

# ZMIANY KLIMATU I ICH SKUTKI

**PROF. DR HAB. ZBIGNIEW KUNDZEWICZ, CZŁ. KORESP. PAN**

Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN

## 1. WSTĘP

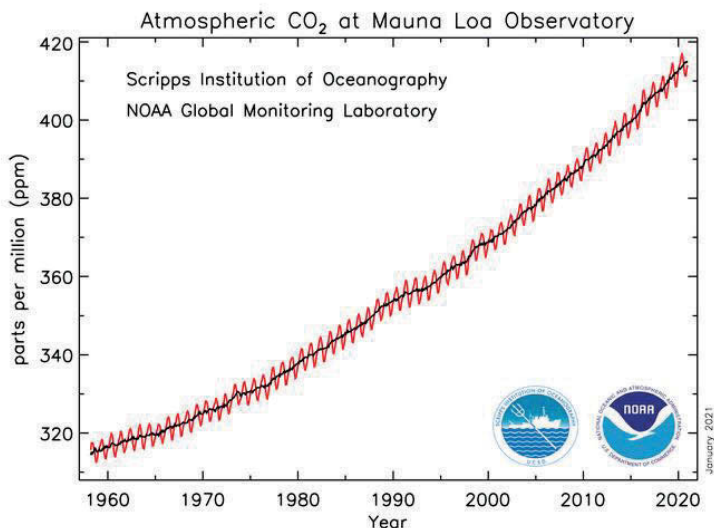
Na potrzeby tego wykładu proponuję prostą interpretację pojęcia klimatu. Klimat określa uśredniony stan pogody (a więc np. wartości temperatury maksymalnej i minimalnej, sumy opadu, wilgotności powietrza, charakterystyk wiatru itd.), których spodziewamy się za rok, 26 listopada 2021 r. Pogodą będzie natomiast to, co rzeczywiście wystąpi za rok.

Zasadnicze czynniki kształtujące bilans energetyczny Ziemi i średnią temperaturę jej powierzchni są dobrze znane: promieniowanie słoneczne, właściwości atmosfery (zawartość gazów cieplarnianych, pyłu i aerozoli powstających w wyniku erupcji wulkanicznych oraz innych procesów naturalnych i antropogenicznych), a także charakterystyki powierzchni Ziemi, a przede wszystkim współczynnik odbicia – albedo. Zmiany tych wielkości wpływają na zmiany klimatu. Zmiany klimatu są bardziej regułą niż wyjątkiem. W historii Ziemi okresy chłodniejsze wielokrotnie przeplatały się z cieplejszymi. Mechanizmy zmian klimatu w przeszłości opierały się wyłącznie na czynnikach naturalnych – wahaniach promieniowania słonecznego (aktywność Słońca), zmianie parametrów orbitalnych ruchu Ziemi wokół Słońca (w skali czasu mierzonej dziesiątkami tysięcy lat) oraz naturalnej zmianie składu ziemskiej atmosfery (np. w wyniku wulkanicznej erupcji pyłów, aerozoli i dwutlenku węgla czy kolizji ciał niebieskich z powierzchnią Ziemi). Choć gazy cieplarniane stanowią tylko niewielką część składu atmosfery, mają one znaczny wpływ na klimat.

Obecne ocieplenie jest inne niż wszystkie ocieplenia w historii Ziemi. Zmiany klimatu – aż do zakończenia ostatniej epoki lodowcowej – odbywały się bowiem bez znaczącej obecności ludzkiej. Podczas wyjścia z ostatniej epoki lodowcowej na całej Ziemi żyło mniej ludzi niż dziś w jednej z kilkudziesięciu wielkich aglomeracji miejskich. Obecnie naszą planetę zamieszkuje 7,8 mld ludzi, którzy mają ogromną moc sprawczą. Zużywają coraz więcej energii i drastycznie zmieniają użytkowanie terenu, a w efekcie charakterystyki powierzchni Ziemi (np. poprzez urbanizację, wylesienie, odrolnienie, odwodnienie mokradeł), które są istotne w procesach przenoszenia masy i energii. Dlatego uzasadnione jest nazywanie naszych czasów epoką antropocenu, w której działania ludzkie dają efekt porównywalny z potężnymi wielkoskalowymi naturalnymi procesami geofizycznymi w przeszłości.

Dobrze rozumiemy przyczyny globalnej zmiany klimatu, która wyraźnie przyspiesza w ostatnich dziesięcioleciach. Zasadniczym czynnikiem odpowiedzialnym za ocieplenie jest, wywołana przez ludzi, intensyfikacja efektu cieplarnianego. Promieniowanie słoneczne ogrzewa Ziemię, ale tylko do minus 18 stopni Celsjusza. Gdyby nie było atmosfery, to właśnie tak niska byłaby średnia temperatura powierzchni naszego globu. Obecność gazów cieplarnianych w atmosferze, przede wszystkim pary wodnej, dwutlenku węgla, metanu i podtlenku azotu, podnosi globalną temperaturę aż o 33 stopnie i w efekcie mamy 15 stopni. A więc atmosfera ziemiska działa tak, jak szklany dach cieplarni, przepuszczając krótkofalowe promieniowanie słoneczne, a zatrzymując promieniowanie długofalowe, emitowane przez Ziemię. Nawiązanie do cieplarni tłumaczy nazwę „efekt cieplarniany”, dzięki któremu na Ziemi istnieje bujne życie.

Dwutlenek węgla jest najbardziej istotnym składnikiem atmosfery z punktu widzenia zmian efektu cieplarnianego. Człowiek ma bowiem tylko niewielki wpływ na stężenie pary wodnej, gdyż dominuje naturalny proces parowania wody z oceanów. Natomiast bilans dwutlenku węgla, a w konsekwencji – jego stężenie w atmosferze w znacznym stopniu zależy od człowieka. Bilans nie jest zrównoważony. Ilość emitowanego dwutlenku węgla przekracza jego wiązanie (sekwestrację), więc atmosferyczne stężenie CO<sub>2</sub> wyraźnie rośnie w czasie, prowadząc do intensyfikacji efektu cieplarnianego, przy czym co roku następują wyraźne wahania sezonowe. W sezonie wegetacyjnym roślinność wbudowuje CO<sub>2</sub> w swoją masę, a później, kiedy spadną liście, dwutlenek węgla nie jest już asymilowany, natomiast wraca do atmosfery z opadłych, butwiejących liści (rys. 1).



**Rys. 1.** Długi szereg czasowy atmosferycznego stężenia CO<sub>2</sub> w obserwatorium Mauna Loa (Hawaje, USA), według danych UCSD (Uniwersytet Kalifornijski San Diego) / NOAA (Narodowa Administracja Oceaniczna i Atmosferyczna), USA. Źródło: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

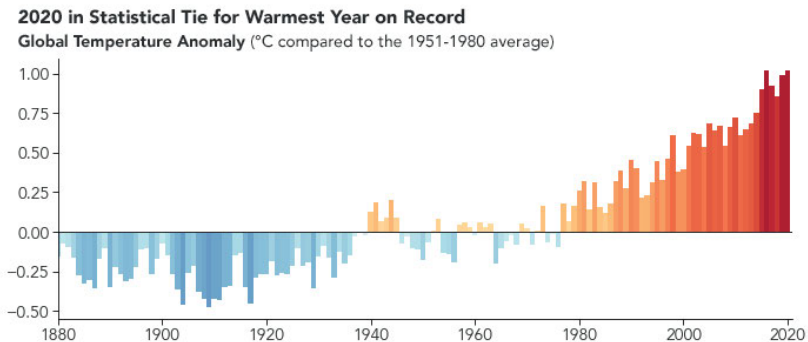
Środowisko klimatologów jest zgodne co do tego, że zmiana klimatu postępuje, przy czym szczególnie łatwo odczuwalnym (ale nie jedynym) skutkiem jest ocieplenie w każdej skali przestrzennej – od mikroskali (np. obserwacji w punkcie) do skali globalnej. Eksperti w dziedzinie zmian klimatu zgadzają się również, że za większość obserwowanego ocieplenia odpowiada antropogeniczna zmiana składu atmosfery. Rośnie atmosferyczne stężenie gazów cieplarnianych, przede wszystkim dwutlenku węgla, w wyniku spalania paliw kopalnych. Pokłady węgla, które powstawały przez wiele milionów lat, są spalane w ciągu dziesięcioleci.

