sucha ściółka, widmo złych plonów**

Brak opadów wpływa na wilgotność ściółki w lasach, gdzie istnieje wysokie zagrożenie pożarowe. Stan wielu rzek jest najniższy od lat. Na deszcz najbardziej czekają rolnicy. Bez odpowiedniego nawodnienia nie mają co liczyć na dobre plony. Poranne przymrozki dodatkowo wysuszają glebę. Brak deszczu lub śniegu będzie miał negatywny wpływ na uprawy, za które w przyszłym roku przyjdzie nam więcej zapłacić.

- Mamy bardzo poważny problem. Mówiliśmy, że jesteśmy bezpieczni, bo mamy 30 proc. nadwyżkę mocy, którą może dysponować operator systemu przesyłowego. A dziś okazuje się, że wprowadzamy ograniczenia - mówi Tomasz Chmał, ekspert ds. energetyki. - Mamy mało możliwości przeciwdziałania takim sytuacjom w sensie produkcji energii na własne potrzeby oraz jej magazynowania. Pod tym względem Polska jest zapóźniona - uważa Grzegorz Wiśniewski, prezes Instytutu Energetyki Odnawialnej.

Program "Otwarcie dnia" od poniedziałku do piątku w godz. 10-12 w TVN24 Biznes i Świat.

Źródło: <http://tvn24bis.pl/otwarcie-dnia,116,m/fala-upalow-bije-w-energetyce-polska-jest-zapozniona,567383.html>.

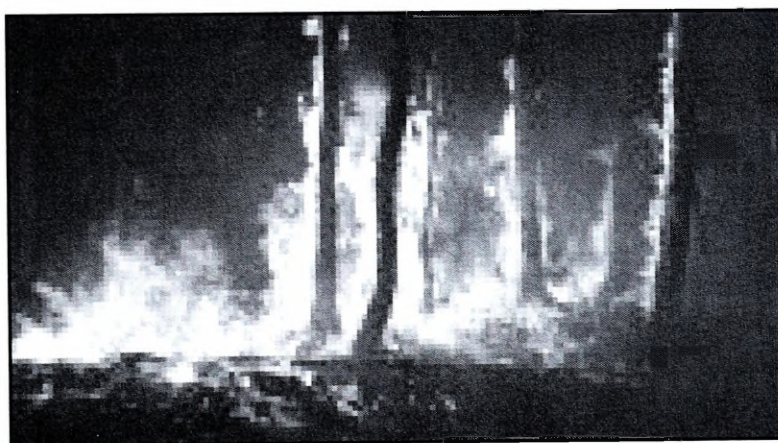
### **Polska walczy z suszą**

30-11-2011, 14:25 - Tak niskiego stanu wód nie było od lat



Od trzech miesięcy w Polsce praktycznie nie padało. Deszczu było ponad połowę mniej niż powinno było spaść. Najgorzej sytuacja wygląda na południu Polski. W 23 stacjach pomiarowych poziom wody jest najniższy od momentu, kiedy zaczęto pomiary.

29-11-2011, 21:03 - Ogień zagraża okolicznym wioskom



Wielkie pożary szaleją w lasach na górzystych terenach w południowej i środkowej Bułgarii; ogień rozprzestrzenia się niebezpiecznie szybko - podał szef bułgarskiej straży pożarnej Nikołaj Nikołow. Przyczyny to nietypowo wysokie temperatury. Koniec listopada, a lasy płoną. Winna susza.

### **Jezioro Solińskie: woda najniżej od 8 lat**

23-11-2011. 21:57 - Elektrownia zagrożona? Jezioro Solińskie ucierpiało z powodu trwającej od trzech miesięcy w Polsce suszy. Jeśli poziom wody jeszcze spadnie, to przestanie funkcjonować zależna od akwenu elektrownia Solina.

## Podsumowanie

Powodzie i walka z nimi należą do obszernego działu gospodarki narodowej, jakim jest gospodarka wodna. Dział ten przeszedł w ostatnim czasie wiele zmian i przeobrażeń wynikających ze zmian hydrologicznych, ale również z nowego podejścia do ochrony przeciwpowodziowej i zarządzania zasobami wodnymi. Obowiązujące w Unii Europejskiej i Polsce akty prawne uwzględniają przedstawione wyżej aspekty w działach dotyczących ochrony przed powodzią. Aktem prawnym określającym zasady ochrony przed powodzią na obszarze naszego kraju jest ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. nr 115, poz. 1229 z dnia 11 października 2001 r.). Po wejściu Polski do Unii Europejskiej postanowienia ustawy musiały zostać dostosowane do treści 15 dyrektyw Wspólnoty Europejskiej dotyczących korzystania z wód. Obowiązujący obecnie jednolity tekst ustawy opublikowano w Dz.U. nr 239 poz. 2019 z 2005 r. Podstawy ochrony przeciwpowodziowej zostały zawarte w **Dziale V** Prawa wodnego: **Ochrona przed powodzią oraz suszą** (art. 79–88). Podstawowym dokumentem określającym cele i zasady gospodarki wodnej w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, potocznie zwana ramową dyrektywą wodną (RDW). Celem dyrektywy jest ustalenie ram dla działań na rzecz ochrony śródlądowych wód powierzchniowych, wód przejściowych, wód przybrzeżnych oraz wód podziemnych, polegających m.in. na zmniejszeniu skutków powodzi (art. 1). RDW wprowadziła zasadę ponadgranicznej koordynacji na obszarze dorzecza, zmierzającą do zapewnienia dobrego stanu wszystkich wód, ale głównym celem tych działań jest osiągnięcie dobrego statusu ekologicznego i chemicznego wód do 2015 roku (art. 13). Dyrektywa wymaga tworzenia zintegrowanych planów gospodarowania wodami dla każdego dorzecza. Niewątpliwie tworzenie i realizacja planów gospodarowania wodami przyczyni się do ograniczenia skutków powodzi. Niestety, zagrożenia powodziowe związane ze zmianami klimatycznymi są nadal nieuregulowane prawnie, a w Polsce problematyka wpływu globalnego ocieplenia klimatu na zagrożenia powodziowe jest rozpatrywana ciągle w charakterze doniesień sensacyjnych. Zagrożenia polskiej strefy przybrzeżnej związane z procesem globalnego ocieplenia omówiono szerzej w rozdziale siódmym.

## 6. Pozostałe zagrożenia naturalne

Niektóre katastrofy naturalne (np. upadek meteorytu) mogą wystąpić w każdym miejscu na Ziemi i w każdej chwili. Jednak prawdopodobieństwo wystąpienia wielu kategorii katastrof naturalnych zależy od położenia geograficznego. Wprawdzie Polska nie jest szczególnie narażona na niszczące katastrofy naturalne (np. w porównaniu z Japonią, gdzie skupione jest ryzyko kataklizmów wszelkiego rodzaju), jednak w naszym kraju występują zagrożenia o charakterze tektonicznym (czego dowodem są nie tylko liczne mikrowstrząsy na terenach górniczych), biologicznym czy np. pożary dużych kompleksów leśnych. Oczywiście, w Polsce najczęściej notuje się katastrofy naturalne związane bezpośrednio z sytuacją synoptyczną i występowaniem niebezpiecznych zjawisk pogodowych (omawiane we wcześniejszych rozdziałach), jednak w tym rozdziale przedstawiono zagrożenia, na przebieg których w większym lub mniejszym stopniu wpływ mają warunki hydrometeorologiczne.

### 6.1. Osuwiska

Osuwiska wywołane są przez gwałtowne przemieszczenie się mas ziemnych, powierzchniowej zwierzchniny i mas skalnych podłoża, spowodowane siłami przyrody (nasiąkanie gruntu po intensywnych opadach deszczu, trzęsienia ziemi czy tąpnięcia) – częściej związane z działalnością wydobywczą człowieka, ale również na skutek zapadania się przestrzeni krasowych. Jest to rodzaj ruchów masowych polegających na przesuwaniu się materiału skalnego lub zwierzchninowego wzdłuż powierzchni poślizgu. Ruch taki zachodzi pod wpływem siły ciężkości.

Dlatego **osuwisko** można zdefiniować jako formę ruchów grawitacyjnych powstałą w wyniku szybkiego przemieszczania się materiału skalnego ku dół, wzdłuż powierzchni ślizgu, zgodnie z działaniem siły grawitacyjnej.

W osuwisku można wyróżnić trzy strefy:

- strefę oderwania (z wyraźną skarpą osuwiskową),
- strefę transportu (z możliwymi szczelinami i rowami osuwiskowymi),
- strefę akumulacji (forma jęzora osuwiskowego z wyraźnie zaznaczonym czołem).

Powstawanie osuwisk można utożsamiać z dwoma czynnikami:

- czynniki bierne – budowa geologiczna (litologia, tektonika) i morfologia stoku (profil, nachylenie, ekspozycja);
- czynniki aktywne (oddziaływujące na środowisko w przebiegu czasowym) – procesy geologiczne, warunki hydrogeologiczne, warunki meteorologiczne, rodzaj szaty roślinnej.



Źródło: D. Drzewiecki – dokumentacja prywatna.

Ryc. 6.1. Przykład osuwiska wraz ze zniszczoną częścią infrastruktury komunalnej

### **Okresy i rejon występowania osuwisk**

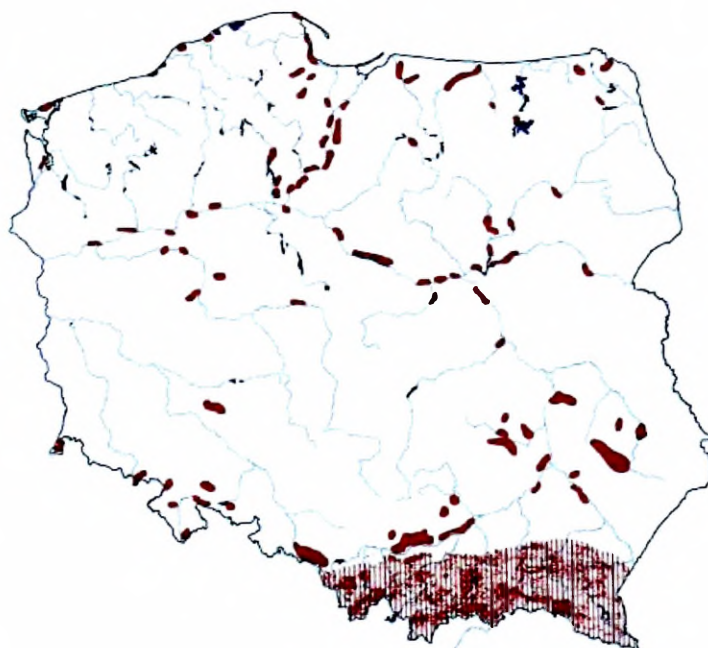
Cykliczność występowania powierzchniowych ruchów masowych jest silnie związana z klimatem. Szczególnie da się to zauważyć w trakcie „mokrych” lat. Do najgroźniejszych należą letnie kilkudniowe, lub nawet kilkudziesięciodniowe opady rozlewne, obejmujące duże powierzchnie, nieraz niemal wszystkich karpackich dopływów Wisły. Odnotowano je w lipcu w latach 1903, 1934, 1970, 1997, 2001 oraz maju i czerwcu 2010. Zdecydowana większość polskich osuwisk znajduje się w Karpatach – 95% (zarejestrowano ponad 8500 osuwisk, w tym 2970 niebezpiecznych dla obiektów budowlanych). Rozwojowi osuwisk w tym regionie sprzyja zarówno budowa geologiczna podłoża, jak i górska dynamika rzeźby terenu. Również duża siła erozyjna rzek, katastrofalne opady deszczu, czy wreszcie działalność ludzi (często nieprzemysłana) powodują dodatkowe zaburzenie równowagi stoków. Na pozostałym obszarze (tab. 6.1) było to ok. 2170 osuwisk (stan na 2007 rok) na powierzchni ponad 300 000 km<sup>2</sup> (0,7 osuwiska/100 km<sup>2</sup>), a ponadto ok. 6740 obszarów predysponowanych. Osuwiska można napotkać również na wybrzeżach Bałtyku, w dolinach dużych rzek oraz tam, gdzie rzeki tworzą głęboko wcięte doliny o stromych zboczach. Występują one także sporadycznie na pojezierzach, w Sudetach i na ich przedpolu, w Górach Świętokrzyskich, na Wyżynie Lubelskiej oraz na Rostoczu.

Tabela 6.1

Liczba osuwisk oraz obszarów predysponowanych w Polsce (bez Karpat)

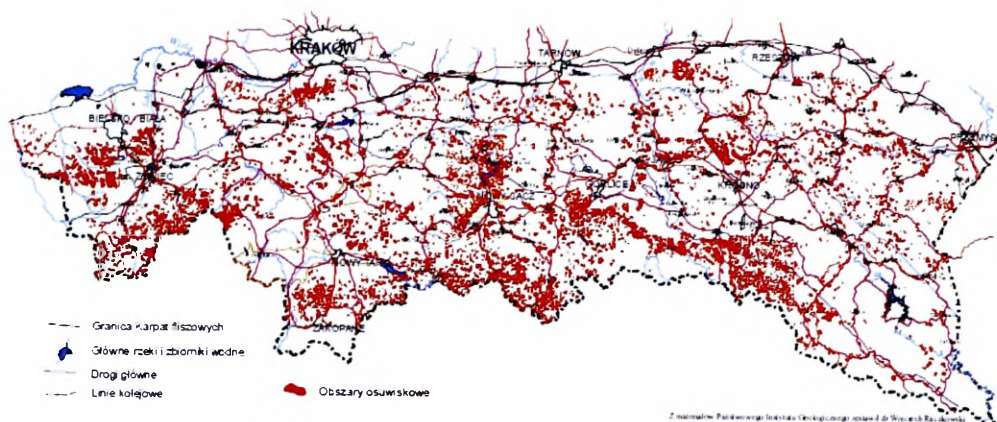
Województwo	Obszary predysponowane	Osuwiska
Dolnośląskie	403	225
Kujawsko-pomorskie	635	260
Lubuskie	313	27
Lubelskie	1005	149
Łódzkie	23	3
Małopolskie (bez Karpat)	111	42
Mazowieckie	297	182
Opolskie	101	57
Podkarpackie (bez Karpat)	35	30
Podlaskie	375	108
Pomorskie	997	110
Śląskie (bez Karpat)	38	5
Świętokrzyskie	595	162
Warmińsko-mazurskie	542	580
Wielkopolskie	298	68
Zachodniopomorskie	877	64

Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny.



Źródło: opracowanie według wyników rejestracji z lat 1968-1970 dla Polski pozakarpackiej oraz materiałów Oddziału Karpackiego PIG.

Ryc. 6.2. Rozmieszczenie obszarów zagrożonych ruchami masowymi ziemi w Polsce (obszar zakreskowany: Karpaty - ryc. 6.3)



Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny.

Ryc. 6.3. Mapa osuwisk – Polskie Karpaty fliszowe

Obszar Karpat obejmuje powierzchnię ok. 19 000 km<sup>2</sup>, na której zanotowano ponad 22 500 osuwisk o wielkości od kilkudziesięciu metrów kwadratowych do kilkunastu kilometrów kwadratowych (ryc. 6.3).

**Zjawiska wywołujące osuwiska:**

- wzrost wilgotności gruntu spowodowany długotrwałymi opadami lub roztopami,
- podcięcie stoku przez erozję, np. w dolinie rzecznej lub w wyniku działalności człowieka, np. przy budowie drogi,
- nadmierne obciążenie stoku, np. przez zabudowę,
- wibracje związane np. z robotami ziemnymi, ruchem samochodowym, eksplozjami,
- trzęsienia ziemi.

**Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczania ich skutków:**

- stabilizacja stoku,
- rekonstrukcja zabudowy,
- przeniesienie infrastruktury poza obszar osuwiska,
- profilaktyka prowadząca do rezygnacji z zabudowy stoków osuwiskowych,
- stosowanie „lekkich” technologii budowlanych w przypadku celowych inwestycji,
- ostrzeżenie i w skrajnych przypadkach ewakuacja ludności i mienia z terenów zagrożonych.

### **Monitoring osuwisk:**

- podziemny (wglębny),
- powierzchniowy.

Prace monitoringowe najczęściej prowadzone są w dwóch klasach:

1 – cykliczne pomiary wykonywane w podobnych lub identycznych interwałach,

2 – ciągłe pomiary przesyłane non-stop do centrali.

W niektórych przypadkach stosuje się system pośredni (stały zapis, cykliczne odczyty i interpretacja). W skład instrumentacji pomiarowej wchodzi zestaw odpowiadający za monitoring powierzchniowy i wglębny, w tym:

- grupa pomiarów deformacyjnych, sieć punktów pomiaru geodezyjnego (klasycznego/GPS), tensometry, szczelinomierze, inklinometry, kable TDR,
- grupa pomiaru hydrologicznego.

Podstawowym zadaniem systemu jest sygnalizacja stanu zagrożenia, która jest ściśle uwarunkowana prawidłowym doбором metod pomiarowych, optymalnym rozmieszczeniem punktów pomiarowych i właściwą analizą otrzymanych wyników.

### **Skala i skutki zagrożeń związanych z osuwiskami:**

- zniszczone i uszkodzone budynki (mieszkalne, użyteczności publicznej, gospodarcze),
- zniszczone i uszkodzone mosty, drogi, linie kolejowe,
- zniszczenia lub uszkodzenia w liniach energetycznych,
- zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi.

### **Instytucje monitorujące zagrożenie**

**Państwowy Instytut Geologiczny** – pełniący w Polsce rolę służby geologicznej, realizator projektu systemu osłony przeciwosuwiskowej (SOPO), którego celem jest m.in. dostarczenie danych, niezbędnych do skutecznego zarządzania ryzykiem oraz wskazanie obszarów zagrożeń.

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

tel. (22) 849-53-51

faks (22) 849-53-42

email: sekretariat@pgi.gov.pl

www.pgi.gov.pl

### **Informacje o zagrożeniu osuwiskami**

W ramach projektu SOPO opracowano stronę internetową dostępną pod dwoma adresami internetowymi:

<http://osuwiska.pgi.gov.pl/>

<http://geoportal.pgi.gov.pl/>

W przypadku konieczności udzielenia przez specjalistów z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego wyjaśnień dotyczących *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi* osoby zainteresowane mogą zwrócić się o to do PIG-PIB w formie pisemnej, za pośrednictwem odpowiedniego starosty powiatowego, burmistrza miasta lub wójta gminy. Jeżeli władze gminy lub powiatu uznają za niezbędną wizytę w terenie pracownika instytutu, to będzie to możliwe po zapewnieniu zwrotu kosztów delegacji tej osoby.

Adres do korespondencji:

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Geologii Środowiskowej  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

**Główne akty prawne w ustawodawstwie polskim dotyczące problematyki ruchów masowych ziemi:** ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie kłęski żywiółowej (Dz.U. 2002, nr 62, poz. 558) ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska (Dz.U. 2001, nr 62, poz. 627) ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717) ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 2004, nr 121, poz. 1266) rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Dz.U. 2007, nr 121, poz. 840).

Na podstawie art. 110a ust. 2 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2006, nr 129, poz. 902 z późn. zm.) „zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa:

1) sposób ustalania terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy;

2) metody, zakres i częstotliwość prowadzenia obserwacji terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy;

3) informacje, jakie powinien zawierać rejestr terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy, zwany dalej „rejestrem”;

4) sposób prowadzenia, formę i układ rejestru”.

W rozdziale 2 – *Planowanie przestrzenne w gminie*, w art. 10.1. mówiącym o zasadach sporządzania studium, wskazano, że: „W studium uwzględnia się uwarunkowania wynikające w szczególności z punktu 10 – występowanie obszarów naturalnych zagrożeń geologicznych”, a w punkcie 2, że „W studium określa się w szczególności: p. 11 – obszary narażone na niebezpieczeństwo

powodzi i osuwania się mas ziemnych. „W miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego określa się obowiązkowo: p. 7 – granice i sposoby zagospodarowania terenów lub obiektów podlegających ochronie, ustalonych na podstawie odrębnych przepisów, w tym terenów górniczych, a także narażonych na niebezpieczeństwo powodzi i zagrożonych osuwaniem się mas ziemnych”. W art. 16. punkt 7 wskazano, że wójt, burmistrz albo prezydent miasta uzgadnia projekt planu z: i dalej punkt h – właściwym organem administracji geologicznej w zakresie terenów zagrożonych osuwaniem się mas ziemnych.

## 6.2. Lawiny śnieżne

**Lawinę śnieżną** (zgodnie z definicją IMGW) określa się jako gwałtowne przemieszczanie się dużych mas śniegu w dół stoku, na odległość co najmniej 50 m.

Do czynników sprzyjających tworzeniu się lawin zalicza się:

- grubość pokrywy śnieżnej,
- strukturę śniegu,
- kąt nachylenia zbocza,
- charakter podłoża,
- nasłonecznienie,
- gwałtowny wiatr,
- silne sygnały akustyczne i inne.