## 2. OBSERWACJE ZMIANY

Dwa ekstremalne stany klimatu w historii naszej planety to (i) Ziemia-śnieżka, cała pokryta lodem i śniegiem, i (ii) Ziemia bez kriosfery, wolna od śniegu i lodu. Przed 20 tys. lat duża część Polski była pokryta grubą warstwą lodu, a poziom światowego oceanu był o 120 metrów poniżej obecnego. Znaczna część wody była więc wówczas zmagazynowana

w fazie stałej w lądolodach, lodowcach i w zamrożonym oceanie. Teraz jest inaczej, lądolody i lodowce topnieją, a przybiera poziom oceanów.

Nie ulega żadnej wątpliwości, że rośnie temperatura globalna. Oczywiście, nie oznacza to, że każdy następny rok jest cieplejszy od poprzedniego, chociaż trend wzrostowy temperatury jest wyraźnie widoczny (rys. 2). Zarejestrowano trzy kolejne rekordy temperatury globalnej w trzech kolejnych latach: 2014, 2015, 2016. W roku 2020, według danych NASA, natura wyrównała rekord temperatury globalnej z roku 2016 (rys. 2). Każdy rok z siedmioletniego okresu od 2014 do 2020 należał więc do zbioru siedmiu najcieplejszych globalnie lat w historii obserwacji temperatury. Silny trend ocieplenia widać też w Polsce, a niekiedy zdarzają się niezwykle rekordy. Na przykład, w czerwcu 2019 roku w Poznaniu zanotowano wystąpienie aż 12 dni z temperaturą maksymalną przekraczającą 30 stopni. Temperatura maksymalna osiągnęła jednego dnia 38 stopni, a innego 37. To był czerwiec nie z tej ziemi. Oczywiście, ciągle zdarzyć się mogą dni bardzo chłodne, czy nawet bardzo mroźne, ale nie aż tak, jak przed laty, i nie tak często, jak kiedyś.



**Rys. 2.** Przebieg anomalii temperatury globalnej w latach 1880-2020, względem średniej z okresu referencyjnego 1951-1980, według danych NASA (Narodowa Administracja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej), USA. Źródło: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147794/2020-tied-for-warmest-year-on-record>

Ważną rolę w rozpowszechnianiu informacji na temat zmian klimatu odgrywają media. Nie zawsze wiadomości są rzetelne. Napisałem przed 20 laty artykuł zatytułowany: *Ciepło, coraz cieplej* (Kundzewicz, 2001). Nie był to wówczas typowy tytuł. Jeśli w Polsce pierwszej dekady XXI wieku kwestie klimatyczne przebiegały się na okładkę, to raczej z bałamutnym przesłaniem, zapowiadającym ochłodzenie (rys. 3). W lecie roku 2003, kiedy niezwykle silna i długotrwała fala upałów spowodowała w Europie

55 tys. dodatkowych zgonów, okładka „Polityki” wieściła nową epokę lodową z podtytułem *Naukowcy ostrzegają przed wielkim ochłodzeniem*. Naukowcy ostrzegają? W istocie ostrzegał jeden naukowiec, profesor nauk medycznych, autor raportu „Polityki”. Okładka „Polityki” w roku 2008 informowała (a raczej dezinformowała) *Będzie zimniej*. Jednak ciągle postępuje wszechobecny wzrost temperatury, nawet jeśli od czasu do czasu może się zdarzyć chłodniejszy dzień, miesiąc czy rok. Zwiastunów zapowiadanego ochłodzenia klimatu jakoś ciągle nie widać, a wręcz przeciwnie – silny trend ocieplenia jest wyraźnie widoczny w szeregu rocznej temperatury globalnej (rys. 2). Wokół rosnącego trendu obserwujemy odchylenia temperatury globalnej, czasem w dół, a czasem w górę, a mechanizm tych odchyłeń rozumiemy dość dobrze. Sterują nimi oscylacje w systemie ocean-atmosfera (zob. Kundzewicz i in., 2020b). Dziś takich okładek, jak na rys. 3, już raczej nie ma, a do opisu sytuacji przedstawionej na tamtych okładkach „Polityki” używany jest teraz termin *fake news*.

Na Grenlandii zanotowano w lecie 2019 aż 23 stopnie Celsjusza. W efekcie łądolód grenlandzki topił się w oczach! Poziom morza był względnie stabilny przez tysiące lat, ale od stulecia wyraźnie rośnie. Z jednej strony cieplejsza woda (a przecież mamy ocieplenie, którego końca nie widać) zajmuje więcej miejsca, a z drugiej strony przyspiesza



Rys. 3. Dezinformujące okładki „Polityki” z roku 2003 i 2008, bezpodstawnie wieszczące oziębienie

tempo topienia się kriosfery. Tempo wzrostu poziomu mórz przyspiesza wraz z ociepleniem – obecnie notuje się roczny przyrost o 5 mm.

Na Syberii dochodzi do masowych uszkodzeń budynków. Znakomita większość budynków w Workucie uległa uszkodzeniu dlatego, że topi się wieczna zmarzlina, na której posadowione są budowle.

Ciekawe jest porównanie przestrzennego występowania susz meteorologicznych w Europie w ostatnich 60 latach. Okazuje się, że istnieje wyraźna prawidłowość: wilgotna północ kontynentu staje się jeszcze bardziej wilgotna, a suche południe – jeszcze bardziej suche. Polska leży pośrodku, a więc sygnał zmiany nie jest tak silny, jak na północy (gdzie wilgotno) czy na południu (gdzie sucho). W Polsce wystąpił jednak ostatnio dwuletni okres silnego niedoboru opadów 2018–2019, a w roku 2020 dała się we znaki susza wiosenna z rekordowo niską miesięczną sumą opadów w kwietniu (Pińskwar i in., 2020).

### 3. PROJEKCJE ZMIANY

Konsekwencje zmian klimatu można w prosty sposób przedstawić przy użyciu kostki do gry. Jeżeli podzielilibyśmy historyczne zakresy temperatur na trzy grupy, czyli temperatury niskie (jedno oczko lub dwa oczka kostki), średnie (trzy lub cztery oczka kostki), i wysokie (pięć lub sześć oczek kostki), to w przyszłości prawdopodobieństwa tak określonych zakresów temperatur ulegną zmianie. Zimnych dni będzie mniej (wystarczy na jedno oczko kostki), dni o średnich temperaturach też będzie mniej (ścianka kostki z dwoma oczkami). Przybędzie za to ciepłych dni i nocy (trzy, cztery i pięć oczek) i pojawi się nowa kategoria – niezwykle ciepłych dni (sześć oczek). Tak ciepłych, że dziś ich prawie nie znamy (Popkiewicz i in., 2018).

Rozszerzyłbym powyższą interpretację, ilustrując również w analogiczny sposób wiek Polaków. Obawiamy się, że za kilkadziesiąt lat będzie znacznie mniej młodych ludzi (jedno oczko), mniej ludzi w średnim wieku (tylko jedna ścianka kostki z dwoma oczkami). Będzie natomiast dużo starszych (trzy, cztery i pięć oczek) i trochę bardzo starych (sześć oczek). Jednoczesne wystąpienie szóstki na dwóch kostkach, a więc koniunkcja bardzo wysokiej temperatury i dużej populacji bardzo starych ludzi, np. dziewięćdziesięciolatków i stułatków, jest niefortunne, bo starzy ludzie (zwłaszcza ze współistniejącymi chorobami) źle znoszą upały, które będą zdarzały się coraz częściej w ocieplającym się klimacie.

Projekcje przyszłej temperatury rocznej i sezonowej pokazują wszechobecne ocieplenie w Polsce we wszystkich regionach i we wszystkich porach roku. Amplituda ocieplenia zależy oczywiście od horyzontu czasowego i od scenariusza emisji gazów cieplarnianych, ale wygląda na to, że wiosna może stać się w Polsce bardzo ciepła, a więc za kilkadziesiąt lat po cieplejszej zimie przejdziemy od razu do warunków termicznych, które obecnie uznajemy za lato. Tak byłoby w niedobrym scenariuszu wysokich emisji (RCP8.5), oznaczającym porażkę globalnych starań w kierunku przeciwdziałania zmianom klimatu i w odległym horyzoncie czasowym.

Skutki zachodzących zmian klimatu mogą być lokalnie korzystne lub niekorzystne, ale spojrzenie globalne pokazuje, że dominują negatywy. Nawet jeśli w Polsce oszczędzimy na opale podczas cieplejszych zim, stracimy więcej energii na klimatyzację podczas nasilających się letnich fal upałów. W zmieniającym się klimacie ekstrema pogodowe – fale upałów, intensywne deszcze, silne wiatry – staną się bardziej ekstremalne. Długie okresy upalne i suche (z ryzykiem pożarów lasów) przerywane będą silnymi ulewami.

W roku 2008 byłem współautorem ważnego artykułu w czasopiśmie „Science”, zatytułowanego *Stationarity is dead: whither water management* (Milly i in., 2008). Artykuł proklamuje kres stacjonarności. Projekcje na przyszłość pokazują, że średni odpływ rzeczny będzie rósł tam, gdzie już jest wysoki, a będzie malał tam, gdzie jest niski. Obszary suche staną się więc w przyszłości jeszcze bardziej suche, a wilgotne będą jeszcze bardziej wilgotne. To nie jest dobra wiadomość np. dla Basenu Morza Śródziemnego.

Nadmiar wody będzie coraz większym problemem w ocieplającym się klimacie. Chodzi nie tylko o wzrost poziomu morza. Ważny jest też wzrost zagrożenia powodziowego w głębi lądu. Opady intensywne rosną, co jest zrozumiałe, ponieważ w cieplejszej atmosferze mieści się więcej pary wodnej, a więc rośnie potencjał ulewnych deszczy w każdym regionie świata. W przyszłości opady, które teraz uważane są za bardzo intensywne, czy nawet ekstremalne, będą zdarzały się znacznie częściej. Również powodzie (a szczególnie błyskawiczne powodzie miejskie) mogą zdarzać się w Polsce coraz częściej, ponieważ natężenie intensywnych opadów przewyższy szybkość wsiąkania wody, tym bardziej, że szybko rośnie powierzchnia nieprzepuszczalna szos, ulic, parkingów, chodników i dachów domów. Kanalizacja deszczowa zaprojektowana dla niższych opadów, obserwowanych kiedyś, nie wystarczy do odprowadzenia mas wodnych z przyszłych ulew. Coraz większa część wody opadowej będzie więc spływała po powierzchni. Nie bardzo mamy

gdzie zmagazynować wodę z ulewnych opadów. Zbiorników wodnych jest w Polsce – kraju w przeważającej części nizinnym – niewiele i mają niewielką pojemność. Są one w stanie pomieścić tylko 6-6,5% kubatury rocznego opływu rzecznego.

Samaniego i in. (2018) przewidują, że antropogeniczne ocieplenie zwiększy w przyszłości powierzchnię obszaru objętego suszą glebową w Europie, a przy trzystopniowym ociepleniu prawdopodobieństwo tak wielkiej suszy, jak w 2003 roku wzrośnie dwukrotnie. Taka susza wyrażnie spowszednieje.

Polskim narodowym sportem są skoki narciarskie. Jednak w ocieplającym się klimacie możliwości organizacji skoków narciarskich są zagrożone nawet w Alpach, a zwłaszcza w nisko położonych obszarach podalpejskich, gdzie opad zimowy staje się coraz częściej deszczem, a nie śniegiem. Śnieg trzeba więc będzie przywieźć albo go wyprodukować za pomocą armatek.

Niekorzystne konsekwencje zmiany klimatu rosną wraz z poziomem ocieplenia. Ciekawe jest porównanie skutków półtorastopniowego i dwustopniowego ocieplenia, czyli ocena różnicy między skutkami osiągnięcia dwóch celów polityki klimatycznej, sformułowanych w tzw. Porozumieniu Paryskim (zob. rozdział 4). Okazuje się, że to pół stopnia globalnego ocieplenia jest bardzo ważne i naprawdę robi wielką różnicę, jeśli idzie o konsekwencje. Byłem współautorem kilku ważnych prac dotyczących skutków zmian klimatu w Chinach, wraz z chińskimi naukowcami. Różnicę skutków ocieplenia o 1,5 i o 2 stopnie można mierzyć jako dziesiątki tysięcy dodatkowych zgonów rocznie, spowodowanych falami upału w dużych miastach chińskich (Wang i in., 2019). Można ją także mierzyć podwojeniem strat suszowych w Chinach (Su i in., 2018) i wzrostem średnich rocznych strat powodziowych w Państwie Środka o 60 mld dol. USA (Jiang i in., 2020). Na przykładzie Chin bardzo dobrze widać niekorzystne efekty zmian klimatu. Dlatego Chiny starają się przeciwdziałać ociepleniu, stawiając za cel neutralność klimatyczną do roku 2060. Jednak na razie Chiny są największym emitentem CO<sub>2</sub> na świecie w kategoriach absolutnych, choć w przeliczeniu na głowę ludności emitują mniej gazów cieplarnianych niż wiele krajów (w tym Polska).

Jest takie mądre powiedzenie filozofa taoizmu: „Jeśli nie zmienisz kierunku, dotrzesz tam, dokąd zmierzasz”. A dokąd zmierza ludzkość? No właśnie, zmierzamy do jeszcze cieplejszego klimatu, w którym wzrośnie topnienie lądolodów Grenlandii i Antarktydy oraz lodowców górskich. Przez to dramatycznie podniesie się poziom morza i jest to, długofalowo, największe zagrożenie spośród skutków obecnej zmiany