Do powstawania lawin przyczyniają się także ludzie i zwierzęta. Lawiny niszczą lasy, szatę roślinną, infrastrukturę komunikacyjną i turystyczną. Do obszarów zagrożonych lawinami zalicza się regiony o dużym zróżnicowaniu rzeźby:

- województwo podkarpackie (Bieszczady – kilkanaście obszarów występowania lawin),
- województwo małopolskie (Tatry – na całym obszarze, Pieniny – rejon Dunajca),
- województwo śląskie (Beskidy – północne stoki Babiej Góry, Pilsko),
- województwo opolskie (Góry Opawskie),
- województwo dolnośląskie (Karkonosze – 49 torów lawinowych).

Tabela 6.2

Klasyfikacja stopni zagrożeń związanych z prawdopodobieństwem wystąpienia lawin śnieżnych (IMGW)

Stopień zagrożenia	Symbol	Stabilność pokrywy śnieżnej	Prawdopodobieństwo wyzwolenia (zejścia) lawiny	Zalecenia dla ruchu osób poza zabezpieczonymi strefami
1 mały (nieznaczny)		Pokrywa śnieżna jest na ogół utrwalona i stabilna (związana)	Wyzwolenie lawiny jest możliwe na bardzo niewiele ekstremalnych stokach, głównie przy dodatkowym dużym obciążeniu	Na ogół bezpieczne warunki dla wędrowek
2 umiarkowany		Pokrywa śnieżna jest tylko na niektórych bardziej stromych stokach umiarkowanie stabilna, na ogół jednak wystarczająco utrwalona	Wyzwolenie lawiny możliwe przede wszystkim na wskazanych w aktualnym komunikacie stromych stokach, głównie przy dodatkowym dużym obciążeniu. Nie należy się spodziewać samorzutnego schodzenia dużych lawin	Korzystne warunki dla wędrowek pod warunkiem uważnego wyboru trasy szczególnie na stromych stokach wskazanych w komunikacie pod względem wystawy i wysokości
3 znaczny		Na wielu stromych stokach pokrywa śnieżna jest utrwalona tylko umiarkowanie lub słabo	Wyzwolenie lawiny jest prawdopodobne już przy małym obciążeniu dodatkowym przede wszystkim na wskazanych w aktualnym komunikacie stromych stokach. W określonych warunkach możliwe jest samorzutne schodzenie średnich bądź także pojedynczych dużych lawin	Poruszanie się wymaga doświadczenia oraz posiadania zdolności do lawinoznawczej oceny sytuacji. Należy unikać stromych stoków wskazanych w komunikacie pod względem wystawy i wysokości
4 duży		Pokrywa śnieżna jest słabo utrwalona na większości stromych stoków	Wyzwolenie lawin jest prawdopodobne już przy małym obciążeniu dodatkowym na większości wskazanych w aktualnym komunikacie stromych stoków. W określonych warunkach możliwe jest samorzutne schodzenie wielu średnich rozmiarów lawin i dużych lawin.	Poruszanie się wymaga bardzo dużej zdolności do lawinoznawczej oceny sytuacji. Należy pozostać w granicach umiarkowanie stromych stoków oraz brać pod uwagę lawiny z wyżej położonych stoków.
5 bardzo duży		Pokrywa śnieżna jest na rozległym obszarze słabo utrwalona i w znacznym stopniu chwiejna	Należy spodziewać się samorzutnego schodzenia wielu dużych lawin, także na umiarkowanie stromych stokach.	Wysoko niekorzystne warunki. Unikać otwartego terenu.

Źródło: <http://www.imgw.pl/extcont/ostrezenia/meteo/klasyfikacja.html>



Ryc. 6.4. Informacja w terenie – znaki ostrzegawcze: 1. Alarm lawinowy. 2. Stop – lawiny. 3. Teren zagrożony lawinami

Na rycinie 6.4 znak „Alarm lawinowy” (1) informuje, że nie wolno wchodzić na szlak, zagrożenie lawinowe jest ogromne – dalsze przejście lub przejazd zagraża życiu i zdrowiu. „Stop – lawiny” (2) to kolejny znak ostrzegawczy, który jest stawiany bezpośrednio przed miejscem, gdzie schodzą lawiny – dalsze przejście lub przejazd zagraża życiu i zdrowiu.

#### **Skala i skutki zagrożenia lawinami:**

- zagrożenie dla życia i zdrowia narciarzy, snowboardzistów i turystów przebywających w rejonach zagrożonych,
- straty w drzewostanie i szacie roślinnej,
- straty w infrastrukturze komunikacyjnej i turystycznej.

#### **Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczania ich skutków:**

- umieszczanie komunikatów i ostrzeżeń o aktualnym stopniu zagrożenia lawinowego,
- stosowanie profilaktyki edukacyjnej społeczeństwa o zagrożeniu i sposobach zachowania się w górach, np. posiadanie przez narciarza, snowboardzistę czy turystę w indywidualnym wyposażeniu:
  - plakietki systemu Recco (zaszyte w odzież, plecaku – nie wymagają zasilania),
  - detektora lawinowego „pips” (miniaturowe urządzenie radiowe nadawczo-odbiorcze),
  - składanej łopatkii lawinowej,
  - plecaka ABS z wmontowanymi poduszkami powietrznymi (podobnie jak w samochodach), pozwalającymi utrzymać się na powierzchni lawiny,
  - telefonu komórkowego do wezwania pomocy.

#### **Instytucje monitorujące**

##### **Tatrzańskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (TOPR)**

ul. Piłsudskiego 63a, 34-500 Zakopane

tel. (18) 201-47-31

faks (18) 201-55-60

e-mail: [topr@topr.pl](mailto:topr@topr.pl)

[www.topr.pl](http://www.topr.pl)

##### **Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (GOPR)**

ul. Piłsudskiego 65, 34-500 Zakopane

tel. (18) 20-61-550, 20-14-152

e-mail: [zarzad@gopr.pl](mailto:zarzad@gopr.pl)

[www.gopr.pl](http://www.gopr.pl)

### **Serwisy internetowe informujące o zagrożeniu lawinowym w Polsce w Polsce:**

[www.topr.pl](http://www.topr.pl) – dla rejonu Tatr

<http://www.lawiny.gopr.org/index-1.php> – dla rejonu Karkonoszy

<http://gopr.pl/avalanche/pl> – dla pozostałych rejonów górskich kraju

### **w Czechach:**

[www.horskasluzba.cz](http://www.horskasluzba.cz) (Karkonosze, Jeseniki i czeska część Śnieżnika)

### **na Słowacji:**

[www.laviny.sk](http://www.laviny.sk) (Tatry, Niżne Tatry, Mała i Wielka Fatra)

### **w Europie:**

[www.avalanches.org](http://www.avalanches.org)

## **6.3. Zagrożenia biologiczne (epidemiologiczne)**

(na podstawie: *Zagrożenia okresowe występujące w Polsce*, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB), Warszawa 2010, 2013)

### **Grypa jako choroba zakaźna wśród ludzkiej populacji w Polsce**

Grypa to ostra choroba zakaźna układu oddechowego wywołana zakażeniem wirusem grypy. Przenosi się pomiędzy ludźmi drogą kropelkową. Liczba zachorowań wzrasta sezonowo, niekiedy dochodzi do epidemii. Wzrost zachorowań na grypę (w skrajnych przypadkach epidemie) powoduje znaczne koszty ekonomiczno-społeczne (absencja chorobowa), stąd zachorowania na grypę są monitorowane w systemie kontroli epidemiologicznej. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) rocznie na grypę zapada na świecie ok. 100 mln ludzi, z czego w wyniku powikłań pogrypowych umiera od 500 tys. do miliona chorych.

### **Rodzaje i charakterystyka wirusów grypy**

Wirus grypy A występuje u ludzi i zwierząt (świnie, konie, foki, norki, wiewiórki oraz ptaki). Charakteryzuje się w porównaniu do innych typów znaczną zmiennością genetyczną, związaną z występowaniem mutacji i reasortacji genetycznej (zjawisko mieszania się materiału genetycznego dwóch wirusów). Ze względu na rodzaj białek tworzących otoczkę wirusa, niezbędnych do jego prawidłowej replikacji, wyróżniono 16 podtypów HA (H1–H16) oraz 9 podtypów NA (N1–N9). Obecnie najpowszechniej występują szczepy wirusa należące do podtypów H1N1 oraz H3N2. Według opinii ekspertów rezerwuarem wirusa grypy A jest ptactwo wodne. Wirus grypy A najczęściej powoduje epidemie i pandemie, ponieważ podlega skokom antygenowym, czyli relatywnie częstym zmianom struktury otoczki białkowej, co powoduje, że układ odpor-

nościowy atakowanych organizmów nie potrafi rozpoznać nowego szczepu wirusa jako zagrożenia, nawet jeśli wcześniej zetknął się z wirusem typu A. Wirus grypy B występuje tylko u ludzi. Ma on tylko po jednym podtypie HA i NA. Z kolei wirus grypy C występuje u ludzi i świń. Jest przyczyną tylko lekkich infekcji i nie powoduje epidemii. W odróżnieniu do typów A i B cząsteczka wirusa typu C nie posiada białka neuraminidazy, jest natomiast wyposażona w dodatkowe białko HEF.

### **Objawy chorobowe**

Grypa rozpoczyna się gwałtownie i od początku towarzyszą jej ostre objawy (tym m.in. różni się od przeziębienia, które rozwija się stopniowo). Najbardziej nasilone objawy ostrej infekcji wirusowej górnego układu oddechowego trwają zwykle 3–4 dni: wysoka gorączka (nawet do 39–41°C), dreszcze, bóle mięśniowe, kostno-stawowe (mogą występować w dużym nasileniu), ból głowy, ból gardła i suchy kaszel, uczucie ogólnego rozbicia (występuje na początku choroby i może utrzymywać się jeszcze przez kilka dni po ustąpieniu infekcji).

### **Najgroźniejsze powikłania**

Grypa może spowodować zaostrzenie się przewlekłych chorób układu oddechowego, takich jak: astma oskrzelowa, zainicjowanie astmy oskrzelowej, niewydolność oddechowa, zapalenie mięśnia sercowego, zapalenie osierdzia, nagły zgon sercowy, zapalenie mózgu lub zapalenie opon mózgowych, zapalenie mięśni, ostra niewydolność nerek, zespół Guillain-Barre (porażenie wstępujące).

Początek sezonu grypowego w Polsce przypada na połowę września lub przełom września i października. Od tego momentu mniej więcej do końca listopada liczba zachorowań rośnie. Grudzień i styczeń są okresem stabilizacji. Ponowny wzrost zachorowań rozpoczyna się w lutym i trwa do końca marca lub utrzymuje się jeszcze w kwietniu (zależnie od typu wirusa oraz warunków pogodowych).

### **Przewidywane miejsce i czas wystąpienia epidemii**

Epidemie chorób zakaźnych, w tym grypy, mogą wystąpić na terenie całego kraju. Katastrofalne skutki epidemii mogą wystąpić w miejscach dużych skupisk ludzkich, takich jak: szkoły, przedszkola, miejsca użyteczności publicznej, duże zakłady przemysłowe, oraz na terenach województwa o niewystarczającej infrastrukturze komunikacyjnej (mogą wystąpić trudności w dotarciu na ww. tereny wykwalifikowanej kadry medycznej).

Tabela 6.3

## Epidemie grypy w XX i XXI wieku

Okres	Zasięg (epidemia/pandemia)	Szczep i nazwa	Liczba zachorowań i zgonów
1918–1919	Pandemia, zakażenie rozprzestrzeniło się na skutek nasilonej migracji po I wojnie światowej, czynnikami sprzyjającymi rozwojowi pandemii było niedożywienie ludzi oraz bardzo złe warunki sanitarne	Typ A, H1N1 Nazwa stosowana – <i>hiszpanka</i>	500 mln zachorowań 50 mln–100 mln zgonów
1957–1958	Epidemia	Typ A, H2N2 Nazwa stosowana – <i>grypa azjatycka</i>	Od 1 mln do 1,5 mln zgonów
1968–1970	Epidemia	Typ A, H3N3 Nazwa stosowana – <i>grypa hongkong</i>	Od 750 tys. do 1 mln zgonów
1977–1978	Epidemia	Typ wirusa – brak danych Nazwa stosowana – <i>grypa rosyjska</i>	Brak danych
2009	Pandemia – oficjalnie ogłoszona przez WHO 11 czerwca 2009, toczy się dyskusja czy zasadnie	Typ wirusa A, H1N1 Nazwa stosowana – <i>grypa meksykańska, świńska grypa</i>	Ok. 850 tys. zachorowań Ok. 12 tys. zgonów

Źródło: Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, Warszawa 2013.

### Możliwe sposoby zapobiegania zagrożeniu lub ograniczania jego skutków

Monitorowanie zagrożeń epidemiologicznych umożliwia podjęcie określonych działań w celu zapobieżenia epidemii lub zminimalizowania jej skutków. W celu zapobiegania grypie przeprowadza się szczepienia ochronne – szczepionka jest modyfikowana w zależności od zmienności genetycznej wirusa, przyjmuje się ją raz w roku, najlepiej przed rozpoczęciem sezonu grypowego, ale można ją podawać już w trakcie występowania zachorowań. Zalecana jest szczególnie osobom starszym, dzieciom oraz osobom cierpiącym na przewlekłe schorzenia, powodujące wzrost ryzyka powikłań pogrypowych. Szczepienia są propagowane przez WHO i ECDC, a w Polsce przez NIZP-PZH – Krajowy Ośrodek ds. Grypy. Ważne jest podnoszenie świadomości wśród osób chorych zakaźnie oraz nosicieli chorób zakaźnych, jak też wśród turystów w zakresie ochrony przed zagrożeniami epidemiologicznymi podczas podróży zagranicznych (szczególnie w kontekście zawlekania chorób zakaźnych z innych stref klimatycznych).

## **Skala i skutki zagrożenia**

Zagrożenia epidemiologiczne mogą nieść za sobą rozległe skutki, m.in.: konieczność hospitalizacji dużej liczby pacjentów w przypadku epidemii chorób zakaźnych wymagających leczenia szpitalnego, konieczność zorganizowania warunków izolacji lub kwarantanny poprzez zapewnienie odpowiednich pomieszczeń, wyposażenia oraz osób posiadających odpowiednie kwalifikacje, czasowe ograniczenie w ruchu osobowym, czasowe ograniczenie funkcjonowania określonych instytucji i zakładów pracy, czasowe trudności w dostawie mediów (wody, prądu, gazu oraz ciepła), czasowe trudności w zaopatrzeniu ludności w podstawowe artykuły oraz leki, wprowadzenie zakazu organizowania widowisk, zgromadzeń i innych skupisk ludzkich, konieczność wykonywania określonych zabiegów sanitarnych, jeżeli wykonanie ich wiąże się z funkcjonowaniem określonych obiektów produkcyjnych, usługowych, handlowych i innych, konieczność wprowadzenia określonych szczepień ochronnych, konieczność udostępniania nieruchomości, lokali, terenów i dostarczenia środków transportu do działań przeciwepidemicznych, wystąpienie utrudnień w prowadzeniu działań przeciwepidemicznych związanych z możliwością zachorowań wśród służb ratowniczych i medycznych.

### **Instytucje monitorujące zagrożenie**

#### **Ministerstwo Zdrowia**

ul. Miodowa 15, 00-952 Warszawa

tel. (22) 634-96-00

email: kancelaria@mz.gov.pl

www.mz.gov.pl

#### **Główny Inspektor Sanitarny (poprzez Inspekcję Sanitarną),**

ul. Długa 38/40, 00-238 Warszawa

tel. (22) 536-13-00, (22) 635-61-94

email: inspektorat@gis.gov.pl

www.gis.gov.pl

#### **Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny**

Krajowy Ośrodek ds. Grypy

ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa

tel. (22) 54-21-400

faks: (22) 849-74-84, 849-35-13

www.pzh.gov.pl

### **Informacje o zagrożeniu**

Komunikaty i informacje zawarte na stronach internetowych:

Ministerstwa Zdrowia – [www.mz.gov.pl](http://www.mz.gov.pl)

Głównego Inspektora Sanitarnego – [www.gis.gov.pl](http://www.gis.gov.pl)  
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny – [www.pzh.gov.pl](http://www.pzh.gov.pl) (aktualne i archiwalne informacje Krajowego Ośrodka ds. Grypy)

### **Choroby roślin**

Choroby roślin to wszystkie dłużej trwające zaburzenia w ich procesach życiowych w wyniku działania czynników chorobotwórczych. Są wypadkową wzajemnego oddziaływania na siebie patogenu i rośliny żywicielskiej. W procesie tym zmienia się zarówno roślina, jak i patogen. Objawy chorób są reakcją roślin na czynnik chorobotwórczy.

Czynniki chorobotwórcze wpływające na powstanie i rozwój zagrożenia:

- nieinfekcyjne (choroba objawia się na dużym obszarze, np. na terenie całej uprawy – sytuacja korzystniejsza z punktu widzenia likwidacji zagrożenia). Mogą to być czynniki:

- atmosferyczne (opady, niska i wysoka temperatura, niedostatek światła, wilgotność powietrza, zanieczyszczenie środowiska),

- glebowe (niedobór lub nadmiar składników pokarmowych, zasolenie gleby, odczyn gleby, nadmiar lub brak wody, struktura gleby).

Jako przykład chorób wywołanych przez czynniki nieinfekcyjne można wymienić zgorzel liści sercowych i suchą zgniliznę korzeni buraka, suchą wierzchołkową zgniliznę liści pomidora;

- infekcyjne (choroba objawia się występowaniem tzw. placów – wśród zdrowych roślin znajdują się obszary z chorymi roślinami, choroby wywołane czynnikami infekcyjnymi trudno się usuwa i rzadko się one cofają). Infekcje mogą być wywoływane przez: wirusy i wiroidy, fitoplazmy, bakterie, grzyby, pasożyty (choroby nasienne). Jako przykład chorób wywołanych przez czynniki infekcyjne można wskazać wirozy (liczne dot. upraw warzywnych, sadowniczych) czy bakteriozy. Wirusy mogą zimować w: nasionach, bulwach, cebulach, roślinach wieloletnich, ciałach owadów – wektorów.

### **Rejony występowania chorób roślin**

Choroby roślin uprawnych mogą występować w całym kraju. Ich rodzaje i nasilenie zależne są od intensywności określonych upraw. W Polsce najważniejsze rośliny uprawne, istotne z punktu widzenia gospodarki rolnej, to: pszenica – rejon upraw: głównie Nizina Śląska, Kujawy, Żuławy Wiślane, Przedgórze Sudeckie, Podkarpacie, Wyżyna Lubelska; żyto – rejon upraw: głównie Polska środkowo-wschodnia; jęczmień – rejon upraw: głównie na północnym wschodzie kraju, jęczmień browarny uprawiany jest na: Nizinie Południowo-Wielkopolskiej, Równinie Wrocławskiej oraz Legnickiej, Kujawach i Wyży-

nie Lubelskiej; owies – rejon upraw: Podlasie oraz na południu kraju; ziemniaki – rejon upraw: Polska środkowa, Podlasie (głównie gospodarstwa indywidualne); buraki cukrowe – rejon upraw: głównie w pasie województw od Żuław Wiślanych po Przedgórze Sudeckie, drugi zwarty obszar upraw pokrywa się z Wyżyną Wschodniomałopolską; rzepak i rzepik – rejon upraw: Polska zachodnia, północno-zachodnia i południowo-zachodnia (zwłaszcza Dolny Śląsk, Wielkopolska, Kujawy, Żuławy oraz w mniejszym stopniu Wyżyna Lubelska); mak, słonecznik i soja – rejon upraw: Kujawy, Wielkopolska, Nizina Śląska, Wyżyna Lubelska (Zamojszczyzna), Podkarpacie (rejon Przemyśla); len – rejon upraw: Polska północno-wschodnia i południowo-zachodnia, chmiel – rejon upraw: Wyżyna Lubelska i Kielecko-Sandomierska; tytoń – rejon upraw koncentruje się w następujących okręgach: lubelskim, rzeszowskim, krakowskim, kieleckim, chełmińsko-kwidzyńskim i białostocko-suwałskim, Wymienione uprawy są monitorowane pod kątem zagrożenia wystąpieniem określonych chorób roślin, właściwych dla danych gatunków.

#### **Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczania ich skutków**

Działania mające na celu zapobieganie zagrożeniom związanym z chorobami roślin to głównie: monitorowanie chorób zakaźnych roślin, działania profilaktyczne poprzez szkolenia (rolników), spotkania w urzędach powiatowych i gminnych nt. profilaktyki i zwalczania chorób roślin, stosowanie oprysków ochronnych.

#### **Skala i skutki zagrożenia**

Choroby zakaźne roślin powodują m.in. obniżenie produkcji rolnej, wzrost cen rynkowych żywności, inflację.