klimatu. Gdyby przyjąć, że utrzyma się obecne tempo wzrostu poziomu morza, to w ciągu 10 lat poziom morza wzrósłby już o 5 cm, a w ciągu 100 lat – o 50 cm. Jest jednak niemal pewne, że w ciągu 100 lat wzrost przekroczy 50 cm, bo szybkość wzrostu poziomu mórz rośnie wraz z ociepleniem. W Bangladeszu, nisko położonym i gęsto zaludnionym kraju (o powierzchni ponaddwukrotnie mniejszej od Polski, a liczbie ludności ponadczterokrotnie większej), już metrowy wzrost poziomu morza będzie powodował silne perturbacje, bo woda zaleje ogromne połacie kraju. W razie pięciometrowego wzrostu poziomu morza Dhaka, stolica Bangladeszu, położona obecnie w głębi lądu, daleko od brzegu Oceanu Indyjskiego, stanie się portem oceanicznym. A konsekwencje w Polsce? Nie ulega wątpliwości, że wraz z ociepleniem problemy związane ze wzrostem poziomu morza będą nasilać się na polskim Wybrzeżu. Obawiamy się wzrostu amplitudy i częstości wezbrań sztormowych. Długofalowe perspektywy dla Żuław, Helu i Mierzei Wiślanej, ale też pięknych piaszczystych plaż na całym polskim Wybrzeżu Bałtyku, są dramatyczne. Wzrost poziomu morza o 4 metry sprawiłby, że Hel stanie się wyspą. No i trzeba byłoby bardzo bronić Żuław, bo inaczej je stracimy. Wzrost poziomu morza o 4 metry wcale nie jest abstrakcją. Gdyby stopił się cały lądolód Grenlandii, to poziom mórz podniósłby się o ponad 6 metrów. Natomiast w przypadku wzrostu poziomu morza o 60 metrów (np. gdyby stopiły się lądolody Grenlandii i Antarktydy), pod wodą znalazłaby się ogromna część północnej i zachodniej Europy, w tym znaczna część Polski (Popkiewicz i in., 2018). Przyszłe pokolenia miałyby więc do czynienia z istnym potopem. Na szczęście to się może zdarzyć dopiero w bardzo odległej przyszłości – w perspektywie tysięcy lat.

Projekcje konsekwencji zmian klimatu, zwłaszcza w bardziej odległych horyzontach czasowych, są – mimo poprawy naszej wiedzy – ciągle obciążone znaczną niepewnością (Kundzewicz i in., 2018). Niepewność dotyczy przyszłej demografii, rozwoju społeczno-ekonomicznego i technologii, a więc czynników, od których zależą przyszłe emisje gazów cieplarnianych. Niepewność związana jest też z modelami klimatu, modelami konsekwencji, redukcją obciążenia estymatorów, koniecznością „skalowania w dół” (*downscaling*), a także z niedostatkami obserwacji, zwłaszcza w kontekście braku pokrycia pełnego pola przestrzenno-czasowego.

## 4. CO MOŻEMY ZROBIĆ

Skoro działalność człowieka jest odpowiedzialna za przeważającą część obecnego ocieplenia, to poprzez właściwe ludzkie działania, podjęte dostatecznie wcześniej, można ograniczyć ocieplenie w przyszłości. Wielu niekorzystnych konsekwencji można by uniknąć, osłabić je, czy też opóźnić poprzez wdrożenie skutecznej polityki zapobiegania zmianom klimatu. Aby ograniczyć ocieplenie, trzeba wpłynąć na skład atmosfery, na dach „naszej ziemskiej cieplarni”, w taki sposób, żeby efekt cieplarniany nie nasilał się, a więc dokonać redukcji emisji dwutlenku węgla i zapewnić wzrost wiązania dwutlenku węgla przez roślinność (np. przez zapobieganie wylesianiu i rozszerzenie zalesiania). Jeśli jednak globalne emisje gazów cieplarnianych będą dalej rosły, skutki ocieplenia mogą przybrać niebezpieczny rozmiar.

Zmiany klimatu i ich konsekwencje wymagają podjęcia działań w każdej skali, od lokalnej do globalnej, i to dwojakiego rodzaju. Zasadniczym zadaniem globalnym jest niedopuszczenie do sytuacji, by zmiana klimatu, której głównym powodem jest wzrost atmosferycznego stężenia gazów cieplarnianych, osiągnęła niebezpieczny poziom. Potrzebna jest znaczna globalna redukcja antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych (poprzez konsekwentne odchodzenie od użycia paliw kopalnych na rzecz odnawialnych źródeł energii) i wzrost sekwestracji dwutlenku węgla, czyli wiązania go przez roślinność. Wszystkie kraje powinny redukować emisje gazów cieplarnianych, bo atmosfera nie zna granic między państwami, a liczy się globalny efekt. Musimy starać się utrzymać wzmocnienie efektu cieplarnianego w bezpiecznych granicach. Unia Europejska jest liderem globalnej polityki klimatycznej, podejmującym zdecydowane wysiłki w kierunku odwęglenia energetyki i uzyskania zerowego salda emisji dwutlenku węgla już w połowie XXI wieku. Ponieważ jednak zmiana klimatu już zachodzi – i będzie zachodziła w przyszłości – potrzebna jest adaptacja do jej nieuniknionych skutków, którą należy podejmować regionalnie i lokalnie.

Bardzo ważna jest też komunikacja dotycząca mitygacji zmian klimatu. Nie wystarczy wzbudzenie „atmostrachu” (*atmosfear*). Potrzebne są pozytywne bodźce – współkorzyści (*win-win* albo *multiple-win*). Akcja klimatyczna powinna prowadzić do zmian zachowania miliardów ludzi (Kundzewicz i in. 2020a).

#### 4.1. PRZECIWDZIAŁANIE ZMIANOM KLIMATU

Dlaczego ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i zmian klimatu jest takie ważne? Zmiana klimatu jest jednym z najpoważniejszych wyzwań, przed jakimi stoi ludzkość w bieżącym stuleciu. Globalne ocieplenie nie ulega wątpliwości, a zasadniczą jego przyczyną jest wywołany przez człowieka wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze. Istnieje uzasadnione naukowo powiedzenie, że jesteśmy pierwszym pokoleniem, które zdało sobie sprawę z powagi ryzyka klimatycznego, i ostatnim pokoleniem, które jest w stanie zmienić niekorzystny bieg wydarzeń.

Bardzo poważne czasopismo naukowe „Nature”, które nie może sobie pozwolić na jakieś sensacyjne tytuły, „postraszyło” na okładce 30 kwietnia 2009. Jeżeli kumulowana emisja dwutlenku węgla przekroczy  $10^{12}$  ton, to temperatura globalna najprawdopodobniej wzrośnie o więcej niż 2 stopnie ponad poziom z epoki przedprzemysłowej.

W grudniu 2015 r. przyjęto Porozumienie Paryskie na Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych ds. Zmian Klimatu ONZ. Przywódcy znakomitej większości państw świata uzgodnili, że potrzebne jest powstrzymanie wzrostu globalnych temperatur na poziomie znacznie poniżej 2 stopni Celsjusza ponad stan z epoki przedprzemysłowej i kontynuowanie wysiłków (choć to jest niezwykle trudne) na rzecz jeszcze większego ograniczenia ocieplenia – do 1,5 stopnia. W myśl Konwencji ograniczenie ocieplenia ma zapobiec niebezpiecznej antropogenicznej ingerencji w system klimatyczny.

Niestety, mimo powszechnej zgody co do potrzeby ograniczenia ocieplenia, za deklaracjami nie idą skuteczne działania na poziomie poszczególnych państw. W efekcie atmosferyczne stężenia dwutlenku węgla, metanu i podtlenku azotu ciągle rosną. Nie zmieniła sytuacji redukcja emisji CO<sub>2</sub> w pierwszej połowie roku 2020, wywołana pandemią (Koutsoyiannis i Kundzewicz, 2020b).

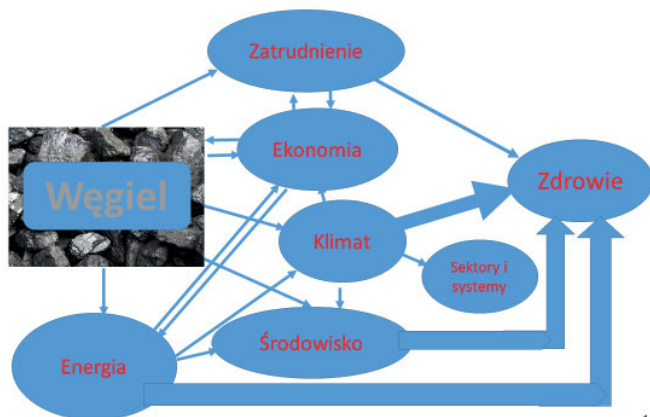
Wiosną 2017 r., po zmianie administracji amerykańskiej, przyszedł sygnał ze Stanów Zjednoczonych, że prezydent Donald Trump wyprowadza kraj z Porozumienia Paryskiego, twierdząc, że jest ono zagrożeniem dla amerykańskiej gospodarki. Jednak następca Trumpa, nowy prezydent USA Joe Biden podjął decyzję o powrocie Stanów Zjednoczonych na drogę Porozumienia Paryskiego już w pierwszym dniu urzędowania w Białym Domu, 20 stycznia 2021 r.

Papież Franciszek w rozdziale 26. swojej encykliki *Laudato si*, poświęconym potrzebie łagodzenia zmiany klimatu, wyraźnie stwierdził, że należy dekarbonizować energetykę. Papież uważa, że „pilne i konieczne stało się prowadzenie takiej polityki, aby [...] emisja

dwutlenku węgla [...] została drastycznie zmniejszona, zastępując na przykład paliwa kopalne i rozwijając odnawialne źródła energii.” W polskim społeczeństwie nauki Kościoła i papieża są zwykle postrzegane z wielką uwagą i szacunkiem, ale po opublikowaniu tej encykliki pojawiły się w Polsce krytyczne komentarze, np. stwierdzenie, że dogmat o nieomyślności papieża dotyczy spraw wiary, ale niekoniecznie kwestii globalnego ocieplenia. Warto jednak wiedzieć, że przygotowując encyklikę, Ojciec Święty słuchał głosu nauki, a w szczególności uczonych z Papieskiej Akademii Nauk.

Polska węglem stoi, więc historycznie byliśmy skazani na to paliwo, ale warto dostrzec istnienie wielu ważnych sprzężeń między węglem, energetyką, zatrudnieniem, ekonomią, klimatem, środowiskiem i zdrowiem. Spojrzenie na węgiel wymaga więc szerszej perspektywy (rys. 4). Trzeba uwzględnić czynniki, które często są pomijane w analizach. W analizie kosztów i korzyści liczy się (internalizuje) korzyści, rozważając zatrudnienie, ekonomię, bilans energii, a ignoruje (eksternalizuje) straty, zaniedbując lub nie doceniając kwestii dotyczących środowiska, klimatu i zdrowia. Gdyby policzyć koszty zewnętrzne, to energetyka węglowa może okazać się najdroższą opcją. Istniejące elektrownie węglowe w Polsce są już zamortyzowane, ale nowe elektrownie węglowe byłyby bardzo drogie. Zdecydowano, że blok węglowy Ostrołęka C ostatecznie nie powstanie, mimo że już wydano (czytaj: zmarnowano) miliard złotych na tę inwestycję. Obecnie znaczna część polskiego węgla nie wytrzymuje konkurencji – surowiec zza granicy jest lepszy i tańszy (mimo wyższych kosztów transportu), bo łatwiejszy do wydobycia.

Węgiel wpływa na zdrowie ludzkie na wiele sposobów. Po pierwsze, triada węgiel – energia – zdrowie miała historycznie pozytywne znaczenie. Spalając węgiel, Polacy ogrzewali się w zimie, a więc nie zamarzali podczas wielkich mrozów, jak dziewczynka z zapalkami z baśni Andersena. Ale zdrowie zależy również od jakości środowiska, na które węgiel wpływa negatywnie. Poważnym problemem i bolączką licznych polskich miast jest zanieczyszczenie powietrza. Europejska Agencja Środowiska ocenia, że zła jakość powietrza w Polsce jest przyczyną ponad 40 tys. dodatkowych, przedwczesnych, zgonów rocznie. Tak, jakby co roku wymierało spore miasteczko. Zanieczyszczenie powietrza wywołane jest przede wszystkim spalaniem węgla i spalaniem byle czego w byle jakich paleniskach – kopcuchach. Włodarze wielu miast robią dużo, by pokonać smog, poprzez stymulowanie przebudowy uciążliwych źródeł ciepła (np. w ramach programu Kawka), ale to ciągle nie wystarcza.



Rys. 4. Struktura systemów związanych z węglem

Lokalne zanieczyszczenie powietrza pogorszyło zagrożenie covidem i rokowania w tej chorobie. Oczywiście, intensyfikacja efektu cieplarnianego wywołana spalaniem węgla i innych paliw kopalnych wpływa także na zdrowie poprzez wzrost częstotliwości fal upałów, które zbierają śmiertelne żniwo zwłaszcza wśród starszych i chorych. Wreszcie węgiel ma wpływ na zdrowie zatrudnionych przy jego wydobywaniu. Warunki pracy w kopalniach szkodzą zdrowiu górników, a wypadki w kopalniach nie są rzadkie.

Choć społeczeństwo polskie jest od dawna dramatycznie podzielone w wielu kwestiach, istnieje jeden obszar, co do którego wszystkie kolejne rządy wydawały się zachowywać pewną ciągłość retoryki wszystkich kolejnych władców Polski po wojnie. Chodzi o stosunek do węgla i energetyki węglowej. Edward Gierek, wszechwładny pierwszy sekretarz Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej w latach 1970–1980, był kiedyś górnikiem i mocno wspierał sektor węglowy. Węgiel – nazywany wówczas często czarnym złotem – był produkowany w PRL w bardzo dużych ilościach (maksymalne roczne wydobywanie osiągnęło 201 mln ton w roku 1979, a więc niemal cztery razy więcej niż obecnie) i w znacznej części był eksportowany na Zachód. Stanowił główny produkt eksportowy PRL i najważniejsze źródło dewiz (wyjaśniam młodszemu czytelnikom – walut wymienialnych na dolary), pilnie potrzebnych polskiej gospodarce. Lobby węglowe stało się w Polsce bardzo wpływowe już od lat 50. XX w. i pozostaje wpływowe do tej pory, choć wydobywanie węgla kamiennego w kraju zmniejsza się sukcesywnie już od ponad 40 lat.

Węgiel jest ciągle podstawą polskiej energetyki. Udział węgla kamiennego w globalnym zużyciu energii w Polsce w roku 2018 wyniósł 40,0%, węgla brunatnego 10,5%, ropy naftowej 25,6%, gazu ziemnego 15,0%, a nośników energii odnawialnej 8,2% (GUS 2019, s. 16).

Samochody elektryczne, nieemitujące spalin, są dobrym rozwiązaniem z punktu widzenia jakości powietrza. Jednak z punktu widzenia ochrony klimatu nie jest to w Polsce dobre rozwiązanie, bowiem energia elektryczna wytwarzana jest głównie ze spalania węgla, więc ślad węglowy samochodów elektrycznych jest znaczny podczas eksploatacji – ładowania akumulatorów energią elektryczną produkowaną w elektrowniach węglowych. Jest on również większy od śladu węglowego samochodu spalinowego na etapie wytwarzania samochodu elektrycznego.

## 4.2. ADAPTACJA DO ZMIANY KLIMATU

O ile efekt przeciwdziałania zmianom klimatu wynika z działań globalnych (ważna jest bowiem globalna redukcja emisji), o tyle adaptacja do zmian podejmowana jest lokalnie dla łagodzenia niekorzystnych skutków zmiany klimatu występujących w miejscu podejmowania działań adaptacyjnych.