#### **Instytucje odpowiedzialne za monitorowanie zagrożeń**

##### **Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi**

ul. Wspólna 30, 00-930 Warszawa

tel. (22) 623-10-00,

faks (22) 623-27-50, (22) 623-27-51

e-mail: kancelaria@minrol.gov.pl

www.minrol.gov.pl

##### **Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa**

al. Jana Pawła II 11, 00-828 Warszawa

tel. (22) 652-92-90, 620-28-24 22, 620-28-25

faks (22) 654-52-21

e-mail: gi@piorin.gov.pl

www.piorin.gov.pl

**Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy**  
ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań  
tel. (61) 864-90-00  
faks (61) 867-63-01  
www.ior.poznan.pl

**Instytut Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy** – ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
tel. (81) 886-34-21  
faks (81) 886-45-47  
email: iung@iung.pulawy.pl  
www.iung.pulawy.pl

**Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy**  
ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warszawa  
tel. (22) 505-44-44  
e-mail: ierigz@ierigz.waw.pl  
www.ierigz.waw.pl

### **Choroby zakaźne wśród zwierząt**

Choroby zwierząt ze względu na etiologię mogą być m.in. zakaźne, wirusowe, zwyrodnieniowe lub autoagresywne. Większość chorób zwierząt przypisana jest do jednego gatunku, są jednak również takie, które przenoszą się między grupami zwierząt. Z punktu widzenia bezpieczeństwa hodowli rolnych istotne są choroby zakaźne i wirusowe. Z punktu widzenia bezpieczeństwa ludzi, a także zwierząt hodowlanych istotne są również choroby zwierząt dzikich, które mogą przenieść się na zwierzęta hodowlane lub stanowić źródło zakażeń dla ludzi (np. wścieklizna).

**Choroby odzwierzęce, antropozoonozy, zoonozy** to zakaźne lub pasożytnicze choroby zwierząt, bądź też przez zwierzęta tylko roznoszone, przenoszące się na człowieka poprzez kontakt bezpośredni lub surowce pochodzenia zwierzęcego, rzadziej drogą powietrzną (np. toksoplazmoza, bruceloza, wścieklizna, ptasia grypa i inne). Nad zapobieganiem szerzeniu się chorób zakaźnych zwierząt czuwają lekarze weterynarii, natomiast leczeniem chorób odzwierzęcych u człowieka trudnią się lekarze chorób zakaźnych.

**Epizootia (odpowiednik epidemii u ludzi lub epifitozy u roślin)** to występowanie zachorowań na daną chorobę zakaźną wśród zwierząt na danym terenie, w zdecydowanie większej liczbie niż w poprzednich latach rejestracji danych.

### **Przewidywane miejsce i czas wystąpienia chorób zakaźnych zwierząt**

Przypadki chorób zakaźnych zwierząt mogą wystąpić na całym obszarze województwa, szczególnie na terenach rolniczych (hodowlanych). Do skażeń żywności oraz pasz dochodzić może na skutek zanieczyszczenia surowca oraz wtórnie w miejscach ich wytwarzania, magazynowania oraz w czasie transportu.

### **Zakaźne choroby zwierząt występujące w Polsce**

Według biuletynu *Stan zakaźnych chorób zwierzęcych* publikowanego co miesiąc przez Głównego Lekarza Weterynarii) – z dostępnych miesięcznych raportów GLW (od 2002 roku) wynika, że w Polsce w okresie od 1 stycznia 2002 do 31 maja 2010 roku wystąpiły następujące zakaźne choroby zwierząt: wścieklizna zwierząt domowych (2002– 2008, 2010), wścieklizna zwierząt dzikich (2002–2010).

**Choroby zwierząt** (zjawisko stanowiące zagrożenie dla ludzi oraz gospodarki):

- wirusowe zapalenie tętnic koni (2002),
- salmonelloza świń (2002),
- gorączka Q (2002),
- choroba Mareka (2002),
- salmonelloza drobiu (2002),
- zgnilec złośliwy (amerykański) pszczoł (2002–2010),
- gąbczasta encefalopatia bydła (BSE) (2002–2010),
- wirusowa posocznica krwotoczna (VHS) (2004–2010),
- zakaźna martwica układu krwiotwórczego ryb łososiowatych (IHN) (2008, 2009),
- wysoce zjadliwa grypa ptaków u dzikich ptaków (2006, 2007),
- wysoce zjadliwa grypa ptaków u drobiu (2007),
- trzęsawka owiec – forma atypowa (2009, 2010),
- zakażenie herpeswirusem koi (2009).

**Choroby nigdy nienotowane w Polsce** (według biuletynu *Stan zakaźnych chorób zwierzęcych* publikowanego co miesiąc przez Głównego Lekarza Weterynarii): pęcherzykowe zapalenie jamy ustnej, pomór małych przeżuwaczy, guzowata choroba skóry bydła, gorączka doliny Rift, choroba niebieskiego języka, afrykański pomór koni, afrykański pomór świń, krwotoczna choroba zwierzyny płowej.

## **Choroby zwierząt w Polsce w ujęciu historycznym**

Według biuletynu *Stan zakaźnych chorób zwierzęcych* Głównego Lekarza Weterynarii (z maja 2010 roku) ostatnie przypadki chorób stwierdzono odpowiednio w latach: księgosusz – 1921, zaraza płucna bydła – 1936, ospa owiec i kóz – 1950, zaraza stadnicza koni – 1951, nosacizna – 1957, niedokrwistość zakaźna koni (EIA) – 1960, choroba cieszyńska – 1967, pryszczycza – 1971, choroba pęcherzykowa świń – 1972, rzekomy pomór drobiu – 1974, klasyczny pomór świń – 1994, wąglik – 2001, wysoce zjadliwa grypa ptaków u ptaków dzikich – 2007, wysoce zjadliwa grypa ptaków u drobiu – 2007.

## **Możliwości zapobiegania zagrożeniom lub ograniczania ich skutków**

W celu zapobiegania omawianym zagrożeniom i ograniczania ich skutków realizowane są następujące przedsięwzięcia: monitorowanie chorób zakaźnych zwierząt i żywności, rozpoznawanie ryzyka wystąpienia przypadków BSE oraz pryszczycy (powołano w tym celu specjalny zespół przy wojewodzie pomorskim), działania profilaktyczne typu: szkolenia rolników, właścicieli nadzorowanych zakładów przetwarzających środki spożywcze pochodzenia zwierzęcego, służb weterynaryjnych, spotkania w urzędach powiatowych i gminnych nt. profilaktyki i zwalczania chorób zakaźnych zwierząt, stosowanie szczepień ochronnych przeciwko chorobom zakaźnym, badania laboratoryjne środków spożywczych i pasz przed dopuszczeniem do obrotu, prowadzenie przez powiatowych lekarzy weterynarii bezpośredniej kontroli stanu i obrotu bydła pochodzącego z importu. W sytuacji pojawienia się groźby chorób zwierzęcych wprowadza się pogotowie przeciwpizootyczne i kontynuuje krajowy monitoring w kierunku rozpoznawania zagrożenia BSE.

## **Skala i skutki zagrożenia**

Masowe zachorowania zwierząt mogą pojawić się w krótkim czasie i powodować ich upadek (np. wąglik). W sytuacji wystąpienia zoonoz następują przypadki zachorowań ludzi na daną chorobę (bruceloza, leptospiroza, listerioza), skażenia środków spożywczych powodujące liczne zachorowania ludzi na tle zaburzeń pokarmowych, zwykle o ostrym przebiegu po spożyciu danego produktu spożywczego (np. salmoneloza). Ponadto mogą wystąpić choroby zwierząt związane ze skażeniem środowiska, w wyniku czego następują liczne zachorowania zwierząt różnych gatunków o charakterze niezakaźnym o przebiegu chronicznym (np. na skutek sąsiedztwa zakładów chemicznych, w których powstają awarie z niekontrolowaną emisją substancji chemicznych).

**Instytucje odpowiedzialne za monitorowanie i przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu się chorób zwierząt**

**Główny Lekarz Weterynarii i Zastępcy GLW (organy Inspekcji Weterynaryjnej)**

Główny Inspektorat Weterynarii  
ul. Wspólna 30, 00-930 Warszawa

tel. (22) 623-20-89,

faks (22) 623-14-08

email: wet@wetgiw.gov.pl

www.wetgiw.gov.pl

wojewódzcy lekarze weterynarii (organy Inspekcji Weterynaryjnej)

wojewódzkie inspektoraty weterynarii

powiatowi lekarze weterynarii (organy Inspekcji Weterynaryjnej)

powiatowe inspektoraty weterynarii

graniczni lekarze weterynarii (organy Inspekcji Weterynaryjnej)

graniczne inspektoraty weterynarii

#### **6.4. Pożary wielkoprzestrzenne lasów**

Ochrona przeciwpożarowa jest szerokim pojęciem i polega na realizacji przedsięwzięć mających na celu ochronę życia, zdrowia i mienia przed pożarem, klęską żywiołową lub innym zagrożeniem poprzez zapobieganie powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru czy innego zjawiska, zapewnienie sił i środków do zwalczania oraz prowadzenia działań ratowniczych. Centralnym organem administracji rządowej w sprawie ochrony przeciwpożarowej oraz organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego jest komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej, podległy ministrowi właściwemu do spraw wewnętrznych. Komendanta powołuje spośród oficerów PSP i odwołuje prezes Rady Ministrów na wniosek ministra właściwego do spraw wewnętrznych. Komendant kontroluje działania organów i jednostek organizacyjnych PSP oraz jest przełożonym strażaków pełniących służbę w PSP. Jednostkami organizacyjnymi PSP są: Komenda Główna PSP, komendy wojewódzkie, komendy powiatowe (miejskie), w skład których wchodzi jednostki ratowniczo-gaśnicze, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, pozostałe szkoły, jednostki badawczo-rozwojowe oraz Centralne Muzeum Pożarnictwa.

**Pożar** – samo zjawisko określa się jako niekontrolowany proces palenia w miejscu do tego nieprzeznaczonym, który może doprowadzić do zagrożenia życia i zdrowia ludzi i zwierząt oraz strat materialnych. Warunkiem koniecznym wystąpienia pożaru jest wystąpienie trzech czynników: źródła ognia,

substancji palnej oraz dostępu powietrza (tlenu). Do głównych przyczyn wystąpienia pożarów zalicza się:

- na skutek działalności człowieka (oprócz podpaień umyślnych) – nieostrożność osób dorosłych i nieletnich przy: postugiwaniu się ogniem otwartym (papierosy, zapałki), wypalaniu pozostałości roślinnych na polach, postugiwaniu się substancjami łatwopalnymi i pirotechnicznymi;
- niezależnych od działalności człowieka – samozapalenie biologiczne, wyładowania atmosferyczne, następstwo miejscowych zagrożeń determinowane przez klęski żywiołowe.

Zadania i organizację ochrony przeciwpożarowej określa ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. nr 81, poz. 351 z późn. zm.), zaś organizację i zadania PSP – ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. nr 88, poz. 400 z późn. zm.).

Jednostki ochrony przeciwpożarowej, jak Państwowa Straż Pożarna będąca zawodową, umundurowaną i wyposażoną w specjalistyczny sprzęt formacją, wspartą przez Ochotniczą Straż Pożarną i związek OSP, funkcjonującą na podstawie przepisów ustawy Prawo o stowarzyszeniach, stanowią wraz z innymi służbami, inspekcjami, strażami, instytucjami oraz podmiotami krajowy system ratowniczo-gaśniczy. System ten tworzy integralną część organizacji bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, który ma na celu ratowanie życia, zdrowia, mienia lub środowiska, prognozowanie, rozpoznawanie i zwalczanie pożarów, klęsk żywiołowych lub innych miejscowych zagrożeń. Krajowy system ratowniczo-gaśniczy ma na celu ochronę życia, zdrowia, mienia lub środowiska poprzez walkę z pożarami i innymi klęskami żywiołowymi, ratownictwo techniczne, chemiczne, ekologiczne i medyczne. Szczegółowe zasady organizacji tego systemu określa minister właściwy do spraw wewnętrznych w drodze rozporządzenia.

Do miejsc szczególnie zagrożonych wystąpieniem pożarów zalicza się: lasy, parki, rezerваты, uprawy, łąki, torfowiska oraz inne nietypowe obiekty rolnicze. Obszar zagrożenia obejmuje cały kraj, ze szczególnym uwzględnieniem miejsc, gdzie lasy są jednorodne (zwłaszcza iglaste) i posadzone przez człowieka. Około 95% wszystkich pożarów lasów spowodowanych jest przez człowieka. Do sezonów o szczególnie wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia pożarów zalicza się wiosnę i lato, zwłaszcza podczas długotrwałych okresów upałów i suszy (niska wilgotność ściółki leśnej).

Požary można podzielić na ziemne (podziemne) i przyziemne. Podziemne pożary to takie, podczas których ogień trawi np. pokłady torfu czy płytko zalegające pokłady węgla brunatnego. Jednak znacznie częściej występują pożary przyziemne (dolne), gdzie materiałem palnym jest ściółka leśna, próchnica, chrust podszyt itd. Ponadto można jeszcze wyróżnić pożary wierzchołkowe

powstające jako eskalacja pożaru przyziemnego. Są one bardzo groźne, szybko rozprzestrzeniające się, zwłaszcza w drzewostanie iglastym i podczas silnego wiatru – mogą przybierać rozmiary katastrofalne.

**Możliwe sposoby zapobiegania zagrożeniu lub ograniczania jego skutków:**

- przestrzeganie przepisów przeciwpożarowych, w szczególności dotyczących obszarów leśnych,
- kontrola przestrzegania przepisów przeciwpożarowych,
- nadzór organizacyjny,
- organizowanie wewnętrznych służb ratowniczych,
- wyposażenie w podręczny sprzęt ratowniczo-gaśniczy,
- monitoring pożarowy, w tym wieże obserwacyjne,
- organizowanie samolotowych lotów patrolowych,
- szkolenia, ćwiczenia przeciwpożarowe,
- zamknięcie lasu dla turystów.

**Ostrzeżenia (w skali czterostopniowej):**

0 – brak zagrożenia,

I – zagrożenie małe,

II – zagrożenie duże, należy zachować ostrożność,

III – zagrożenie katastrofalne, nie wolno rozpalać ognisk nawet w miejscach do tego wyznaczonych.

**Komunikaty:**

informacja (zakaz wstępu) przy wejściu do lasu w mediach, Internecie, punktach informacji turystycznej.

**Skala i skutki zagrożenia**

Największe znaczenie przy ocenie skali i stopnia zagrożenia i zastosowaniu środków prewencyjnych mają takie czynniki, jak: opady, prędkość wiatru, natężenie promieniowania słonecznego, temperatura powietrza, wilgotność powietrza. Skutki to przede wszystkim: niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia ludzi i zwierząt, skażenie powietrza, konieczność ewakuacji ludzi z zagrożonych terenów, zniszczenie mienia znacznej wartości, zniszczenie ekosystemu.

**Służby ratownicze i ostrzegawcze**

Dyrektor nadleśnictwa (lub dyrektor parku narodowego) wprowadza okresowy zakaz wstępu do lasów – w sytuacji, gdy w pięciodniowym cyklu pomiaru wilgotność ściółki o godzinie 9.00 jest niższa niż 10%.

**Bazy danych:** EWID – ewidencja zdarzeń Państwowej Straży Pożarnej, oraz SILP – system informatyczny Lasów Państwowych (funkcjonuje we wszystkich nadleśnictwach w Polsce).

**Informacja o zagrożeniu**

<http://effis.jrc.ec.europa.eu/current-situation>

[www.lasy.gov.pl](http://www.lasy.gov.pl)

Podstawowe zasady postępowania podczas wystąpienia pożaru można znaleźć na stronie internetowej Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej:

[www.straz.gov.pl](http://www.straz.gov.pl) – zakładka „porady”.

## 7. Zagrożenia polskiego побереża bałtyckiego związane z procesem globalnego ocieplania się klimatu

Zjawiska wywołane działaniem sił natury determinują nasze poczucie bezpieczeństwa. Jednym z czynników wpływających na intensyfikację niebezpiecznych zjawisk pogody jest globalny wzrost temperatury. Gwałtowny wzrost dynamiki tego parametru obserwuje się od połowy XX wieku. Wpływa on na intensyfikację ekstremalnych zjawisk przyrodniczych, w tym występowanie klęsk żywiołowych. Jednym ze zjawisk, które są utożsamiane z globalnym ociepleniem, jest wzrost poziomu wód na świecie. Jako główną przyczynę tego procesu uznawano topnienie warstwy lodowców. Istotą problemu związanego z globalnym wzrostem temperatury jest ustalenie, w jakim stopniu wpływ na to zjawisko ma działalność człowieka, a w jakim procesy naturalne.

Wyjaśnieniem skali procesów antropogenicznych wpływających na wzrost koncentracji gazów cieplarnianych zajmuje się Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), publikując swoje opracowania w cyklicznych raportach. Pierwszy z nich ukazał się w 1990 roku (w 1992 wydano suplement). Kolejne ukazywały się w latach: 1995, 2001 i 2007, najnowszy zaś 31 marca 2014 roku.

### Źródła danych i metodyka ich analizy

W trakcie przygotowania publikacji oprócz informacji zaczerpniętych z najnowszego raportu IPCC wykorzystano dane pomiarowe pozyskane z NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration. National Climatic Data Center*), dotyczące wyników pomiaru temperatury w skali globalnej za lata 1900–2013. Z tej bazy danych wyselekcjonowano wyniki anomalii temperatury, które przedstawiono w formie wykresów kolumnowych w zestawieniu rocznym i sezonowym.

Prognozę wzrostu temperatury globalnej Ziemi opracowano na podstawie danych pozyskanych z ośmiu reprezentatywnych ośrodków naukowych, które zestawiono na jednym wykresie, umożliwiając charakterystykę porównawczą tych prognoz. Rekonstrukcję zmian temperatury oraz CO<sub>2</sub> z przeszłości przedstawiono w formie graficznej zaczerpniętej z dostępnych publikacji naukowych głównie amerykańskich ośrodków naukowych. Na podstawie uzyskanych prognoz wzrostu poziomu wód zaprezentowano charakterystykę porównawczą obszarów zagrożonych zalaniem do końca XXI wieku. Formę graficzną zestawiono w dwóch postaciach – stan obecny z symulacją tych

samych obszarów w razie podniesienia się poziomu wód o dwa metry (wariant pesymistyczny) oraz o jeden metr (wariant najbardziej prawdopodobny). Obszar analizy podzielono na trzy części (zgodnie z regionalizacją Jerzego Kondrackiego):

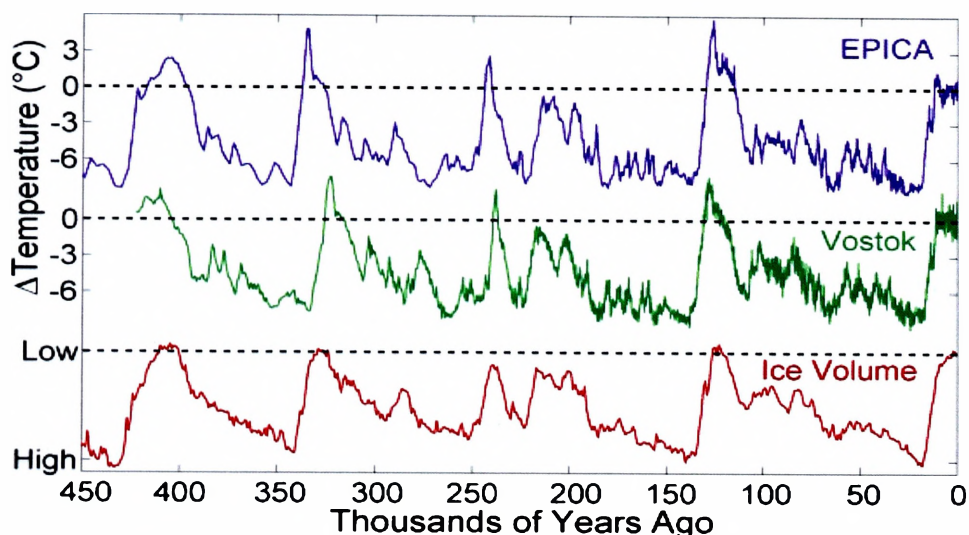
- Pobrzeże Szczecińskie,
- Pobrzeże Koszalińskie,
- Pobrzeże Gdańskie.

Zobrazowanie uzyskano za pośrednictwem jednego z ogólnodostępnych geoportali.

## 7.1. Zmiany temperatury globalnej – rys historyczny

W późnym plejstocenie wzrosty oraz spadki temperatury na naszej planecie nie są niczym nadzwyczajnym. Pogląd na to zagadnienie pokazują nam badania prowadzone przez dwa ośrodki – EPICA i Wostok. Zajmują się one badaniem rdzeni lodowych pozyskiwanych na Grenlandii i Antarktydzie. Wyniki badań obu ośrodków są do siebie zbliżone i ukazują, że na przestrzeni setek tysięcy lat po falach chłodu następowały okresy wzrostu temperatur. Cykl ten powtarzał się kilkakrotnie – w ostatnich 450 tysiącach lat można wyróżnić przynajmniej pięć okresów zimna, gdzie temperatura spadała poniżej  $-6^{\circ}\text{C}$ , oraz kilka mniejszych o spadkach temperatury do ok.  $-4^{\circ}\text{C}$ .