Wzrost poziomu morza jest najpoważniejszym wyzwaniem adaptacyjnym w dłuższej perspektywie czasowej. Holendrzy, jako mieszkańcy nisko położonego kraju, przywiązują wielką wagę do adaptacji do zmian klimatu. Skoro będzie rósł poziom morza, potrzebne będą potężne, bardzo wysokie obwałowania, chroniące Holandię przed zalaniem wodami Morza Północnego.

Powstał też pomysł północnoeuropejskiej zapory oddzielającej wielki obszar od Atlantyku, której szacunkowy koszt ocenia się na ponad 500 mld euro. To byłaby gigantyczna inwestycja inżynierska o wielkości, jakiej nie zna historia świata. Najtrudniejszym problemem jest odcinek zapory między wyspami blisko północnej Szkocji a Norwegią. Odcinek liczyłby 331 km długości, ale trzeba by pokonać Rów Norweski, który jest bardzo głęboki – do 321 m. Inną opcją byłoby zamknięcie Bałtyku za pomocą zapory między Danią a Szwecją.

Ważna jest adaptacja do ekstremów pogodowych – fal upałów, intensywnych opadów i powodzi oraz susz, które stają się bardziej ekstremalne wraz ze zmianą klimatu. Adaptacja do fal upałów poprzez klimatyzację stoi w sprzeczności z celami ograniczenia ocieplenia, jeśli energia elektryczna pochodzi ze spalania węgla, ropy czy gazu. Aby ochłodzić pomieszczenie, musimy bowiem zużyć sporo energii, do której

produkcji trzeba było spalić węgiel, wprowadzając do atmosfery znaczne ilości dwutlenku węgla i „nakręcając” ocieplenie.

W dziedzinie zasobów wodnych potrzebny jest wzrost retencji wodnej w każdej skali, a więc chwywanie wody blisko miejsca, gdzie spadnie, wtedy, kiedy jest jej dużo (a nadmiar może spowodować straty) i zrzut zmagazynowanej wody wtedy, gdy jej brakuje. Bardzo ważne jest też gospodarowanie wodami opadowymi w kontekście ograniczenia ryzyka miejskich powodzi błyskawicznych, wywołanych opadami o intensywności, która rośnie wraz z ociepleniem. Istniejące systemy kanalizacji deszczowej nie są w stanie odprowadzić ogromnych mas wodnych z potężnych ulew.

### 4.3. POLITYKA ENERGETYCZNO-KLIMATYCZNA

Za sumę emisji CO<sub>2</sub> w historii najbardziej odpowiedzialne są Stany Zjednoczone, ale obecnie najczęściej emitują Chiny. Polska odpowiada historycznie za sporą część zagregowanych emisji. To jest niewygodna prawda. Choć, w porównaniu z ostatnią fazą PRL, Polska znacznie zredukowała emisję dwutlenku węgla, ale ciągle emisje są wysokie (np. na głowę ludności czy na jednostkę produkcji).

Cel przewidziany w Protokole z Kioto w horyzoncie czasowym 2008-2012 określał dla Polski redukcję emisji dwutlenku węgla o 6% w stosunku do roku bazowego 1988. Kraje transformujące gospodarkę, takie jak Polska, miały prawo wybrać rok bazowy, więc Polska wybrała rok 1988 z wyższymi emisjami, zamiast domyślnego roku 1990, przyjętego przez większość państw – stron Konwencji Klimatycznej. To był pragmatyczny wybór, bo po upadku PRL nastąpił w Polsce gwałtowny spadek produkcji przemysłowej, a przestarzałe, nieefektywne, energochłonne zakłady zanieczyszczające środowisko zostały zamknięte (co wzmogło bezrobocie). Emisje gazów cieplarnianych w Polsce w latach 2008–2012 były niższe od emisji z roku bazowego (1988) o 29,7%, a więc cel redukcyjny z Kioto został łatwo spełniony z dużym zapasem.

Kolejne polskie rządy chwaliły się więc sukcesem. Osiągnięto bowiem jednocześnie znaczący wzrost PKB oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych. Jednak wyolbrzymiano potencjalne zagrożenia, wynikające ze zmiany „taniej” produkcji energii elektrycznej opartej na węglu, w kierunku „drogiej” gospodarki niskoemisyjnej, sugerując, że taka zmiana mogłaby doprowadzić do ogromnego spadku PKB. Jednocześnie ignorowano alternatywne opinie, które pokazują, że innowacje niskoemisyjne mogłyby dać impuls polskiej gospodarce.

Media często bezkrytycznie odtwarzały deklaracje i oświadczenia polityków stawiających na węgiel, a to kształtowało niechętnie nastawienie części opinii publicznej do polityki energetyczno-klimatycznej (Ceglarz i in., 2017).

W końcu roku 2019 zlikwidowane zostało Ministerstwo Energii, kierowane przez Krzysztofa Tchórzewskiego. Sprawy związane z węglem przeszły do nowego Ministerstwa Aktywów Państwowych, kierowanego przez Jacka Sasina. W *exposé* inauguracyjnym pracę nowego rządu w grudniu 2019 r. premier Mateusz Morawiecki nie wspomniał nawet o węglu, co było nową jakością w tego typu przemówieniu.

Od listopada 2019 r. w kwestii klimatu dużo się w Polsce działo. W polskim rządzie doszło do potężnych przetasowań strukturalnych, mimo że od roku 2015 rządziła ta sama formacja. Trudno nadążyć za licznymi zmianami nawet specjalistom, więc zapraszam zainteresowanych czytelników do tabeli 1, w której zebrałem kilka aktów prawnych z okresu od listopada 2019 do listopada 2020 r. Do obrazowego opisu przedstawionego w tabeli 1 rozwoju wydarzeń użyłbym powiedzenia, że od samego mieszania herbata nie stanie się słodka.

Zbulwersował mnie pierwszy akt prawny z tabeli 1, informujący o biurokratycznym tricku. Zmieniono nazwę „Ministerstwo Środowiska” na „Ministerstwo Klimatu”. Z jednej strony cieszył fakt, że nareszcie

**Tabela 1.**

Zmiany i przekształcenia struktury ministerstw zajmujących się klimatem

| Data           | Akt prawny  | Główne przesłanie   | Źródło<br>(Dziennik Ustaw<br>Rzeczypospolitej<br>Polskiej) |
|----------------|---|---|--|
| 21 XI<br>2019  | Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 listopada 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie utworzenia Ministerstwa Środowiska | W rozporządzeniu Rady Ministrów z 1999 r. w sprawie utworzenia Ministerstwa Środowiska zmienia się nazwę „Ministerstwo Środowiska” na nazwę „Ministerstwo Klimatu”. | Poz. 2289<br>z 2019 r.                                     |
| 20 III<br>2020 | Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie utworzenia Ministerstwa Środowiska                                | Tworzy się Ministerstwo Środowiska.   | Poz. 497<br>z 2020 r.                                      |