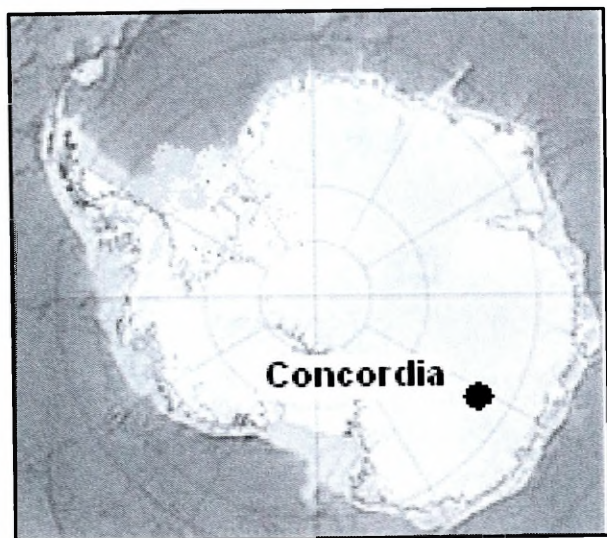
Obecnie jesteśmy w fazie ciepłej cyklu piątego przy temperaturach dodatnich. Wraz z fluktuacjami temperatury następowały cyklicznie okresy wzrostu i topnienia pokrywy lodowej (*Ice Volume* - ryc. 7.1).



Źródło: [www.globalwarmingart.com](http://www.globalwarmingart.com), *Nature - International Weekly Journal of Science*, s. 429-436 (June 1999).

Ryc. 7.1. Rekonstrukcja zmian temperatury i objętości lodu w końcowej fazie plejstocenu

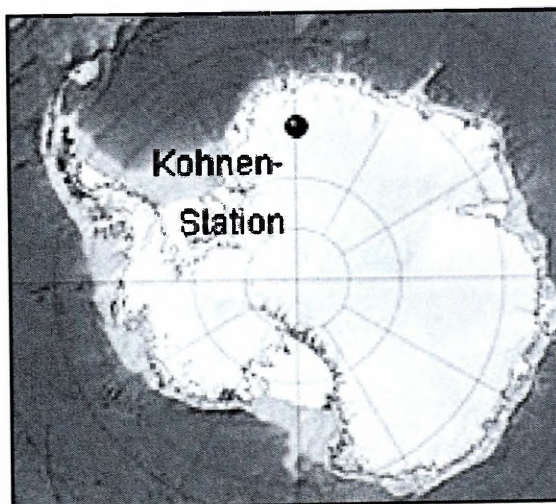
**EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica)** to międzynarodowy europejski projekt przeprowadzający głębokie odwierty rdzeni lodowych na Antarktydzie. Odwierty przeprowadzone zostały na dwóch lokalizacjach Antarktydy: w pobliżu stacji Concordia (ryc. 7.2) i Ziemi Królowej Maud w pobliżu stacji Kohnen (ryc. 7.3).



Źródło: <http://www.polarnet.cnr.it>.

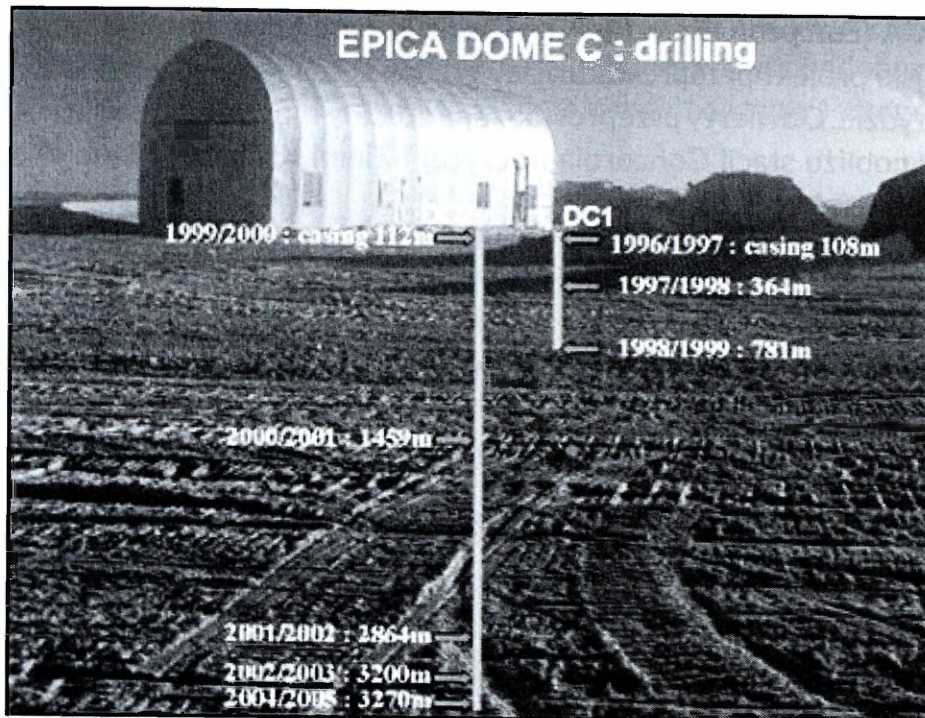
Ryc. 7.2. Lokalizacja Stacji Antarktycznej Concordia realizującej badania w ramach projektu EPICA (75° 6' 0" S, 123° 20' 0" E)

**Wostok** to rosyjska stacja badawcza na Antarktydzie. Położona jest na lądolodzie Antarktydy Wschodniej na wysokości 3500 m n.p.m. Założona została w 1957 roku. Około 4000 m pod pokrywą lodową, na której zbudowana jest stacja, znajduje się Jezioro Wostok, największe z jezior na Antarktydzie.



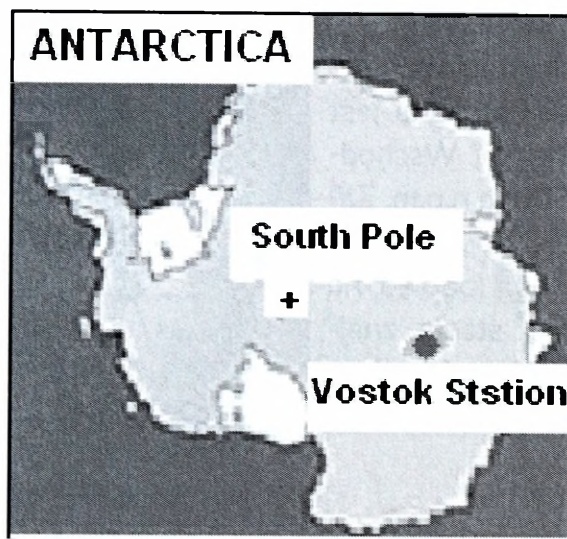
Źródło: [http://www.awi.de/de/infrastruktur/stationen/kohnen\\_station/](http://www.awi.de/de/infrastruktur/stationen/kohnen_station/).

Ryc. 7.3. Stacja Antarktyczna Kohnen realizująca badania w ramach projektu EPICA (75° 00' S, 0° 04' E)



Źródło: <http://www.esf.org/index.php>

Ryc. 7.4. Przykład stanowiska do przeprowadzania odwiertów rdzeni lodowych na Antarktydzie realizowany przez EPICA – Kohnen Station, Dronning Maud Land (coordinates 75° 06' S; 123° 21' E, 3233 m above sea level)



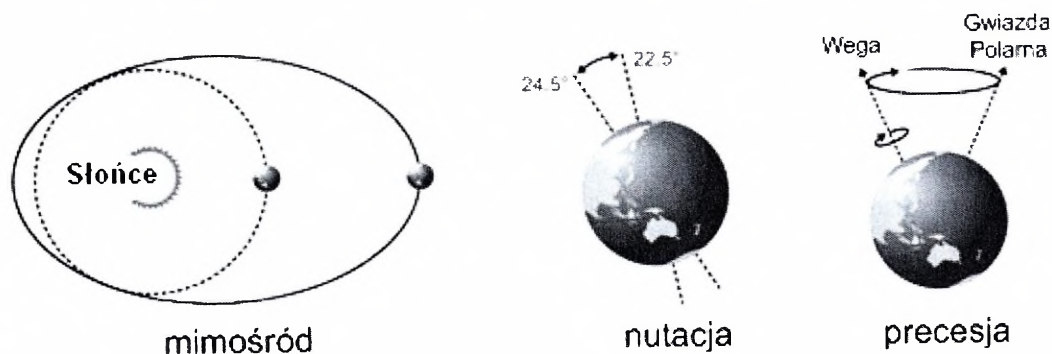
Źródło: <http://www.nsf.gov/>, NSF – National Science Foundation.

Ryc. 7.5. Schemat stanowiska do odwiertów rdzeni lodowych na Antarktydzie realizowany przez stację Wostok (78° 28' 0" S, 106° 52' 0" E)

Przebieg procesu cyklicznych zmian temperatury, okresów ociepleń kończących epokę lodowcową nazywa się cyklami Milankovica – od nazwiska serbskiego astronoma Milutina Milankovica\*, który wyjaśnił cykliczność niektórych procesów klimatotwórczych. Według tej koncepcji ocieplenie kończące epokę lodowcową jest skutkiem zmiany w ruchu orbitalnym Ziemi. Spowodowany nią wzrost temperatury w obszarach polarnych prowadzi do uwalniania CO<sub>2</sub> z oceanów, co wzmacnia ocieplenie i skutkuje wzrostem temperatury na całej planecie.

Drastyczna zmiana klimatu, jaką jest przejście z okresu ciepłego (interglacjał) do zimnego (glacjał), zależy przede wszystkim od trzech cykli astronomicznych:

- zmiany kształtu orbity Ziemi – co ok. 100 tys. lat,
- zmiany nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki – w ciągu 41 tys. lat,
- zmiany położenia osi naszej planety w wyniku precesji – w ciągu 26 tys. lat.



Źródło: earthobservatory.nasa.gov.

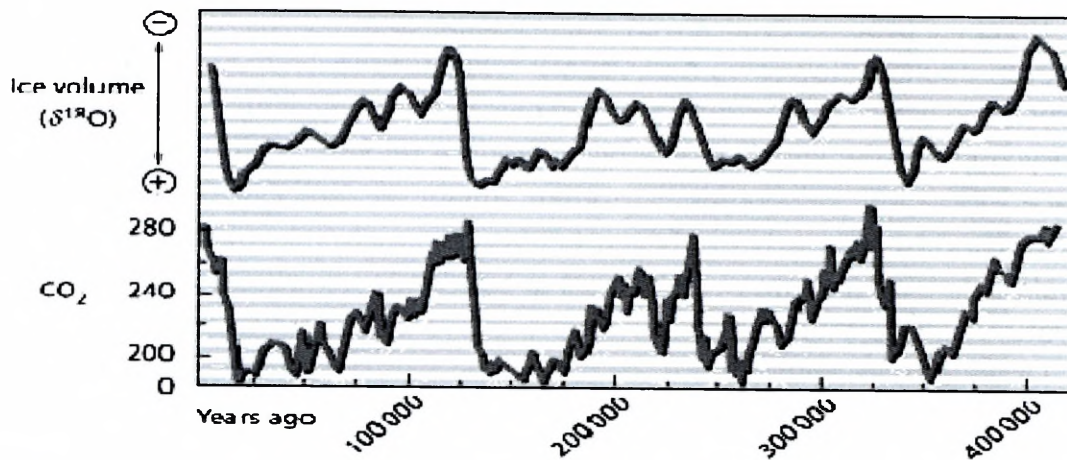
Ryc. 7.6. Cykle Milankovica\*. Mimośród – zmiany kształtu orbity Ziemi.

Nutacja – zmiany nachylenia osi Ziemi. Precesja – zmiany kierunku osi Ziemi

\* **Milutin Milanković** – serbski klimatolog, astronom. Już w 1920 roku wyjaśnił cykliczność niektórych zjawisk klimatycznych, m.in. występowanie dużych zlodowaceń (regularność następowania glacjałów i interglacjałów). Według tej koncepcji drastyczna zmiana klimatu, czyli przejście z okresu ciepłego (interglacjał) do zimnego (glacjał), zależy przede wszystkim od trzech cykli astronomicznych.

### Zmiany koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze

Termin *globalne ocieplenie* zyskał rozgłos medialny w ostatnich dekadach XX wieku, a oznacza tendencję do wzrostu średniej temperatury przy powierzchni ziemi i w oceanach oraz dalszy jej wzrost w przyszłości. Istotą problemu dotyczącą wyjaśnienia tego zjawiska są proporcje czynników wpływających na jego przebieg.



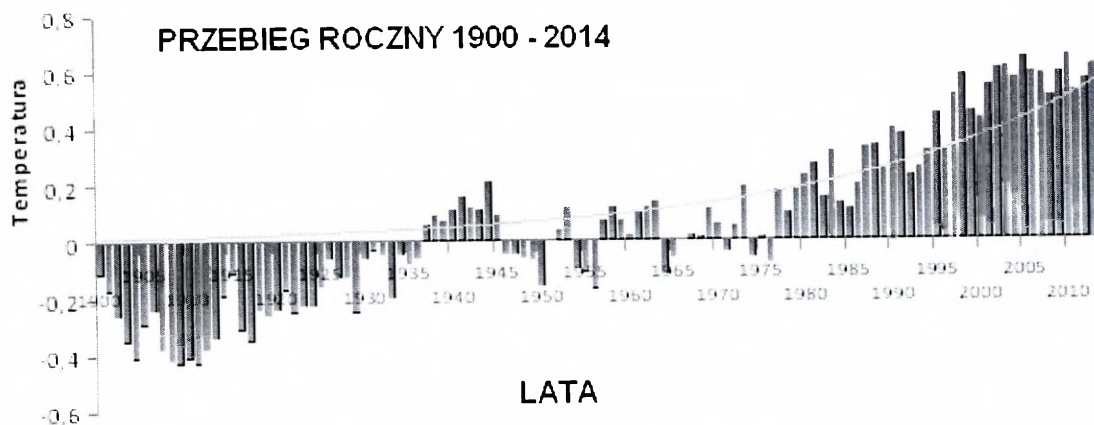
Źródło: <http://climate.nasa.gov/evidence/>.

Ryc. 7.7. Zmiany w koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze w przebiegu ok. 450 tys. lat do czasów obecnych

Analiza zmienności koncentracji CO<sub>2</sub> (ryc. 7.7) wykazuje, że okresy ocieplenia klimatu były związane głównie ze wzrostem jej poziomu. Różnica w stosunku do naszych czasów polega na tym, że wpływ na ich przebieg miały warunki naturalne, jak promieniowanie słoneczne, aktywność wulkanów, pożary obszarów leśnych powstałe w wyniku wyładowań elektrycznych czy zmienność prądów i zasolenia wód mórz i oceanów.

W XX wieku można zaobserwować gwałtowny wzrost zawartości CO<sub>2</sub> w atmosferze, który przynajmniej od lat pięćdziesiątych pnie się mocno ku górze i trudno ten stan utożsamiać z procesami naturalnymi powodującymi cykliczne zmiany jego koncentracji. Gwałtowny rozwój światowej gospodarki, a tym samym intensyfikacja rozwoju przemysłu związanego z wydobywaniem i przetwarzaniem surowców mineralnych, wzrost pogłowia zwierząt hodowlanych i intensyfikacja upraw przy zmniejszaniu powierzchni lasów, wydaje się być główną przyczyną wzrostu temperatury w skali globalnej, odbiegającego od zmienności tego parametru na przestrzeni setek tysięcy lat.

**Rozkład temperatury przy powierzchni Ziemi i w oceanach w skali globalnej w latach 1900–2014 w zestawieniu miesięcznym oraz rocznym (wykresy przebiegu zmian temperatury opracowano na podstawie danych pomiarowych pozyskanych z NOAA National Climatic Data Center)**



Ryc. 7.8. Roczny przebieg zmienności temperatury w latach 1900–2014 z wrysowaną linią trendu

W przebiegu rocznym można wyróżnić trzy charakterystyczne okresy zmienności temperatury (ryc. 7.8). Pierwszy od 1900 do 1937 roku, gdzie bilans tego parametru wykazywał się wskaźnikiem ujemnym, z tym że od 1908 roku jego wartość systematycznie dążyła do zera. Od 1938 roku występują zmiany tego parametru w nieregularnych okresach z tendencją trudną do określenia – temperaturą początkowo dodatnią (do 1946 roku), a następnie ujemną. Takie cykle występują do 1977 roku, gdy następuje gwałtowny wzrost temperatury i osiąga ona wartości tylko dodatnie z maksimum w latach: 1998, 2005, 2009, 2014. Przebieg roczny uzupełniono o wykres przebiegu krzywej logarytmicznej, która obrazuje tempo wzrostu tego wskaźnika w całym wieloleciu z dynamicznym odchyleniem dodatnim w trzeciej fazie jego zmienności.

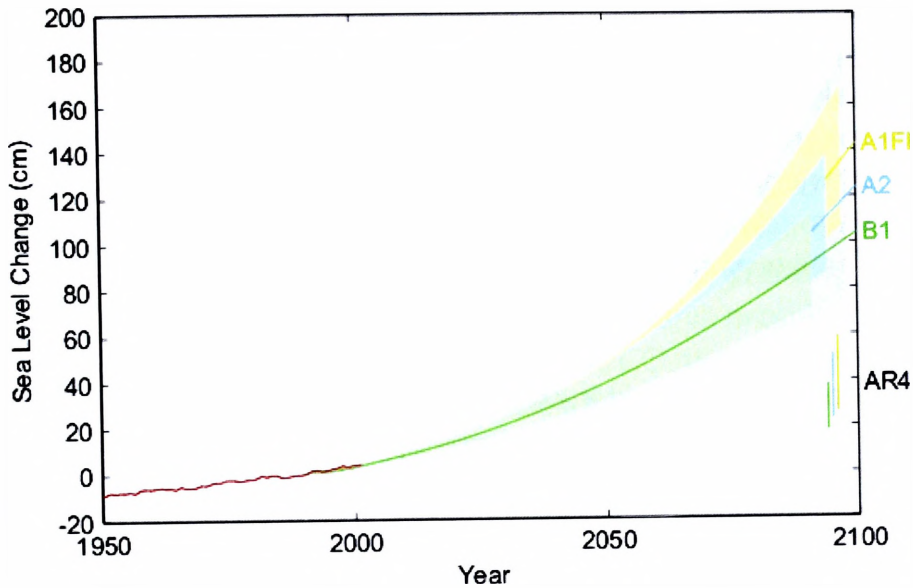
Na podstawie analizy zmienności temperatury w przebiegach sezonowych w latach 1900–2014 można stwierdzić, że zakres tej zmienności jest zbliżony we wszystkich badanych miesiącach. Wahania tego parametru zmieniają się od -0,6 do ok. 0,8°C. Jednak od połowy lat siedemdziesiątych w miesiącach sezonu zimowego, można wyróżnić lata, gdzie wartość tego parametru była szczególnie wysoka, mniej więcej w powtarzających się przedziałach pięcioletnich, gdy wartość temperatury zbliżała się do 0,8°C. W miesiącach sezonu wiosennego i jesiennego wartość ta w niektórych latach zbliża się do 0,8°C, jednak trudno określić jej cykliczną zmienność. Miesiące sezonu letniego charakteryzują się najmniejszymi zmianami amplitudy tego parametru i jego wartość nie przekracza 0,6°C (poza jednym rokiem – 1998, gdy wyjątkowo zbliżyła się do 0,8°C).

## ZMIANY TEMPERATURY I ZAWARTOŚCI CO<sub>2</sub> W SKALI GLOBALNEJ NA PODSTAWIE RAPORTU IPCC\* Z MARCA 2014 ROKU

\* IPCC to organizacja powołana w 1988 roku przez Organizację Narodów Zjednoczonych (ONZ), Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) oraz Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP) w celu oceny ryzyka związanego z wpływem człowieka na zmianę klimatu. IPCC nie prowadzi własnych badań. Analizuje dotychczasową wiedzę naukową na temat zmian klimatu. Tegoroczny raport jest piątym i na kilka lat stanie się naukową podstawą politycznych decyzji dotyczących radzenia sobie z globalnym ociepleniem klimatu. Należy jeszcze dodać, że 12 października 2007 roku IPCC została uhonorowana pokojową Nagrodą Nobla za wysiłki na rzecz budowy i upowszechniania wiedzy na temat zmian klimatu wynikających z działań człowieka i za stworzenie podstaw dla środków, które są niezbędne do walki z takimi zmianami.

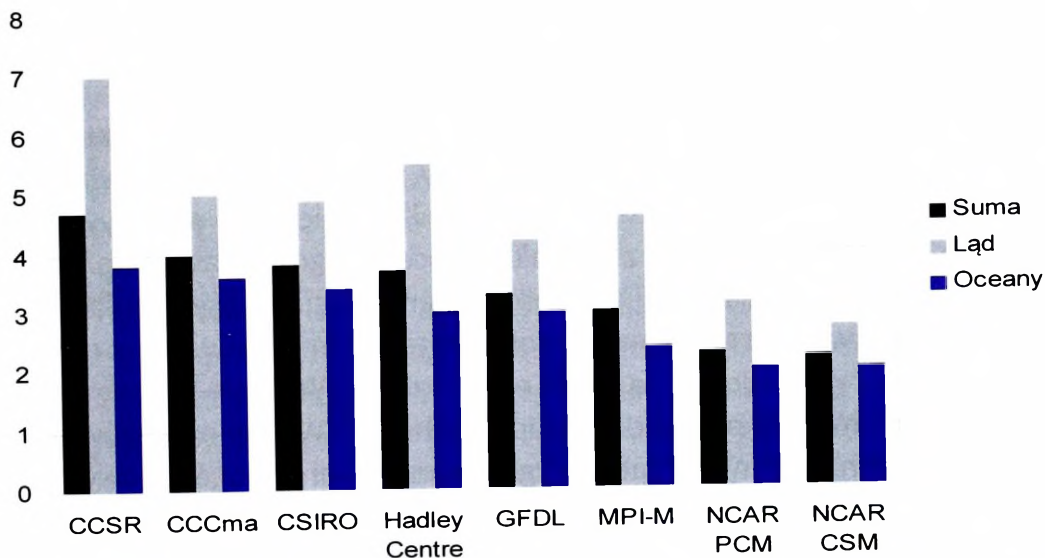
Głównymi dokumentami publikowanymi przez IPCC są raporty dotyczące zmian klimatycznych w skali globu. Pierwszy z nich ukazał się w 1990 roku, następne w latach 1995, 2001, 2007, i najnowszy w 2014 roku, choć wstępne prognozy dotyczące wzrostu temperatury globalnej, a tym samym wzrostu poziomu mórz i oceanów, ukazały się w 2011 roku (ryc. 7.9), a następnie zostały zweryfikowane w roku 2013, kiedy to znacząco podniesiono prognozowane wartości analizowanych parametrów.

W najnowszych prognozach uwzględniających obserwowane dziś przyspieszenie topnienia lodolodów Antarktydy i Grenlandii, wzrost poziomu oceanów do 2100 roku szacuje się na 75–200 cm. Według oceny specjalistów IPCC poziom mórz podnosić się będzie coraz szybciej, powodując dynamiczne zmiany linii brzegowych. Wzrost poziomu oceanów jest następstwem dwóch fizycznych mechanizmów: rozszerzania się wody pod wpływem wzrostu jej temperatury i dostawania się do oceanów wody z topniejących lodowców. Aktualne szacunki co do wzrostu temperatury powietrza w skali globalnej są obarczone sporym zakresem niepewności, stąd tak duże rozbieżności w prognozach prezentowanych przez różne ośrodki naukowe (ryc. 7.9), jednak wszystkie przewidują globalny jej wzrost od ok. 3°C (NCAR) do 7°C (IPCC) przy tolerancji  $\pm 5,7\%$ .



Źródło: M. Vermeer, S. Rahmstorf, 2009.

Ryc. 7.9. Prognoza wzrostu poziomu oceanów do 2100 roku na podstawie raportu IPCC. AR4 – prognozy wzrostu poziomu wód we wcześniejszych raportach IPCC. B1, A2, A1F1 – nowsze prognozy IPCC przy trzech wariantach symulacji wzrostu



Źródła danych: CCSR – <http://www.ipcc-data.org>; CCCma – <https://www.ec.gc.ca>; CSIRO – <http://www.csiro.au/>; Hadley Centre – <http://www.metoffice.gov.uk>; GFDL – <http://data1.gfdl.noaa.gov/>; MPI-M – <http://www.mpimet.mpg.de/en/science/datasets.html>; NCAR PCM – <http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk>; NCAR CSM – <http://arctic.atmos.uiuc.edu/ANTARCTIC/GCM/csm.model.changes.html>.

Ryc. 7.10. Przewidywany wzrost temperatury w °C nad lądem i w oceanach do 2100 roku według modeli klimatycznych opracowanych w ośmiu wybranych ośrodkach badawczych

Analizując wzrost temperatury wód mórz i oceanów, które mają największy wpływ na wzrost temperatury globalnej, można stwierdzić, że jej rozpiętość waha się od ok. 2°C (NCAR PCM i NCAR CSM) do ok. 4°C – prognoza CCSR (skrótów nazw – tab. 7.1).

W zestawieniu powyżej przedstawiono prognozy tego parametru meteorologicznego do końca XXI wieku, prezentowane przez osiem wiodących ośrodków naukowych (ryc. 7.10).

Tabela 7.1

*Ośrodki naukowe, których prognozy zestawiono na rycinie 7.10*

<b>CCSR</b> – Center for Climate Systems, Columbia University, Nowy Jork, Stany Zjednoczone
<b>CCCma</b> – Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Kanada
<b>CSIRO</b> – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia
<b>Hadley Centre</b> – <u>Met Office in Exeter</u> , Wielka Brytania
<b>GFDL</b> – National Oceanic and Atmospheric Administration, Stany Zjednoczone
<b>MPI-M</b> – The Max Planck Institute for Meteorology, Niemcy
<b>NCAR PCM</b> – The Centre for Environmental Data, Wielka Brytania
<b>NCAR CSM</b> – University of Illinois, Stany Zjednoczone

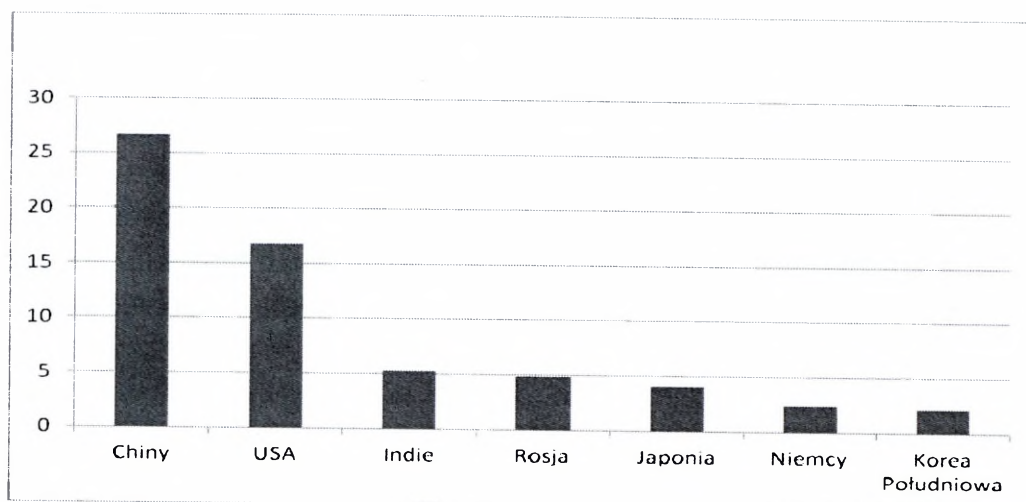
We wcześniejszych prognozach trudności w trakcie konstruowania modeli prognostycznych zmian temperatury w skali globalnej sprawiała skala tzw. cielenia się lodowców, którego mechanizm polega na odłamywaniu się wielkich kawałów lądolodu i zsuwaniu do oceanu, gdzie następnie topnieją. W rezultacie ocieplania się klimatu proces ten przyspiesza, natomiast modele wykorzystywane do obliczania wzrostu poziomu mórz, zwłaszcza na skutek topnienia pokrywy lodowej, są ciągle niedoskonałe. Właśnie te powody zdecydowały o tym, że w poprzednich raportach IPCC wpływ procesów topnienia lodowców na zmiany klimatu uwzględniono w bardzo ogólnikowy sposób. Metodyka IPCC polegała na oszacowaniu dotychczasowego tempa utraty masy przez lądolody i „przyjęciu założenia, że wkład ten pozostanie niezmienny”. Zachowawcze podejście do problematyki topnienia lądolodów IPCC tłumaczy wcześniejszymi, bardziej optymistycznymi prognozami.

W rozdziale dotyczącym możliwości ograniczenia zmian klimatycznych naukowcy twierdzą, że nie ma szans nawet na przyhamowanie obecnych zmian klimatycznych. Tempo emisji gazów cieplarnianych, głównie CO<sub>2</sub>, ciągle rośnie, a dynamika tego wzrostu z każdym rokiem jest coraz większa. Próby

ograniczania ich emisji w ramach międzynarodowych porozumień nie przynosią spodziewanych rezultatów. Wysokie stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu (najwyższe w ciągu ostatnich 800 tys. lat) przekłada się na zmiany klimatyczne i rosnącą temperaturę Ziemi. Wyższa średnia temperatura oznacza intensyfikację ekstremalnych zjawisk pogodowych i podnoszenie się poziomu wód, m.in. w wyniku topnienia lodowców. Jest wielce prawdopodobne, że zwiększony napływ słodkiej wody z lodowców do oceanu może przyhamować globalną cyrkulację prądów morskich i w efekcie mimo globalnego ocieplenia przynieść m.in. Europie okresowe ochłodzenie. Zwiększone stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu powoduje też zakwaszanie oceanu, co będzie zabójcze dla wielu żyjących w nim organizmów i przełoży się na dostęp do jednego ze źródeł żywności.

Autorzy raportu IPCC piszą, że aby w obecnej sytuacji wzrost temperatury nie przekroczył 2°C w porównaniu ze średnią z ery przedprzemysłowej, należałoby do połowy wieku ograniczyć emisję gazów cieplarnianych o 40–70% w porównaniu z rokiem 2010, a do końca wieku sprowadzić ich emisję praktycznie do zera, co jest nieprawdopodobne. Według różnych scenariuszy, zależnych od ilości emitowanych przez nas gazów cieplarnianych, do końca wieku średnia wieloletnia temperatura Ziemi wzrośnie o 0,3–4,8°C. Co ciekawe, naukowcy szacują, że ostre ograniczenie zmian klimatu wiązałoby się tylko z niewielkim obniżeniem wzrostu światowego PKB – o 0,06% rocznie. Przy obecnym tempie rozwoju, uzyskanym dzięki spalaniu paliw kopalnych, co roku światowa gospodarka będzie rosła o 1,6–3%. Redukcję emisji gazów cieplarnianych należy osiągnąć przez zwrócenie się ku odnawialnym źródłom energii i „odwrot” od węgla i ropy. W okresie przejściowym można postawić na gaz, który jest czystszy źródłem energii – jego spalanie daje mniejszą emisję CO<sub>2</sub>.

Kolejnym sposobem na przyhamowanie globalnego ocieplenia jest oszczędzanie energii wraz z promowaniem energooszczędnych technologii oraz zahamowanie procesu wylesiania wsparte działaniami na rzecz przywracania zniszczonych ekosystemów.



Źródło: opracowano na podstawie danych zaczerpniętych z: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy-2013>.

Ryc. 7.11. Udział procentowy krajów o największej emisji CO<sub>2</sub> w skali globalnej w roku 2013

Państwem, które ma największy wpływ na zanieczyszczenie naszej planety, są Chiny – 27,1% udziału w skali globalnej emisji gazów cieplarnianych powstających przy spalaniu paliw kopalnych. Od 1970 roku emisja CO<sub>2</sub> w Chinach wzrosła trzynastokrotnie i ciągle rośnie. Drugie pod tym względem są Stany Zjednoczone – 16,9% udziału w skali globalnej (wskaźnik ten od lat pozostaje na wysokim, ale nierosnącym poziomie). Kolejne państwa, w których notuje się gwałtowny wzrost emisji gazów cieplarnianych, to Indie – 5,5% udziału w skali globalnej (od 1970 do 2013 roku wzrost prawie dziewięciokrotny), i Korea Południowa – 2,2% udziału w skali globalnej (wzrost prawie szesnastokrotny!). W krajach Unii Europejskiej (ok. 10% udział w skali globalnej) odnotowuje się powolny, ale systematyczny spadek emisji CO<sub>2</sub>. W Rosji po roku 2000 emisja CO<sub>2</sub> utrzymuje się na wysokim (4,9%), ale stałym poziomie, podobnie jak w Japonii. Polska odnotowuje coroczny spadek emisji CO<sub>2</sub> z udziałem w skali globalnej 0,9% w 2013 roku.

## 7.2. Symulacja miejsc szczególnie zagrożonych zalaniem w wyniku ocieplania się klimatu na obszarze polskiego pobraża Morza Bałtyckiego

(do prezentacji wykorzystano geoportal zamieszczony przez National Aeronautics and Space Administration – NASA, na stronie: [flood.firetree.net](http://flood.firetree.net))

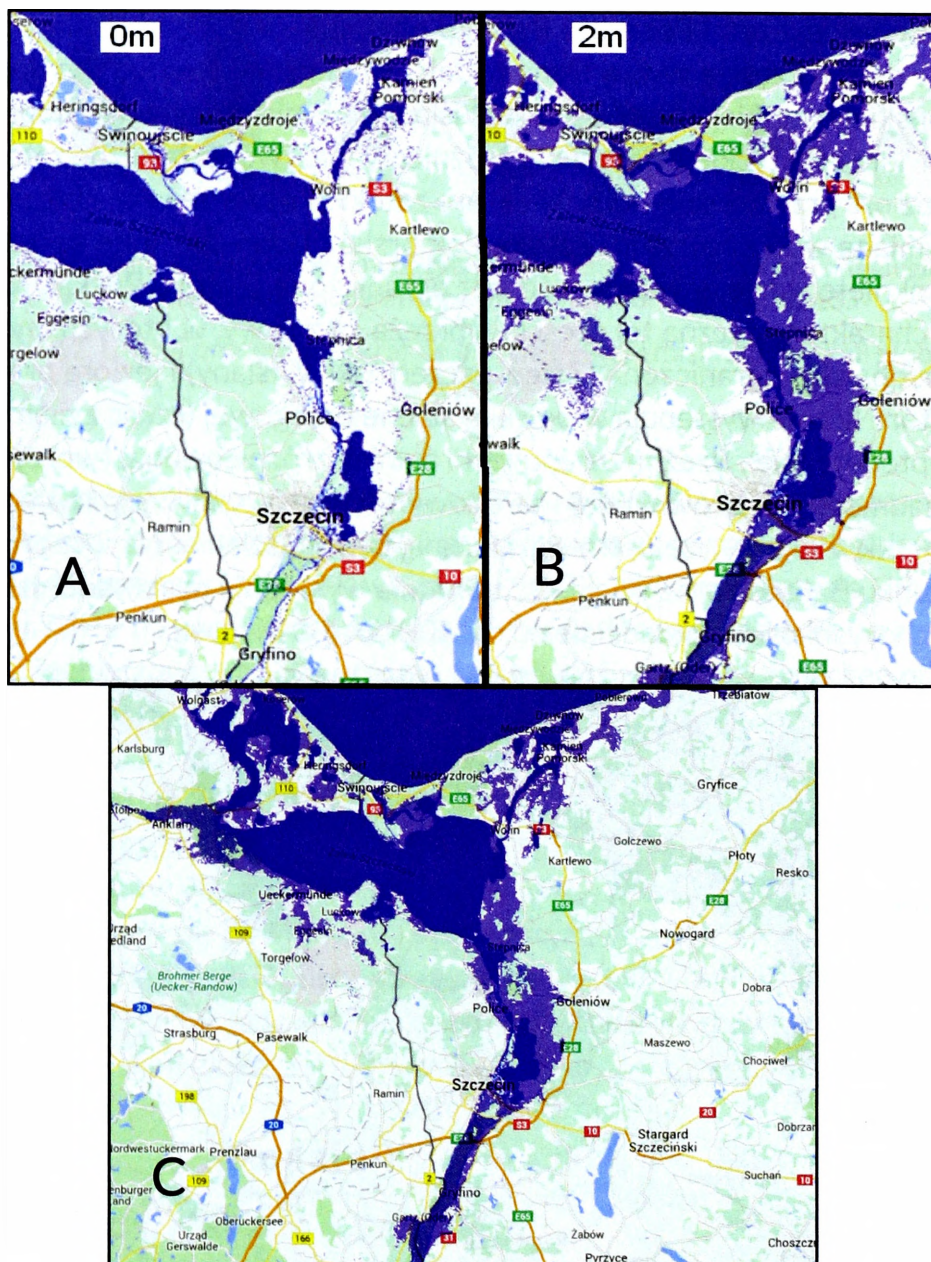
Obszar polskiej części Pobraża Bałtyku obejmuje od zachodu Zalew Szczeciński z polską częścią wyspy Uznam, dalej w kierunku wschodnim do Zatoki Gdańskiej i polskiej części Zalewu Wiślanego. Linia brzegowa południowej części Morza Bałtyckiego jest silnie zróżnicowana. Tworzą ją liczne zatoki, zalewy, jeziora przy morskie i klify. Niektóre zatoki są otwarte i mają bezpośrednią wymianę wód z morzem (Zatoka Pomorska i Gdańska), inne są częściowo zamknięte, gdzie wymiana wód jest ograniczona (Zatoka Pucka). Kolejną cechą charakterystyczną tej części wybrzeża są zalewy, w których wymiana wód jest bardzo ograniczona (Zalew Szczeciński, Wiślany) i jeziora przy morskie, które licznie występują w polskiej strefie brzegowej (część z nich posiada kryptodepresję). Rzeźba terenu jest również zróżnicowana, tworzy ją pas nizin nadmorskich z równinami morenowymi przeciętymi siecią małych pradolin i rzek, z Odrą – rzeką transgraniczną, będącą szlakiem transportowym w kierunku Bałtyku, oraz Wisłą. Od południa występuje pas wysoczyzn osiagających wysokości w przedziale od ok. 100 do 300 m n.p.m.



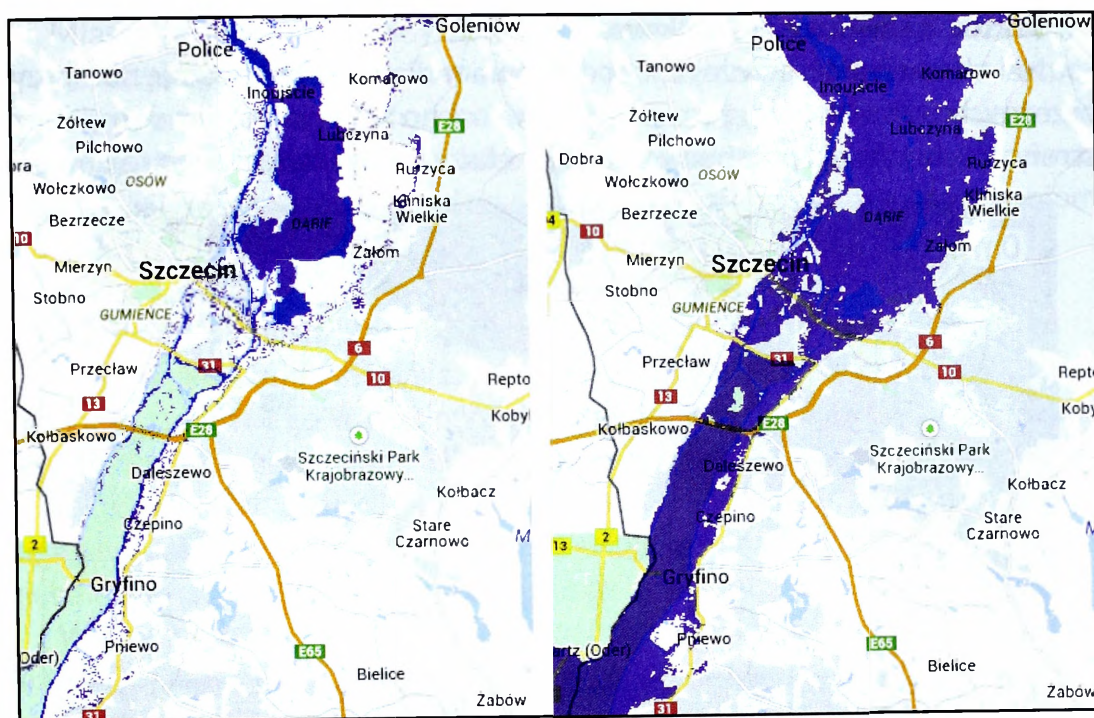
Ryc. 7.12. Wyselekcjonowane obszary w południowej części Morza Bałtyckiego narażone na zalanie w wyniku ocieplania się klimatu

Polską część południowego Bałtyku podzielono na trzy sektory reprezentujące polskie побереża. Są to tereny przybrzeżne, nisko położone, które w minionych wiekach okresowo znajdowały się już pod wodą, niemniej jednak ważne dla gospodarki Polski. Szczególnie rozwój gospodarczy tych obszarów zaznaczył się od XIX wieku.