| Data          | Akt prawny   | Główne przesłanie   | Źródło<br>(Dziennik Ustaw<br>Rzeczypospolitej<br>Polskiej) |
|---------------|--|---|--|
| 07 X<br>2020  | Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 października 2020 r. w sprawie utworzenia Ministerstwa Klimatu i Środowiska                                     | Tworzy się Ministerstwo Klimatu i Środowiska w drodze przekształcenia dotychczasowego Ministerstwa Klimatu, które polega na włączeniu do dotychczasowego Ministerstwa Klimatu, obsługującego sprawy działów energia i klimat:<br>(i) komórek organizacyjnych obsługujących sprawy działu gospodarka wodna oraz pracowników obsługujących sprawy tego działu z dotychczasowego Ministerstwa Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej oraz<br>(ii) komórek organizacyjnych obsługujących sprawy działu środowisko oraz pracowników obsługujących sprawy tego działu z dotychczasowego Ministerstwa Środowiska. | Poz. 1734 z 2020 r.  |
| 13 XI<br>2020 | Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2020 r. w sprawie przekształcenia Ministerstwa Klimatu i Środowiska                                  | Przekształca się Ministerstwo Klimatu i Środowiska, wyłączając z dotychczasowego Ministerstwa Klimatu i Środowiska, obsługującego sprawy działów energia, gospodarka wodna, klimat i środowisko, komórki organizacyjne obsługujące sprawy działu gospodarka wodna oraz pracowników obsługujących sprawy tego działu.  | Poz. 2005 z 2020 r.  |
| 13 XI<br>2020 | Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 listopada 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Infrastruktury | W rozporządzeniu Prezesa Rady Ministrów w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Infrastruktury dodaje się określenie „gospodarka wodna” i odniesienie do części 39, 69, 21 i 22 budżetu państwa.   | Poz. 2006 z 2020 r.  |

nominalnie doceniono w Polsce znaczenie zmiany klimatu, która traktowana była w naszym kraju znacznie mniej poważnie niż w wielu innych krajach Unii Europejskiej. Pod koniec roku 2019 status unijnej polityki klimatycznej jeszcze wzrósł wraz z ogłoszeniem Nowego Zielonego Ładu przez przewodniczącą UE Ursulę von der Leyen. Ale – z drugiej strony – środowisko jest ogromnym i niezwykle ważnym obszarem obejmującym biosferę, hydrosferę, atmosferę i pedosferę, a więc klimat jest tylko częścią środowiska.

Stworzenie Ministerstwa Klimatu (które przetrwało prawie 11 miesięcy) miało pokazać Unii Europejskiej, że polski rząd przykłada do spraw klimatycznych większą wagę. W wielu innych krajach znajdujemy jednak więcej konkretnych działań służących w sposób bezpośredni ochronie klimatu. Na przykład w Danii, 6 grudnia 2019 r., parlament przyjął nowe prawo klimatyczne, zobowiązując kraj do niezwykle ambitnej redukcji emisji do roku 2030 aż o 70% w porównaniu z rokiem 1990.

Ursula von der Leyen zadeklarowała, że Unia powinna stać się klimatycznie neutralna do roku 2050, tzn. że cała emisja dwutlenku węgla powinna być wtedy wiązana (np. przez roślinność). Jako cel etapowy do roku 2030 Unia chce znacząco zaostrzyć cel redukcji emisji dwutlenku węgla. Poprzedni plan (redukcja o 40 proc. w porównaniu z rokiem 1990) został uznany za niewystarczający. Zaproponowano silniejszą redukcję, o 55 procent, ale Polska stanowczo sprzeciwiła się w grudniu 2019 r. przyjęciu takiego zobowiązania, stając się głównym hamulcowym w unijnej polityce klimatycznej. W efekcie przyjęty w grudniu 2019 r. dokument stanowi, że jeden kraj UE (Polska nie została wymieniona z nazwy) będzie redukować emisje w swoim tempie. Jednak rok później, podczas unijnego szczytu w grudniu 2020 r. (w cieniu zagrożenia wieloletniego budżetu UE, w razie weta), Polska nie wniosła już zastrzeżeń do ambitnego celu klimatycznego na rok 2030, zobowiązującego do redukcji o 55 proc.

Polski rząd często interweniował, aby pomóc spółkom węglowym dotkniętym niekorzystnymi warunkami na rynku międzynarodowym i zmiennością cen. W kampaniach przed wyborami prezydenckimi i parlamentarnymi w 2015 r. zwycięska partia wielokrotnie obiecywała wsparcie dla polskiego przemysłu węglowego.

Niemniej, aby pokazać, że Polska nie jest „czarną owcą” społeczności międzynarodowej, nasze państwo trzykrotnie zorganizowało konferencje Stron (COP) Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC): COP 14 w 2008 r. w Poznaniu, COP 19 w 2013 r. w Warszawie i COP 24 w 2018 r. w Katowicach. W wystąpieniu otwierającym COP 19 ówczesny premier Donald Tusk podkreślił rolę

węgla dla wzrostu gospodarczego Polski, a w ogóle nie wspomniał o rozwoju odnawialnych źródeł energii. Zamiast tego, równoległe z COP 19, polskie Ministerstwo Gospodarki zorganizowało „szczyt węglowy”. Za to „osiągnięcie” Polska otrzymała nagrodę „Fossil of the Day” (skamielina dnia). Uczestnicy COP 19 osłupieli, gdy Marcin Korolec, który otworzył COP 19 jako minister środowiska i objął obowiązki przewodniczącego konferencji, został odwołany ze stanowiska ministerialnego w czasie trwania konferencji przez Donalda Tuska. Zostało to zinterpretowane jako wyraźny sygnał, że COP 19 nie był traktowany poważnie przez polski rząd.

Grudzień 2018 r. był w Polsce miesiącem dyskusji o energii. Ponad 30 tys. uczestników szczytu klimatycznego (COP 24), zorganizowanego w Katowicach, który przyjechali z całego świata, poznało polskie przywiązanie do węgla (i - w efekcie - do złej jakości powietrza). W przemówieniu otwierającym szczyt klimatyczny prezydent Andrzej Duda powiedział: „Węgiel jest naszym strategicznym surowcem. Jak podają eksperci, mamy jeszcze zapasy węgla na 200 lat i trudno, żebyśmy z naszego surowca całkowicie zrezygnowali”<sup>1</sup>, budząc konsternację uczestników szczytu, którego celem były przecież uzgodnienia dotyczące redukcji spalania węgla. Jednak, w istocie, węgla, który opłaca się eksploatować, mamy w Polsce znacznie mniej. Oczywiście, przez jakiś czas musimy używać węgla, bo mamy (już zamortyzowane) elektrownie węglowe. Jednak, moim zdaniem, polska racja stanu wymaga stopniowego wygaszania energetyki węglowej, tak żebyśmy z naszego surowca całkowicie zrezygnowali w możliwie niezbyt odległej przyszłości.

Polscy politycy ciągle popierają system energetyczny oparty na węglu, mimo że produkcja w wielu głębokich polskich kopalniach węgla jest wysoce nieopłacalna, a węgiel z importu jest tańszy i lepszy. Wydobycie węgla kamiennego w Polsce zmniejszyło się z 53,494 mln ton w roku 2017 do 51,81 mln ton w roku 2018, ale import wzrósł z 9,236 mln ton w 2017 do 15,725 mln ton w 2018 r. A zatem dla ratowania polskiego górnictwa potrzebne byłyby wysokie subwencje, może odpowiednik „500 plus” dla tony polskiego węgla i wprowadzenie wysokich cef zaporowych, eliminujących import węgla z zagranicy. Mam jednak poważne wątpliwości, czy Unia Europejska zaakceptowałaby takie rozwiązanie.