### Sektor 1 – wybrzeże zachodnie



Ryc. 7.13. Charakterystyka porównawcza symulacji podniesienia się stanów wód (ujście Odry, Zalew Szczeciński, Zatoka Pomorska). Stan obecny – mapka A, stan przy podniesieniu się poziomu wód do 2 m – mapka B, stan przy podniesieniu się poziomu wód do 1 m – mapka C (sektor 1)



Ryc. 7.14. Szczecin i Międzyodrzie (po lewej – stan aktualny, po prawej – stan przy podniesieniu się poziomu wód do ok. 1 m)

Na pierwszy rzut oka sytuacja w Dolinie Dolnej Odry pomiędzy dwiema odnogami rzeki – Odrą Zachodnią i Odrą Wschodnią (Regalicą), przedstawia się dramatycznie. Cały rejon Międzyodrza jest pod wodą, tworząc wraz z jeziorem Dąbie jedno wielkie rozlewisko Zalewu Szczecińskiego (ryc. 7.14). Na szczęście większa część tego obszaru to tereny zalewowe, w przeszłości stanowiące naturalną granicę państwa, gdzie nie prowadzono działalności gospodarczej. Natomiast jeśli chodzi o Szczecin, to zagrożone są nisko położone tereny związane z działalnością portu morskiego. Zasadnicza część miasta jest usytuowana wysoko. Co do Świnoujścia, to południowa część wyspy Wolin znajdzie się pod wodą. Na szczęście są to obszary słabo zagospodarowane, które w przeszłości były zalewane. Silnie zindustrializowana prawobrzeżna część miasta wraz z powstającym gazoportem wydaje się być w miarę bezpieczna. Co do lewobrzeża i wyspy Uznam, gdzie dominują podmioty gospodarcze związane z turystyką i działalnością uzdrowiskową, to zagrożone są najniżej położone obszary. Wszystko wskazuje na to, że wyspa Uznam zostanie rozdzielona licznymi kanałami a najniżej położone tereny przybrzeżne zostaną pochłonięte przez wodę. Zagrożenie dotyczy również kurortów wypoczynkowych zlokalizowanych na terenie Niemiec (ryc. 7.13).

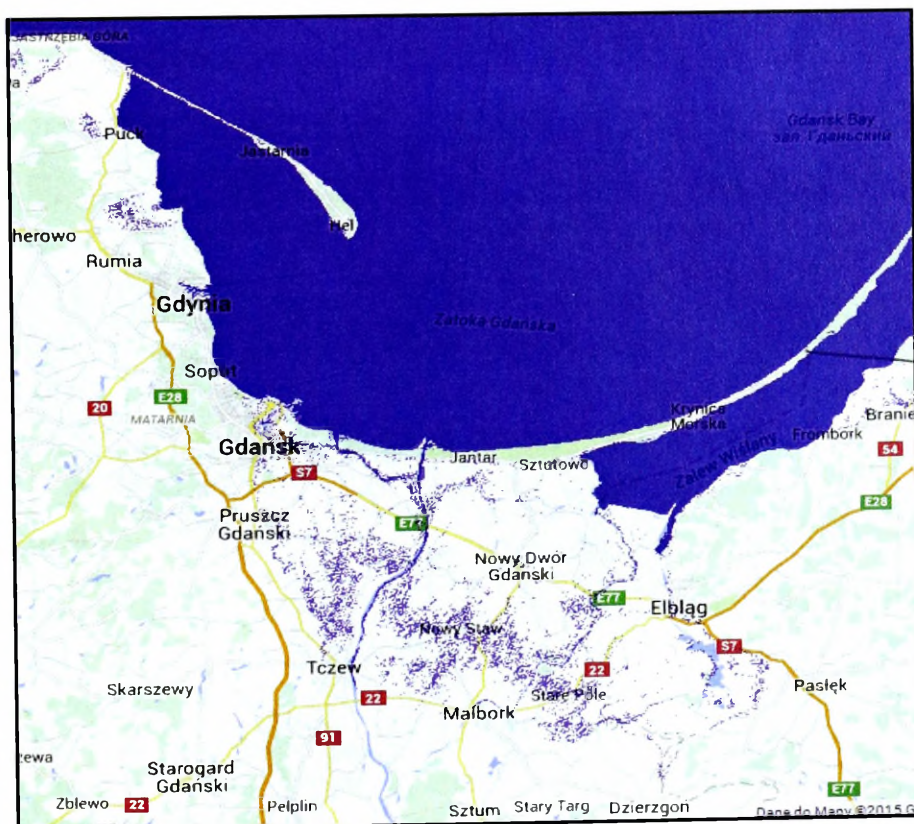


Miasta tego rejonu są usytuowane stosunkowo wysoko nad poziomem morza, co przy wzroście poziomu wód do jednego metra nie stwarza bezpośredniego zagrożenia dla ich układu urbanistycznego. Co do najważniejszego źródła dochodów tego regionu, jakim jest turystyka i rekreacja, to na pewno infrastruktura tego sektora będzie musiała ulec głębokim przekształceniom (ryc. 7.15).

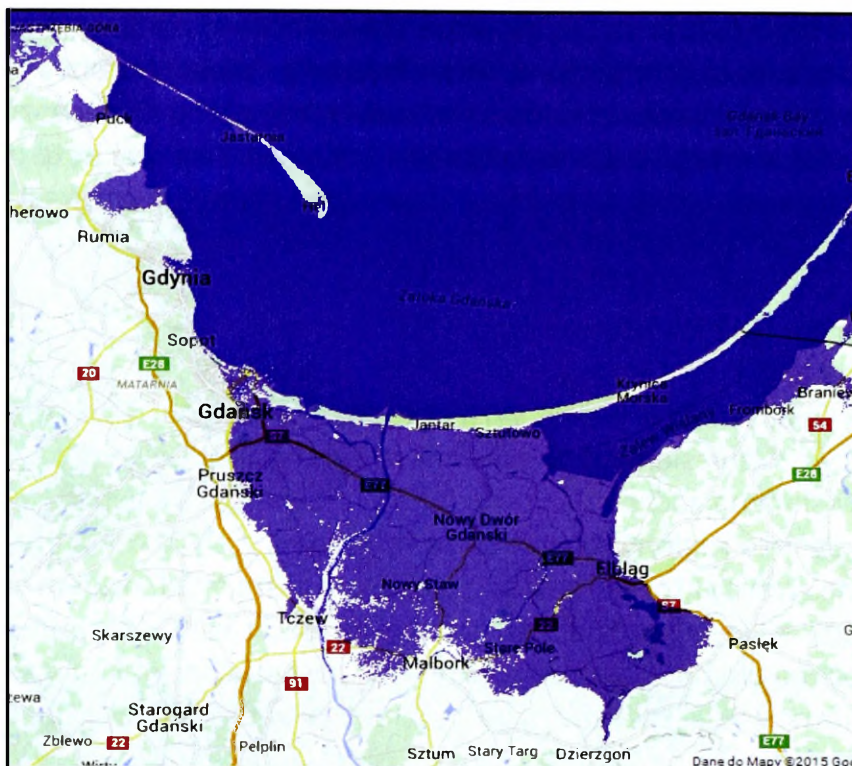
### Sektor 3 – Gdańsk i Zatoka Gdańska

W rejonie Zatoki Gdańskiej najbardziej zagrożony zalaniem jest obszar Pobrzeża Gdańskiego w delcie Wisły położony pomiędzy Mierzeją Wiślaną na północy i Wzniesieniami Elbląskimi na wschodzie, Pojezierzem Kaszubskim i Iławskim na zachodzie i południu. Występują tu największe w Polsce depresje. Jest to region o charakterze rolniczym, z wyjątkowo urodzajnymi glebami, na granicy którego znajdują się duże miasta, z Gdańskiem na czele.

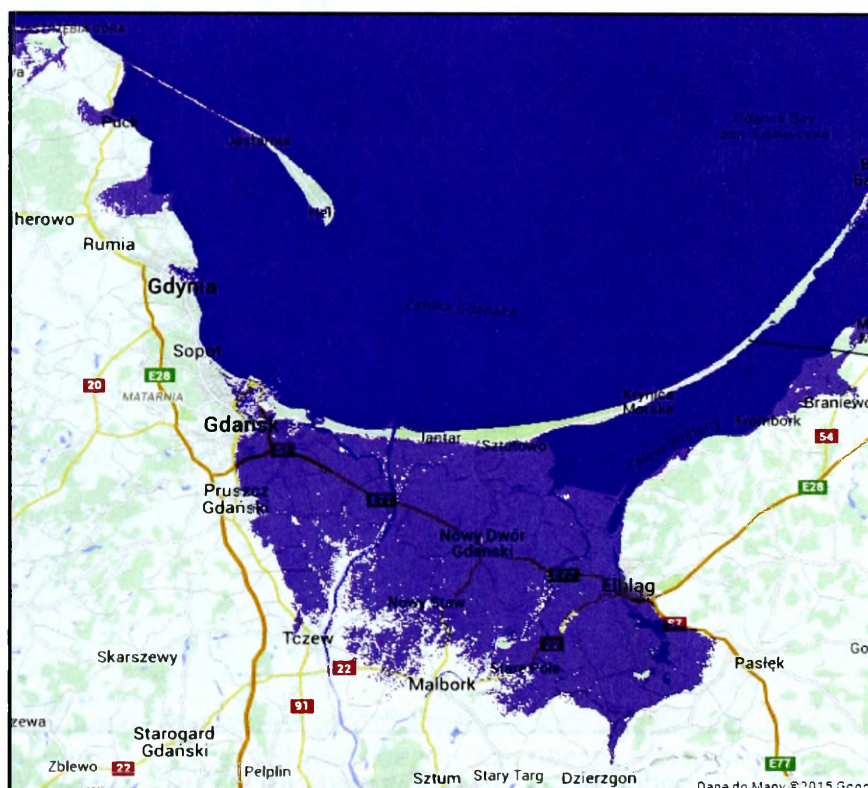
W Trójmieście najbardziej zagrożonym miastem jest Gdańsk, którego najniżej położona wschodnia część praktycznie zostanie odcięta od stałego lądu, tworząc liczne wyspy poprzecinane kanałami łączącymi Zatokę Gdańską i Żuławę Wiślaną (ryc. 7.16–7.18).



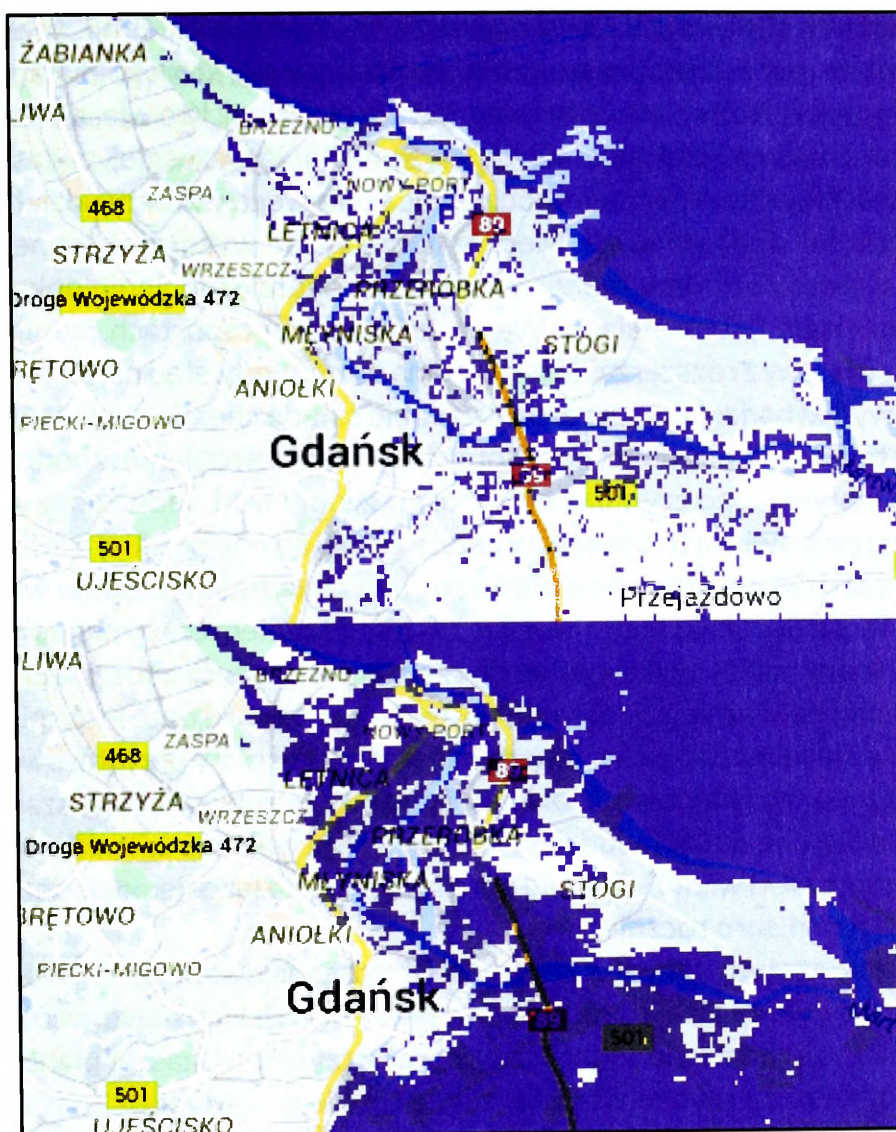
Ryc. 7.16. Symulacja podniesienia się stanów wód (ujście Wisły, Żuławy Wiślane, Zatoka Gdańska) – stan obecny



Ryc. 7.17. Symulacja podniesienia się stanów wód (ujście Wisły, Żuławy Wiślane, Zatoka Gdańska) – stan przy podniesieniu się wód do 2 m



Ryc. 7.18. Symulacja podniesienia się stanów wód (ujście Wisły, Żuławy Wiślane, Zatoka Gdańska) – stan przy podniesieniu się wód do 1 m



Ryc. 7.19. Gdańsk (stan aktualny, poniżej stan przy podniesieniu się poziomu wód do ok. 1 m)

### 7.3. Podsumowanie

Według ostatniego raportu IPCC proces ocieplania się klimatu przyspiesza i należy się spodziewać wyższych wzrostów poziomu wód światowych, niż przewidywano to we wcześniejszych szacunkach. Dużo wyższy wzrost temperatury globalnej determinuje inne, dodatkowe czynniki, które prawdopodobnie zostaną uwzględnione w kolejnych raportach, jak np. rozmrażanie się północnych obszarów Syberii, Kanady i Grenlandii, co w sposób naturalny w wyniku parowania będzie powodować wzrost poziomu gazów cieplarnianych, zwłaszcza metanu ( $\text{CH}_4$ ). Aktualnie wpływ pozostałych gazów

cieplarnianych ( $\text{CH}_4$  czy  $\text{N}_2\text{O}$ ) w najnowszym raporcie IPCC nie przekracza 25%. Jednak jest to mechanizm samonapędzający się, którego dynamika rośnie proporcjonalnie do wzrostu temperatury globalnej. Kto wie, ale szacowany wzrost poziomu wód światowych może nastąpić wcześniej, zwłaszcza że jeszcze w XXI wieku można się spodziewać skokowego wzrostu udziału pozostałych gazów cieplarnianych. Modele numeryczne wykorzystywane do obliczania wzrostu poziomu mórz, zwłaszcza na skutek topnienia pokrywy lodowej, są ciągle udoskonalane. We wcześniejszych raportach pomijano np. czynnik związany z rozszerzalnością cieplną samej wody, stąd bardziej optymistyczne wyniki badań. Zresztą zróżnicowanie składu chemicznego mórz i oceanów, w tym zasolenia, do tej pory sprawia mnóstwo problemów podczas szacowania wpływu tego czynnika na wzrost poziomu wód. Jednak bez względu na skalę tego zjawiska to obszary w przybrzeżnej strefie polskiej części Bałtyku są najbardziej narażone na skutki oddziaływania zmian poziomu wód. Problemem może być skala tego zjawiska, zaś pocieszeniem czas (mierzony w dekadach), który należy wykorzystać do realizacji inwestycji zabezpieczających przynajmniej najważniejsze ośrodki gospodarcze tego rejonu. Przyspieszenie ocieplania się klimatu będzie generować wzrost kosztów przystosowania się do większego ryzyka powodziowego. W samej Europie według szacunków IPCC osiągną one do lat dwudziestych XXI wieku wartość 1,7 mld euro rocznie, do połowy XXI wieku – 3,4 mld euro rocznie, a do lat osiemdziesiątych XXI wieku – 7,9 mld euro rocznie.

Podczas szczytu klimatycznego ONZ zorganizowanego w Warszawie w 2013 roku, w raporcie opracowanym przez brytyjskich naukowców z Tyndall Centre\*, przedstawiono mroczny obraz przyszłości naszej planety. Globalna temperatura szybko wzrasta, a lody topnieją. Natomiast emisja gazów cieplarnianych bije wszystkie rekordy, z czego 40% emisji jest wynikiem spalania węgla – w Polsce ciągle podstawowego surowca energetycznego. Pomimo prób ograniczenia wykorzystywania węgla jako podstawowego surowca energetycznego w Polsce jego rola mogłaby w przyszłości odgrywać ciągle ważną rolę – np. przy zastosowaniu innych technologii wykorzystania go, jak choćby pomysł na zgazowanie go pod ziemią. Oczywiście, jest to rozwiązanie trudne do przeforsowania, bo wiązałoby się z głęboką restrukturyzacją górnictwa, i tym samym ograniczeniem zatrudnienia w tym sektorze przemysłu. Politycy, którzy by chcieli przeforsować taki program, muszą się liczyć z gwałtownym spadkiem poparcia i trudnymi do przewidzenia reakcjami silnego lobby górniczego.

\* **Tyndall Centre** – organizacja założona w XIX wieku w Wielkiej Brytanii przez Johna Tyndalla. Zajmuje się m.in. przewidywaniem zmian klimatu

w kontekście globalnego ocieplenia. Aktualnie współpracuje z ośmioma uniwersytetami brytyjskimi: University of East England, University of Cambridge, Cardiff University, University of Manchester, Newcastle University, University of Oxford, University of Southampton, University of Sussex.

## 8. Zakończenie – statystyka zagrożeń

Rozkład zagrożeń występujących w Polsce ma w większości przypadków charakter sezonowy (tab. 8.1).

Z sezonem chłodnym należy wiązać takie zagrożenia, jak:

- wiatr o dużych prędkościach,
- niskie temperatury,
- zawieje i zamiecie śnieżne,
- lawiny śnieżne,
- wzmożone zachorowania na grypę.

W sezonem ciepłym mogą wystąpić takie zagrożenia, jak:

- wysokie temperatury (upał),
- susze (deficyt opadów),
- trąby powietrzne,
- pożary lasów,
- osuwiska.

Można również zaobserwować zjawiska niebezpieczne, które mogą występować równie często w chłodnej, jak i ciepłej porze roku – zalicza się do nich różnego rodzaju mgły czy inne zjawiska, mające wpływ na niebezpieczne ograniczenie widzialności (intensywne opady deszczu lub śniegu, smog, parowanie od nagrzanej powierzchni, dymy itp.) Również powodzie równie często mogą występować w chłodnej i ciepłej porze roku, jednak w tym przypadku rozróżniono ich rodzaje, które są determinowane przez inne zjawiska, charakterystyczne dla określonego sezonu.

Tabela 8.1

Typowe okresy występowania zagrożeń przyrodniczych w Polsce  
(rozkład miesięczny)

Zagrożenia	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wiatr o dużych prędkościach												
Trąby powietrzne												
Niskie temperatury, zawieje i zamiecie śnieżne												
Marznący deszcz i gołoledź												
Ograniczone widzialności i mgły												
Wysokie temperatury – upał												
Powodzie roztopowe												
Powodzie roztopowo-opadowe												
Powodzie zatorowe												
Powodzie opadowe												
Susze – deficyt opadów												
Osuwiska												
Lawiny śnieżne												
Grypa												
Pożary lasów												

Źródło: opracowano na podstawie danych meteorologicznych zgromadzonych przez autora oraz analizy: *Zagrożenia okresowe występujące w Polsce*, RCB, Warszawa 2010.

Przedstawione zestawienie typowych okresów występowania zagrożeń przyrodniczych w Polsce zostało określone na podstawie uśrednionych danych historycznych. Nie oznacza to, że w miesiącach, w których nie zaznaczono danego zjawiska, prawdopodobieństwo jego wystąpienia jest równe zero, zwłaszcza że warunki fizyczno-geograficzne w Polsce charakteryzują się dużym zróżnicowaniem. Sezon chłodny dłużej utrzymuje się w górach, a zmienność warunków meteorologicznych na ich obszarze ma charakter wysoce dynamiczny. Inna sytuacja występuje w pasie polskich pobraży, gdzie warunki meteorologiczne są determinowane bliskością morza. W sezonie chłodnym stanowi ono naturalny akumulator ciepła, który może łagodzić intensywność zjawisk charakterystycznych dla sezonu chłodnego.

Natomiast zjawiskiem, które może być równie groźne w każdym miesiącu roku, jest wiatr o dużej prędkości. W porze chłodnej wpływ na jego powstanie ma różnica ciśnień związana z przemieszczaniem się różnych układów barycznych nad Polską i ścieraniem się mas powietrza o różnych właściwościach fizycznych (przeważnie z zachodu na wschód). W sezonie letnim wiatr o dużych prędkościach jest głównie kojarzony z występowaniem zjawisk konwekcyjnych, w tym wypiętrzonych chmur kłębiasto-burzowych Cb. Dlatego w porze letniej wiatr o dużych prędkościach występuje w krótszych przebiegach czasowych niż późną jesienią i zimą.

Hierarchia zagrożeń uwzględnia potencjalne skutki dla życia i zdrowia ludzkiego oraz szacowaną wielkość strat finansowych (ryc. 8.1), z tym że w opracowaniu okresy występowania zagrożeń zostały określone na podstawie uśrednionych danych historycznych. Dlatego trudno na ich podstawie prognozować wpływ obecnych zmian klimatycznych na straty finansowe w gospodarce. Analizując je, należy mieć świadomość, że istnieje potencjalne ryzyko pojawienia się tych zagrożeń również w innych, niewskazanych miesiącach.

zagrożenie/miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
powodzie roztopowe	■	■	■	■								
powodzie roztopowo-opadowe	■	■	■	■								
powodzie zatorowe	■	■	■	■								■
powodzie opadowe			■	■	■	■	■	■	■	■		
powodzie sztormowe	■											■
osuwiska					■	■	■	■				
wichury, huragany, halny, fen	■	■	■								■	■
trąby powietrzne					■	■	■	■				
silne mrozy, zamiecie i zawieje śnieżne	■	■										■
pożary lasów			■	■	■	■	■	■	■			
grypa	■	■	■	■					■	■	■	■
susza			■			■	■	■	■			
halny	■	■								■	■	■
lawiny śnieżne	■	■	■									■
upał							■	■				

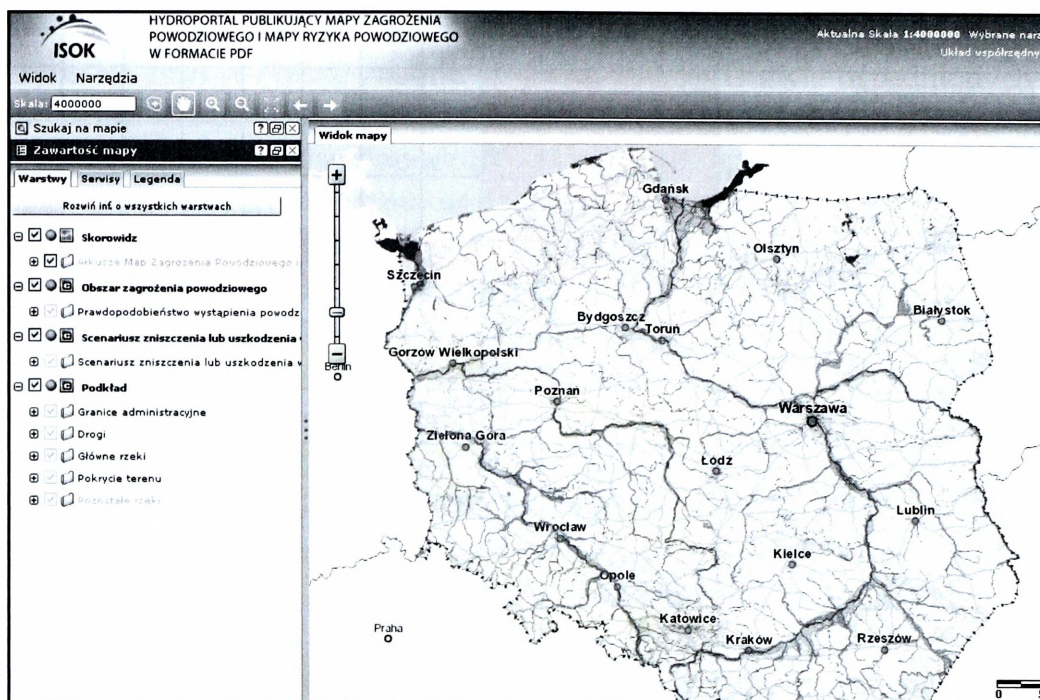
**Legenda:**

- zagrożenie przynoszące bardzo duże straty finansowe
- zagrożenie przynoszące duże straty finansowe
- zagrożenie przynoszące średnie straty finansowe
- zagrożenie przynoszące małe straty finansowe

Źródło: Zagrożenia okresowe występujące w Polsce, RCB, Warszawa 2013.

Ryc. 8.1. Statystyka zagrożeń wpływających na wysokość strat w rozkładzie rocznym

**Wybrane geoportale w systemie osłony kraju przed zagrożeniami:**  
 ISOK – Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (<http://mapy.isok.gov.pl/imap/>)



#### Produkty projektu ISOK:

- mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego,
- system informatyczny ISOK,
- raport z identyfikacji krajowych systemów informacyjnych,
- wstępna ocena ryzyka powodziowego,
- mapy zagrożeń meteorologicznych,
- mapy innych zagrożeń,
- baza danych obiektów topograficznych (BDOT),
- numeryczny model terenu (NMT) i numeryczny model pokrycia terenu (NMPT),
- system zarządzania NMT (SZNMT),
- ortofotomapa cyfrowa,
- mapa podziału hydrograficznego Polski w skali 1:10 000.

- Centralna baza danych geologicznych (osuwiska.pgi.gov.pl)

Geoportal zagrożeń związanych z wystąpieniem pożarów lasów (<http://bazapozarow.ibles.pl/zagrozenie/>)

## Przydatne akty prawne

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U.2013.1409)
- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U.2014.613)
- Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz.U. 2010, nr 76, poz. 489 ze zm.)
- Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U.2013.1205)
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U.2013.627 ze zm.)
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U.2013.21 ze zm.)
- Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz.U.2013.1136)
- Ustawa z dnia 16 listopada 2006 r. o opłacie skarbowej (Dz.U.2012.1282 ze zm.)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U.2012.647 ze zm.)
- Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz.U.2013.59 ze zm.)
- Ustawa z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym (Dz.U.2013.595 ze zm.)
- Ustawa z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie województwa (Dz.U.2013.596 ze zm.)
- Ustawa z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej (Dz.U.2013.672 ze zm.)
- Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U.2013.1235 ze zm.)
- Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 1996, nr 132, poz. 622 ze zm.)
- Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. 2007, nr 75, poz. 493 ze zm.)
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2008, nr 25, poz. 150 ze zm.)
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2012, poz. 145)

## Bibliografia

- Abłamowicz A., 1982, *Loty w trudnych warunkach atmosferycznych – IFR*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Atlas klimatu Polski*, pod redakcją Haliny Lorenc, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.
- Babikow M., 1951, *Meteorologia lotnicza*, MON, Warszawa.
- Bac S., Rojek S., 1981, *Meteorologia i klimatologia*, PWN, Warszawa.
- Bałaabujew A., 1975, *O problemach powstawania silnie wypiętrzonych chmur kłębiastych w warunkach górskich*, Warszawa.
- Barry R.G., 1981, *Mountain weather and climate*, Methuen, London–New York.
- Barry R.G., Perry A.H., 1973, *Synoptic climatology. Methods and applications*, London.
- Bartnicki L., Lisowski K., 1935, *O częstotliwości i warunkach synoptycznych powstawania mgły w Polsce*, Prace PIM, Warszawa.
- Battan L.J., 1979, *Pogoda*, PWN, Warszawa.
- Bil G., 1999, *Zmienność warunków meteorologicznych sprzyjających występowaniu radiacyjnych inwersji temperatury w Katowicach, Aleksandrowicach i Raciborzu. Zmiany i zmienność klimatu Polski*, ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź, 4–6 listopada 1999.
- Burroughs W.J., 1991, *Watching the world's weather*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Buzzi A., Tibaldi S., 1978, *Cyklogenesis in the lee of the Alps. A case study*, Quart. J. Met.Soc.vol. 104.
- Chaładyniak D., Drzewiecki D., 2000, *Application of GRID data and satellite images to investigation of frontogenesis and frontolysis processes*, ogólnopolska konferencja naukowa nt. *Dane gridowe – nowa jakość w badaniach klimatologicznych i hydroklimatycznych*, Starbienino, 5–6 października 2000.
- Cebulak E., Limanówka D., 1997, *Krótkotrwałe, groźne zjawiska atmosferyczne w dorzeczu górnej Wisły w latach 1991–1996*, symposium jubileuszowe nt. *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, 12–14 listopada 1997.
- Chełmicki W., 1991, *Położenie, podział i cechy dorzecza* [w:] Dynowska I., Maciejewski M. (red.), *Dorzecze górnej Wisły*, cz. I, PWN, Warszawa–Kraków.
- Chromow S.P., 1968, *Meteorologia i klimatologia*, PWN, Warszawa.
- Codzienny Biuletyn Meteorologiczny z lat 1966–1995.
- Drzewiecki D., 1998, *The process of creation of the radiation and the advective fogs*, III Symposium on Military Meteorology, Warsaw, Poland, 18/19 November 1998.

- Drzewiecki D., Kroszczyński K., 1999, *Zmienność występowania mgieł na wybranych stacjach Polski południowej. Zmiany i zmienność klimatu Polski*, Łódź. 4–6 listopada 1999 (streszczenia referatów, komunikatów i posterów).
- Drzewiecki D., 2000, *Fog variability analysis based on three selected airports in Southern Poland*, IV International Symposium on Military Meteorology, Malbork, Poland, 26–28 September 2000.
- Drzewiecki D., 2002, *Mgły i ograniczona widzialność jako zjawiska niebezpieczne dla niektórych działów gospodarki narodowej, transportu morskiego oraz lotnictwa*, I Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo Żeglugi, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Szczecin.
- Drzewiecki D., 2003, *Fogs and limited visibility analysis based on five selected places of southern Poland*, V International Symposium on Military Meteorology, Metoc Services' Tasks in NATO Operations, Missions and Exercises, Poznań, Poland, 1–3 October 2003.
- Drzewiecki D., 2003, *The frequency of winds in the strong different form of the ground*, V International Symposium on Military Meteorology, Metoc Services' Tasks in NATO Operations, Missions and Exercises, Poznań, Poland, 1–3 October 2003.
- Drzewiecki D., 2005, *Problematyka przetwarzania danych klimatycznych*, „Zeszyty Naukowe Akademii Obrony Narodowej” nr 1(58)A, Warszawa.
- Drzewiecki D., 2005, *Burze na wybrzeżu w okresie chłodnym jako zjawisko niebezpieczne dla turystyki powietrznej. Hydrograficzne i meteorologiczne aspekty badań wybrzeża Bałtyku i wybranych obszarów Polski*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin.
- Drzewiecki D., 2009, *Wiatr o prędkości huraganu jako niebezpieczne zjawisko pogody*, Biuletyn Centrum Szkolenia Straży Granicznej w Kętrzynie nr 41, Kętrzyn.
- Drzewiecki D., 2014, *Rozdział monografii: Bezpieczeństwo obszarów nadbrzeżnych państw Europy Środkowej i Wschodniej w kontekście globalnego ocieplenia klimatu*, Studia Wschodnie Polityka–Gospodarka–Bezpieczeństwo, red. nauk. M. Hudzikowski, A. Zapałowski, Częstochowa, ISBN 978-83-61294-80-1.
- Drzewiecki D., 2015, *Meteorological elements of selected historical events based on the weather map digital reconstruction*, Security and Defence, Central European Forum on Military Education, National Defence University (Akademia Obrony Narodowej), Quarterly No 4, Warszawa.
- Drzewiecki D., 2015, *Bezpieczeństwo obszarów nadbrzeżnych w południowej części basenu Morza Bałtyckiego w oparciu o najnowszy raport IPCC (AR5)*, Przegląd Geopolityczny, t. XII, Częstochowa, ISSN 2080-8836 (print) 2392-067X (online), ogólnodostępna wersja elektroniczna: [http://przeglad.org/wp-content/uploads/2015/06/Drzewiecki\\_Dariusz\\_PG\\_tom\\_12.pdf](http://przeglad.org/wp-content/uploads/2015/06/Drzewiecki_Dariusz_PG_tom_12.pdf).

- Dylikowa A., 1973, *Geografia Polski. Krainy geograficzne*, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa.
- Eagleson P.S., 1978, *Bilans energetyczny Ziemi [w:] Hydrologia dynamiczna*, PWN, Warszawa.
- Fal B., 1993, *Zmienność odpływu z obszaru Polski*, Wiad. IMGW, r. 16/27, z. 3.
- Garnier B.J., 1996, *Podstawy klimatologii*, IMGW, Warszawa.
- German Advisory Council on Global Change (WBGU), 2007, *Climate Change as a Security Risk*, Berlin, Germany.
- Gilewska S., 1972, *Wyżyny Śląsko-Małopolskie [w:] Geomorfologia Polski*, Warszawa.
- Gilewska S., 1999, *Rzeźba [w:] L. Starkel (red.), Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa.
- Grotjahn R., 1993, *Global atmospheric circulations: observations and theories*, Oxford University Press, Oxford.
- Graniczny M., Mizerski W., 2009, *Katastrofy przyrodnicze*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Haman K., 1996, *Chmury konwekcyjne – dynamika, prognoza, parametryzacja*, Ogólnopolskie Sympozjum z Meteorologii Wojskowej, Warszawa, 21–23 marca 1996.
- Haman K., 1978, *Wstęp do fizyki atmosfery*, PWN, Warszawa.
- Heede R., 2013, *Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854–2010*, Climatic Change (2014), Article is published with open access at Springerlink.com.
- Il'ko J., 1992, *Minileksykon – meteorologia*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- International Glossary of Hydrology*, 1992, UNESCO, Geneva, WMO.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012, *Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, University Press, UK and New York, NY, USA.
- IPCC, 2012, *Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, UK.
- IPCC, 2014, *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN)*, *Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, UK and New York, NY, USA.
- Iribarne I.V., Cho H.R., 1988, *Fizyka atmosfery*, PWN, Warszawa.
- Jafernik H., Wilczek Z., Ziarko J., 2000, *Meteorologiczna osłona działań lotnictwa*, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa.
- Janiszewski F., 1988, *Instrukcja dla stacji meteorologicznych*, IMGW, Warszawa.

- Jaworski B., Dietław A., 1966, *Fizyka – poradnik encyklopedyczny*, PWN, Warszawa.
- Macdougall J.D., 2004, *Frozen Earth: The Once and Future Story of Ice Ages*, University of California Press, Ltd.
- Kaczanowski L., 1987, *Analiza i prognozy pogody dla lotnictwa*, DWL i OP, Warszawa.
- Kaczanowski L., 1992, *Widzialność. Czym jest, od czego zależy, jak ją obliczać*, „Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej”, Poznań.
- Kaczorowska Z., 1977, *Pogoda i klimat*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Kaszewski B., 1992, *Typy cyrkulacji a typy pogody w Polsce*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Kleczkowski A.S., Mikulski Z., 1995, *Prognoza gospodarowania wodą. Stan zasobów [w:] Prognoza ostrzegawcza zmian środowiskowych warunków życia człowieka w Polsce na początku XXI wieku. Ekspertyza*, red. S. Kozłowski, Komitet Naukowy przy Prezydium PAN, „Człowiek i Środowisko”, Warszawa. Instytut Ekologii PAN Oficyna Wydawnicza.
- Klejnowski R., 1995, *Uwarunkowania meteorologicznej osłony lotnictwa*, DWL i OP, Warszawa.
- Klimaszewski M., 1988, *Rzeźba Tatr Polskich*, PWN, Warszawa.
- Klimaszewski M., 1972, *Podział geomorfologiczny Polski południowej [w:] Geomorfologia Polski*, t. 1, Warszawa.
- Klimaszewski M., Starkel L., 1972, *Karpaty Polskie [w:] Geomorfologia Polski*, t. 1, Warszawa.
- Klimek K., Starkel L., 1972, *Kotliny podkarpackie [w:] Geomorfologia Polski*, t. 1, Warszawa.
- Kondracki J., 1998, *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kondracki J., 1978, *Karpaty*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Kondracki J., 1980, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kostrowicki J., 1968, *Środowisko geograficzne Polski*, PWN, Warszawa.
- Kostyrko K., Szumowski J., Szerszeń A., 1986, *Tablice psychrometryczne i higrometryczne*, PWN, Warszawa.
- Kożuchowski K., 1998, *Atmosfera: klimat i ekoklimat*, PWN, Warszawa.
- Krawczyk B., 1994, *Średnia roczna liczba dni z mgłą [w:] Atlas zasobów, walorów i zagrożeń środowiska geograficznego Polski*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- Lencewicz S., 1955, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Lisowski K., 1935, *O częstotliwości i warunkach synoptycznych powstawania mgły w Polsce*, Prace PIM, Warszawa.

- Lityńska Z., Morozowska I., 1969, *Statystyczna prognoza burz związanych z frontami chłodnymi nad Polską*, Warszawa.
- Lityński J., 1969, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*, Prace PIHM, Warszawa.
- Lockwood J.G., 1984, *Procesy klimatotwórcze*, PWN, Warszawa.
- Lorenc H., 1996, *Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce*, Materiały badawcze IMGW, Warszawa.
- Lorenc H., 2005, *Wiatr w Polsce jako element zagrożenia*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Lorenc H., Ceran M., Mierkiewicz M., Sasim M., Wita A., 2006, *Susza w Polsce (przyczyny, natężenie, zasięg, wnioski na przyszłość)*, Raport Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Lot. 2802/89., 1989, *Instrukcja ostrzegania o niebezpiecznych dla lotnictwa zjawiskach pogody*, DWL, Poznań.
- Madany A., 1996, *Fizyka atmosfery – wybrane zagadnienia*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Vermeer M., Rahmstorf S., 2009, *Global sea level linked to global temperature*, Edited by William Clark, Harvard University, USA.
- Martyn D., 1985, *Klimaty kuli ziemskiej*, PWN, Warszawa.
- Miesięczny Biuletyn Hydrologiczno-Meteorologiczny nr 1-12 z lat 1995/96/97.
- Międzynarodowy atlas chmur*, 1987, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Milata W., *Wiatr halny*, „Wierchy”, t. 20, 1950/1951.
- Mikulski Z., *Podstawowe pojęcia gospodarki wodnej i jej początki jako dyscypliny naukowej w Polsce*, „Gospodarka Wodna”, rozdz. 56, z. 2.
- Mikulski Z., *Zasoby wodne – pojęcia i rodzaje, ocena ilościowa i dyspozycyjność*, Wiad. IMGW, r. 19(40), z. 2.
- Mikulski Z., 1996, *Zarys hydrografii Polski*, wyd. 2, PWN, Warszawa.
- Moran J., Morgan M., 1989, *Meteorology the atmosphere and the science of weather*, MPC, New York.
- Morawska M., 1966, *Mgły w Krakowie w 100-lecie 1861-1960 oraz związki występowania mgieł z niektórymi czynnikami meteorologicznymi*, „Przegląd Geofizyczny”, t. 29, z. 3.
- Morawska-Horawska M., 1992, *Warunki powstawania wiatru halnego i próba oceny jego zasięgu*, Folia Geographica, Series Geographica-Phisica, vol. XXIII.
- Mycielska H., 1993, *Analiza synoptyczna dwóch przypadków wystąpienia mgły w Polsce na dużym obszarze*, „Przegląd Geofizyczny”, z. 1-2, Warszawa.
- Narodowy atlas Polski*, 1978.

- Niedźwiedź T., 1988, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951-1985)*, „Zeszyty Naukowe UJ”, Prace Geograficzne, z. 71, Kraków.
- Niedźwiedź T., Obrębska-Starkłowa B., 1991, *Klimat*, rozdz. 1.5 [w:] *Dorzecze górnej Wisły*, cz. I (opr. zb. pod red I. Dynowskiej i M. Maciejewskiego), PWN, Warszawa-Kraków.
- Niedźwiedź T., 1992, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1986 - 1990)*, „Zeszyty Naukowe UJ”, Prace Geograficzne, z. 90, Kraków.
- Niedźwiedź T., 1981, *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, „Rozprawy Habilitacyjne”, UJ, nr 58, Kraków.
- Niedźwiedź T., 1989, *O pogodzie i klimacie gór polskich*, Wydawnictwo PTTK „Kraj”, Warszawa.
- Niedźwiedź T., 1994, *Charakterystyka synoptyczna klimatu* [w:] *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- Obrębska-Starkłowa B., 1997, *Tendencje wieloletnich zmian temperatury i wilgotności podłoża pod wpływem przekształcenia warunków podłoża*, sympozjum jubileuszowe nt. *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, 12-14 listopada 1997, Warszawa.
- Obrębska-Starkłowa B., 1999, *Zmiany klimatu a ekosystemy górskie. Zmiany i zmienność klimatu Polski*, ogólnopolska konferencja naukowa, 4-6 listopada 1999, Łódź.
- Ogilvie A.E.J., Jonsson T., 2000, *Little Ice Age Research: a perspective from Iceland*, University of Colorado, USA.
- Okołowicz W., 1969, *Klimatologia ogólna*, PWN, Warszawa.
- Orlicz M., 1962, *Klimat Tatr* [w:] *Tatrzański Park Narodowy*, praca zbiorowa, PWN, Kraków.
- Ostrowski M., 1999, *Meteorologia dla lotnictwa sportowego*, Aeroklub Polski, Warszawa.
- Osuchowska B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, Wyd. Kom. i Łączn., Warszawa.
- Parczewski W., 1959, *O przepływie powietrza przez wyniosłości terenowe ze szczególnym uwzględnieniem Tatr*, „Wiadomości Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej”, t. 6, z. 5.
- Paszyński J., Niedźwiedź T., 1999, *Klimat* [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa.
- Piwkowski H., 1976, *Rozkład mgieł w Polsce i ich długotrwałość*, „Przegląd Geofizyczny”, t. 21(29), z. 1.
- Piwkowski H., 1994, *Częstość występowania mgieł* [w:] *Atlas zasobów, walorów i zagrożeń środowiska geograficznego Polski*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk, Warszawa.

- Podział hydrograficzny Polski, 1983, cz. 1, 2, WKiŁ, Warszawa.
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*, „Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego”, Seria B, nr 16, Wrocław.
- Rymarz Cz., 1985, *Meteorologia satelitarna*, Wydawnictwo WAT, Warszawa.
- Schmidt M., 1982, *Meteorologia dla potrzeb szybownictwa*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Smosarski W., 1957, *Meteorologia*, PWN, Poznań.
- Stępniewska-Podrażka M., 1991, *Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej (1951-1990)*, IMGW, Warszawa.
- Stopa M., 1962, *Burze w Polsce*, PAN, Warszawa.
- Strauch E., 1975, *Meteorologia a środowisko*, PWN, Warszawa.
- Osborn T.J., Jones P.D., 2000, *What do climate models tell us about the winter North Atlantic Oscillation*, Climatic Research Unit University of East Anglia.
- The CNA Corporation, 2007, *National Security and the Threat of Climate Change*, Alexandria, Virginia, USA.
- Ustrnul Z., 1997, *Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku*, IMGW, Warszawa.
- Ustrnul Z., 1997, *Ekstremalne przypadki adwekcji powietrza nad Polską południową*, symposium jubileuszowe nt. *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, 12-14 listopada 1997, Warszawa.
- Warakomski W., 1962, *O częstości występowania poszczególnych rodzajów chmur w Polsce*, „Przegląd Geofizyczny”, t. 7(15), z. 3.
- Warakomski W., 1969, *Częstość występowania dni i okresów z poszczególnymi typami mas powietrza nad Polską (1951-1960)*, „Przegląd Geofizyczny”, t. 14(22), z. 1.
- Warakomski W., 1997, *Problemy z klasyfikacją i przewidywaniem pogodowych zjawisk ekstremalnych*, symposium jubileuszowe nt. *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, 12-14 listopada 1997, Warszawa.
- Wiktorowski J., 1995, *Podstawa chmur a temperatura i wilgotność powietrza*, „Biuletyn Meteorologiczny” nr 10, WLOP, Poznań.
- Wiktorowski J., 1995, *Ruch układów barycznych w Europie i północnej części Oceanu Atlantyckiego*, Biuletyn WAT, Meteorologia, Warszawa.
- Wiktorowski J., Chaładyniak D., 1997, *Niebezpieczne dla lotnictwa zjawiska meteorologiczne w Polsce w wybranych sytuacjach synoptycznych*, symposium jubileuszowe nt. *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, 12-14 listopada 1997, Warszawa.
- Wilczek Z., 1999, *Ocena meteorologicznych warunków lotów w aspekcie lotniczych typów pogody*, „Biuletyn Meteorologiczny” nr 12, WLOP, Poznań.

- Wilczek Z., 1986, *Występowanie zachmurzenia frontowego nad Polską w latach 1961-1975*, „Przegląd Geofizyczny”, rocznik XXXI, Warszawa-Łódź.
- Wilczek Z., 1998, *The methods of qualification of the flight atmospheric conditions*, III Symposium on Military Meteorology, 18-19 November, Warsaw, Poland.
- Wilczek Z., 1999, *Próba określenia podobieństwa występowania mgieł dla sąsiednich lotnisk. Zmiany i zmienność klimatu Polski*, ogólnopolska konferencja naukowa, 4-6 listopada, Łódź.
- Wilczek Z., Ziarko J., 1997, *Analiza występowania mgieł i niskich chmur warstwowych w rejonie Polski Środkowo-Wschodniej*, symposium jubileuszowe nt. *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, 12-14 listopada 1997, Warszawa.
- Wiszniewski W., 1971, *Atlas Klimatyczny Polski*.
- Wiszniewski W., Chełchowski W., 1975, *Charakterystyka klimatu i regionalizacja klimatologiczna Polski*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Wiszniewski W., 1987, *Regiony klimatyczne [w:] Atlas hydrologiczny Polski*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Chełmicki W., 1991, *Położenie, podział i cechy dorzecza [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), Dorzecze górnej Wisły, cz. I*, PWN, Warszawa-Kraków.
- Woś A., 1996, *Meteorologia dla geografów*, PWN, Warszawa.
- Woś A., 1996, *Struktura sezonowa klimatu Polski*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Woś A., 1999, *Klimat Polski*, PWN, Warszawa.
- Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)*, t. 3 – *Kłęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2012.
- Wróbel J., 1985, *Występowanie burz a warunki meteorologiczne*, „Przegląd Geofizyczny”, R-XXX, Warszawa-Łódź.
- Wróbel J., Ziarko J., 1996, *Meteorologiczno-klimatyczne uwarunkowania działań lotnictwa w terenie górskim*, Ogólnopolskie Sympozjum z Meteorologii Wojskowej, 21-23 marca 1996, Warszawa.
- Zagrożenia okresowe występujące w Polsce*, RCB, Warszawa 2013.
- Zwieriew A.S., 1965, *Meteorologia synoptyczna*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.

## Internetowe źródła danych

<http://www.wprost.pl/ar/416785/Globalne-ocieplenie-to-mit-Naukowcy-przesadzalismy/>  
<http://www.ncdc.noaa.gov/cag/>  
[http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Phanerozoic\\_Climate\\_Change.png](http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Phanerozoic_Climate_Change.png)  
<http://ziemianarozdrozu.pl/encyklopedia/90/wzrost-poziomu-oceanow>  
<http://flood.firetree.net/>  
<http://wiadomosci.wp.pl/gid,16875189,kat,7631,title,Wyladowali-na-polu-rzepaku,galeria.html?ticaid=1136ee>  
[http://motoryzacja.interia.pl/wiadomosci/bezpieczenstwo/news-sztuczna-mgla-przyczyna-karambolu-na-s8-to-nie-zart,nId,1496890#iwa\\_item=1&iwa\\_img=1&iwa\\_hash=26125&iwa\\_block=automotive](http://motoryzacja.interia.pl/wiadomosci/bezpieczenstwo/news-sztuczna-mgla-przyczyna-karambolu-na-s8-to-nie-zart,nId,1496890#iwa_item=1&iwa_img=1&iwa_hash=26125&iwa_block=automotive)  
<http://pl.allmetsat.com/satelita-meteosat.php>  
<http://www.dzienniklodzki.pl/arttykul/3423171,tragiczny-wypadek-na-s8-pod-rawa-nie-zyja-3-osoby-ponad-30-rannych-zdjeciafilm,id,t.html?cookie=1>  
<http://www.kzgw.gov.pl/pl/Wstepna-ocena-ryzyka-powodziowego.html>  
<http://www.uwm.edu.pl/kolektory/silownie/wiatr.html>  
<http://geoportal.pgi.gov.pl/geosam/osuwiska>  
<http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>  
[http://www.mir.gov.pl/rozwoj\\_regionalny/Polityka\\_przestrzenna/Inspire/Documents/1\\_Adam\\_Iwaniak\\_Podstawy\\_GIS\\_27\\_01\\_15.pdf](http://www.mir.gov.pl/rozwoj_regionalny/Polityka_przestrzenna/Inspire/Documents/1_Adam_Iwaniak_Podstawy_GIS_27_01_15.pdf)  
<http://inspire.gios.gov.pl/portal/index.php?profile=17010&projection=EPS-G%3A2180>  
<http://mapy.isok.gov.pl/imap/>  
[www.esri.pl](http://www.esri.pl)  
[www.geostrefa.pl](http://www.geostrefa.pl)  
[www.esripolska.com.pl](http://www.esripolska.com.pl)  
<http://ows.public.sembach.af.mil/index.cfm?section=SFCProg>  
<http://www.gs24.pl/apps/pbcs.dll/article?AID=/20081122/REGION/223035019>  
<http://www.eswd.eu/>  
<http://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/>  
<http://www.ipcc-data.org>  
<https://www.ec.gc.ca>  
<http://www.csiro.au/>  
<http://www.metoffice.gov.uk>  
<http://data1.gfdl.noaa.gov/>  
<http://www.mpimet.mpg.de/en/science/datasets.html>

<http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk>  
<http://arctic.atmos.uiuc.edu/ANTARCTIC/GCM/csm.model.changes.html>  
<http://www.wetterzentrale.de>  
<http://meteo.icm.edu.pl>  
[www.globalwarmingart.com](http://www.globalwarmingart.com)  
[www.earthobservatory.nasa.gov](http://www.earthobservatory.nasa.gov)  
<http://climate.nasa.gov/evidence/>  
[www.NOAA National Climatic Data Center](http://www.noaa.gov)  
[http://www.strazgraniczna.pl/wps/portal/tresc?WCM\\_GLOBAL\\_CONTE-XT=pl/serwis-sg/wazne\\_informacje/granice\\_rp/](http://www.strazgraniczna.pl/wps/portal/tresc?WCM_GLOBAL_CONTE-XT=pl/serwis-sg/wazne_informacje/granice_rp/)

## Spis rycin

1.1. Mapa świata z XIII w. Hereford Anglia .....	16
1.2. Ery i okresy w dziejach Ziemi oraz wiek ich trwania.....	20
2.1. Schemat budowy Ziemi .....	23
2.2. Pionowy przekrój atmosfery (schemat).....	25
2.3. Schemat ogólnej cyrkulacji atmosfery (półkula północna) .....	27
2.4. Cykl hydrologiczny .....	29
3.1. Wizualizacja strony będącej rejestrem form ochrony przyrody w Polsce (Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska) .....	62
4.1. Schemat powstawania wiatru dolinnego (A) i górskiego (B).....	71
4.2. Schemat powstawania bryzy morskiej (A) i bryzy lądowej (B).....	72
4.3. Schemat powstawania wiatru fenowego (halny w Tatrach).....	72
4.4. Przestrzenny rozkład ciśnienia w Polsce .....	74
4.5. Przestrzenny rozkład pola wiatru w Polsce .....	75
4.6. Okresy występowania w Polsce wiatrów katastrofalnych .....	76
4.7. Miesięczny rozkład występowania trąb powietrznych w Polsce w latach 2000–2008 ( wg danych European Severe Weather Database) .....	77
4.8. Przyziemna sytuacja synoptyczna z dn. 18.01.2007 r. (12.00 UTC).....	79
4.9. Analiza TB 500 (18.01.2007 r., 12.00 UTC) .....	79
4.10. Prędkość i kierunek wiatru w dniu 19.01.2007 r. 00.00 UTC.....	80
4.11. Przykładowa relacja Radia Szczecin odnośnie do pojawienia się tornad wodnych (trąb wodnych).....	83
4.12. Europejska baza zjawisk ekstremalnych.....	84
4.13. Przestrzenny rozkład pola temperatury w Polsce – średnia roczna ....	86
4.14. Przestrzenny rozkład pola temperatury w Polsce – średnia stycznia...87	
4.15. Absolutne minima temperatur powietrza na wybranych stacjach w Polsce.....	88
4.16. Liczba dni z mrozem w Polsce, T maks. < 0°C .....	89
4.17. Poziom zagrożenia termicznego (UTCI).....	91
4.18. Rozkład roczny pokrywy śnieżnej nad Polską .....	98
4.19. Średnia roczna liczba dni z wystąpieniem opadów śniegu .....	99
4.20. Diagram przemian fazowych wody w zależności od zmian wysokości (ciśnienia) i temperatury.....	101
4.21. Średnia roczna liczba dni z wystąpieniem gołoledzi .....	103
4.22. Mapa 500 hPa z naniesionym przyziemnym polem barycznym z 07.04.2008 r., 00.00 UTC .....	105
4.23. Mapy 850 hPa z naniesionym polem temperatury z 6–7.04.2008 r., 00.00 UTC .....	105

4.24. Zasięg opadów w dn. 07.04.2008 r. ....	106
4.25. Przyziemna sytuacja synoptyczna z dn. 22.11.2008 r., 12.00 UTC ....	108
4.26. Obraz satelitarny z dn. 22.11.2008 r., 18.00 UTM.....	109
4.27. Zjawiska atmosferyczne. Średnia roczna liczba dni z mgłą.....	113
4.28. Powstawanie i rozwój zamglenia i mgły w wyniku przygruntowej inwersji temperatury .....	114
4.29. Przestrzenny rozkład pola temperatury w Polsce – średnia lipca.....	115
5.1. Jednostki hydrograficzne w Polsce wg KZGW.....	123
5.2. Klimatyczny bilans wodny (opad – parowanie) [mm] .....	124
5.3. Opady atmosferyczne – wysokości średnie roczne [mm].....	125
5.4. Opady atmosferyczne – ekstremalne wysokości dobowe sum opadów w Polsce od początku XX wieku .....	126
5.5 Liczba powodzi regionalnych w Polsce w latach 1946–2001 .....	134
5.6. Powodzie lokalne w Polsce w zależności od czynnika determinującego jej wystąpienie w latach 1946–2001 .....	135
5.7. Stadia rozwoju chmur kłębiastych przy wilgotno-chwiejnym gradiencie temperatury powyżej poziomu kondensacji (k) .....	138
5.8. Średnia roczna liczba dni z burzą.....	140
5.9. Liczba dni gorących w Polsce .....	147
6.1. Przykład osuwiska wraz ze zniszczoną częścią infrastruktury komunalnej.....	154
6.2. Rozmieszczenie obszarów zagrożonych ruchami masowymi ziemi w Polsce .....	155
6.3. Mapa osuwisk – Polskie Karpaty fliszowe .....	156
6.4. Informacja w terenie – znaki ostrzegawcze .....	160
7.1 Rekonstrukcja zmian temperatury i objętości lodu w końcowej fazie plejstocenu .....	176
7.2. Lokalizacja Stacji Antarktycznej Concordia realizującej badania w ramach projektu EPICA .....	177
7.3. Stacja Antarktyczna Kohnen realizująca badania w ramach projektu EPICA.....	177
7.4. Przykład stanowiska do przeprowadzania odwiertów rdzeni lodowych na Antarktydzie .....	178
7.5. Schemat stanowiska do odwiertów rdzeni lodowych na Antarktydzie realizowany przez stację Wostok.....	178
7.6. Cykle Milankovica. Mimośród – zmiany kształtu orbity Ziemi.....	179
7.7. Zmiany w koncentracji CO <sub>2</sub> w atmosferze w przebiegu ok. 450 tysięcy lat do czasów obecnych .....	180
7.8. Roczny przebieg zmienności temperatury w latach 1900–2014 z wrysowaną linią trendu.....	181

7.9. Prognoza wzrostu poziomu oceanów do 2100 roku na podstawie raportu IPCC .....	183
7.10. Przewidywany wzrost temperatury w °C nad lądem i w oceanach do 2100 roku.....	183
7.11. Udział procentowy krajów o największej emisji CO <sub>2</sub> w skali globalnej w roku 2013.....	186
7.12. Wyselekcjonowane obszary w południowej części morza bałtyckiego narażone na zalanie w wyniku ocieplania się klimatu.....	187
7.13. Charakterystyka porównawcza symulacji podniesienia się stanów wód (ujście Odry, Zalew Szczeciński, Zatoka Pomorska).....	188
7.14. Szczecin i Międzyodrze.....	189
7.15. Charakterystyka porównawcza symulacji podniesienia się stanów wód (pas nadmorski Pobrzeża Słowińskiego).....	190
7.16. Symulacja podniesienia stanów wód (ujście Wisły, Żuławy Wiślane, Zatoka Gdańska) – stan obecny .....	191
7.17. Symulacja podniesienia się stanów wód (ujście Wisły, Żuławy Wiślane, Zatoka Gdańska) – stan przy podniesieniu się wód do 2 m.....	192
7.18. Symulacja podniesienia się stanów wód (ujście Wisły, Żuławy Wiślane, Zatoka Gdańska) – stan przy podniesieniu się wód do 1 m .....	192
7.19. Gdańsk (stan aktualny, poniżej stan przy podniesieniu się poziomu wód do ok. 1 m).....	193
8.1. Statystyka zagrożeń wpływających na wysokość strat w rozkładzie rocznym .....	199

## Spis tabel

2.1. Źródła występowania wody na Ziemi w różnych postaciach oraz grubość jej warstwy .....	30
2.2. Wody w obiegu w tys. km <sup>3</sup> /rok .....	30
3.1. Sąsiedzi Polski .....	48
3.2. Podział roku na pory klimatyczne wg E. Romera.....	51
3.3. Chronologia zlodowaceń czwartorzędowych.....	56
3.4. Zestawienie form ochrony przyrody w Polsce .....	62
4.1. Stopnie zagrożenia w zależności od kryteriów wydawania ostrzeżenia meteorologicznego dla poszczególnych zjawisk meteorologicznych.....	66
4.2. Ośmiostopniowa skala kierunków wiatru.....	69
4.3. Szesnastostopniowa skala kierunków wiatru .....	70
4.4. Klasyfikacja stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych. Wiatr o dużych prędkościach (IMGW) .....	78
4.5. Klasyfikacja stopni zagrożeń wystąpienia niskich temperatur powietrza. Silny mróz (IMGW) .....	90
4.6. Klasyfikacja stopni zagrożeń związanych z intensywnymi opadami śniegu (A) oraz z wystąpieniem zamieci i zawiei śnieżnej (B).....	97
4.7. Najwyższe temperatury w Polsce w ujęciu historycznym.....	116
4.8 Klasyfikacja stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych – upały (IMGW).....	117
5.1. Opady atmosferyczne – ekstremalne wartości [mm] od początku XX wieku.....	126
5.2. Rodzaje powodzi w ujęciu genetycznym i zasięgu obszarowym w zestawieniu rocznym (wg IMGW).....	134
5.3. Klasyfikacja stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych (IMGW).....	142
5.4. Klasyfikacja stopni zagrożeń hydrologicznych (IMGW).....	142
6.1. Liczba osuwisk oraz obszarów predysponowanych w Polsce (bez Karpat).....	155
6.2. Klasyfikacja stopni zagrożeń związanych z prawdopodobieństwem wystąpienia lawin śnieżnych (IMGW) .....	160
6.3. Epidemie grypy w XX i XXI wieku.....	164
7.1. Ośrodki naukowe, których prognozy zestawiono na [ryc. 7.10].....	184
8.1. Typowe okresy występowania zagrożeń przyrodniczych w Polsce (rozkład miesięczny) .....	197

## Równania zamieszczone w monografii

4.1 – siła gradientu barycznego  $G$

4.2 – siła Coriolisa  $A$

4.3 – siła odśrodkowa  $C$

4.4 – siła tarcia  $R$





**WYDAWNICTWO**  
*AON*

**WYDAWNICTWO**

**e-mail: [wydawnictwo@aon.edu.pl](mailto:wydawnictwo@aon.edu.pl)**

**tel. 261 813 671, tel./fax 261 813 752**

**KSIĘGARNIA**

**e-mail: [ksiegarnia.akademicka@aon.edu.pl](mailto:ksiegarnia.akademicka@aon.edu.pl)**

**261 814 608**

**261 814 055**

**SKLEP INTERNETOWY**

**[www.ksiegarnia.aon.edu.pl](http://www.ksiegarnia.aon.edu.pl)**

**al. gen. A. Chruściela 103, 00-910 Warszawa**



### **Oferujemy następujące usługi:**

- przygotowanie projektów graficznych
- opracowanie redakcyjne i korektę
- usługi introligatorskie
- skład komputerowy
- drukowanie

### **Nasze atuty:**

- długoletnie doświadczenie
- kompleksowa obsługa
- konkurencyjne ceny
- wysoka jakość
- krótkie terminy



Dariusz DRZEWIECKI, ur. 1964 r. w Szczecinie. Adiunkt w Zakładzie Geostrategii i Geografii Wydziału Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Obrony Narodowej w Warszawie. Absolwent Wojskowej Akademii Technicznej (1991) oraz Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (2001). Meteorolog, doktor nauk o Ziemi.

Specjalizuje się w problematyce geopolityki bezpieczeństwa, bezpieczeństwa ekologicznego, geoinformatyki oraz wpływu warunków hydrometeorologicznych na bezpieczeństwo newralgicznych działań gospodarki państwa. Autor wielu publikacji naukowych i referatów wygłoszonych na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

ISBN 978-83-7523-468-8