Skoro w Polsce energetyka węglem stoi, więc jeśli drożeje węgiel i rosną opłaty za emisje CO<sub>2</sub>, to wzrost cen energii (który przekłada się na

---

<sup>1</sup> <https://wyborcza.pl/7,155287,24241706,co-prezydent-andrzej-duda-wie-o-weglu-sprawdzamy.html>

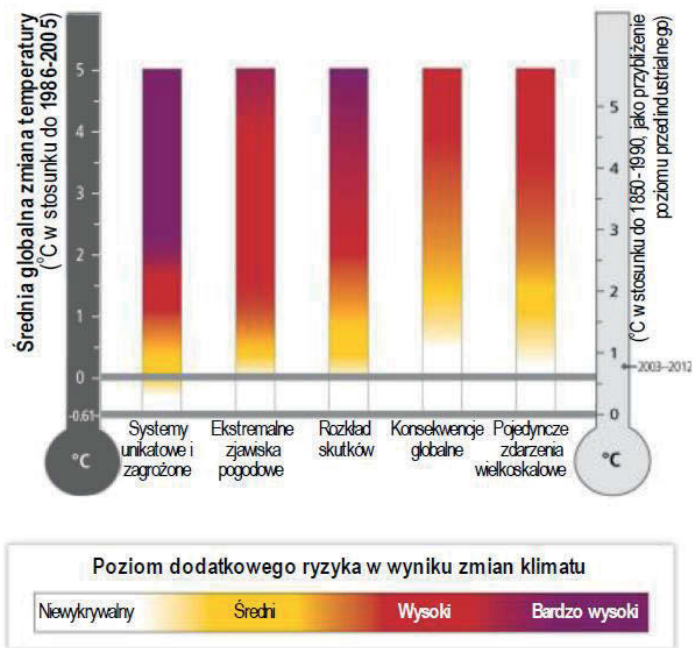
wzrost cen towarów i usług) jest nieunikniony. Znaczne podwyżki cen (i działania łagodzące) były więc, choć niezbyt klarownie, zapowiadane przez rząd w końcu roku 2018, ale decydenci wyraźnie przestraszyli się ryzyka wybuchu gniewu społecznego. W piątek, 28 grudnia 2018 r., Sejm przyjął więc w ekspresowy sposób ustawę o cenach energii. Pospiesznie przyjęta ustawa zaczęła działać od 1 stycznia 2019 (a więc bez *vacatio legis*). Postanowiono obniżyć akcyzę z 20 zł/MWh do 5 zł/MWh i opłatę przejściową (rok wcześniej podniesioną o połowę) o 95%. Łatanie dziur w krótkim horyzoncie nie rozwiązuje jednak problemu, a tylko przesuwają go w czasie i jest szkodliwe w dłuższym horyzoncie. Rachunek zapłacimy wszyscy później. Jednak niektórzy zapłacili szybko, bo dostawcy energii podnieśli ceny.

Bardzo potrzebne jest rozwiązanie systemowe – zmiana miksu energetycznego i przyjęcie szybkiej ścieżki transformacji w polityce energetycznej Polski, zakładającej stopniowe odejście od węgla w kierunku odnawialnych źródeł energii i wycofanie się z „dobrozmianowej” regulacji uniemożliwiającej rozwój energetyki wiatrowej na lądzie. Według oszacowań przedstawionych w raporcie KOBIZE (2013) koszt redukcji jednostki emisji dwutlenku węgla za pomocą energetyki wiatrowej na lądzie jest znacznie niższy niż za pomocą energetyki wiatrowej na morzu.

## 5. UWAGI KOŃCOWE

Istnieje wiele powodów do niepokoju (Kundzewicz, 2017) związanych z globalną zmianą klimatu (rys. 5). Dotyczy to szczególnie systemów unikatowych i zagrożonych, ekstremalnych zjawisk pogodowych, rozkładu skutków, zagregowanych konsekwencji globalnych i pojedynczych zjawisk wielkoskalowych (rys. 4). Natężenie potencjalnych problemów rośnie wraz z poziomem ocieplenia, a więc dążenie do ograniczenia ocieplenia (raczej do 1,5°C niż do 2°C) jest uzasadnione. Niepokojące skutki ocieplenia w systemach unikatowych i zagrożonych widać już dziś. Słabnie kondycja raf koralowych, a niedźwiedzie polarne mają mniej kry lodowej, na której zwykły odpoczywać, polując na foki. Ekstrema pogodowe stają się coraz bardziej ekstremalne, co widać szczególnie wyraźnie na przykładzie fal upałów. Rozkład skutków zmian klimatu jest nierównomierny. Mniej zamożne kraje, społeczności i osoby będą cierpieć bardziej dotkliwie niż zamożniejsze. Ocena konsekwencji globalnych sumuje się do wielkich rozmiarów, i to

zarówno pod względem zagregowanych strat materialnych, jak i utraty różnorodności biologicznej i związanej z nią utraty części świadczeń ekosystemów. Wreszcie, pojedyncze zjawiska wielkoskalowe, jak na przykład roztopienie lodolodu Grenlandii, spowodowałyby ogromny wzrost poziomu oceanu światowego, zagrażający wielu setkom milionów ludzi zamieszkujących tereny nadmorskie.



**Rys. 5.** Globalna perspektywa zagrożeń związanych z klimatem – ryzyko związane z poszczególnymi powodami do obaw, przy wzrastającym poziomie zmian. Kolorowe zacienienie oznacza dodatkowe ryzyko spowodowane zmianami klimatycznymi, gdy pewien poziom temperatury zostanie osiągnięty, a następnie utrzymany lub przekroczony. Niewielkie, niewykrywalne ryzyko (kolor biały) wskazują, że nie można wykryć żadnych skutków związanych z klimatem. Umiarkowane ryzyko (kolor żółty) wskazuje, że powiązane skutki są zarówno wykrywalne, jak i związane ze zmianami klimatycznymi na co najmniej średnim poziomie, uwzględniające również inne szczegółowe kryteria dotyczące kluczowych kategorii ryzyka. Wysokie ryzyko (kolor czerwony) wskazuje poważne i powszechnie występujące konsekwencje, przy uwzględnieniu również innych szczegółowych kryteriów dotyczących najważniejszych zagrożeń. Kolor fioletowy, przedstawiony w IPCC AR5, wskazuje, że bardzo wysokie ryzyko jest wykazane przez wszystkie poszczególne kryteria dotyczące najważniejszych zagrożeń. Źródło: (Kundzewicz, 2017, na podstawie IPCC, 2014).

Można postawić następującą tezę: Jeśli ludzkość nie zdoła znacząco ograniczyć emisji gazów cieplarnianych, wystąpi dramatycznie silne ocieplenie. Aby osiągnąć cele Porozumienia Paryskiego trzeba doprowadzić do zeroemisyjności do roku 2050 lub ok. 2070, odpowiednio (IPCC, 2018), dla osiągnięcia ograniczenia ocieplenia do 1,5°C lub 2°C. Jeśli tak się nie stanie, w skali stuleci – topniejące lądolody Grenlandii i Antarktydy mogą doprowadzić do znacznego wzrostu globalnego poziomu mórz i oceanów.

## BIBLIOGRAFIA

- Ceglarsz, A.; Benestad, R.; Kundzewicz, Z.W. (2018) Inconvenience vs. rationality. Reflections on different faces of climate contrarianism in Poland and Norway. *Weather Climate and Society* (American Meteorological Society) 10: 821-836, DOI: 10.1175/WCAS-D-17-0120.1
- GUS (Główny Urząd Statystyczny) (2019) Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2017 i 2018. s. 81, ISSN 1506-7947, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/gospodarka-paliwowo-energetyczna-w-latach-2017-i-2018,4,14.html>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018) Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], IPCC Geneva, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_SPM\\_version\\_report\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf).
- Jiang, Tong; Su, Buda; Huang, Jinlong; Zhai, Jianqing; Xia, Jun; Tao, Hui; Wang, Yanjun; Sun, Hemin; Luo, Yong; Zhang, Liping; Wang, Guojie; Zhan, Chesheng; Xiong, Ming; Kundzewicz, Z.W. (2020) Each 0.5°C of warming increases annual flood losses in China by more than US\$60 billion. *Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)* E1464-E1474, 141256.
- KOBIZE (Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami) (2013) A success story of effective decoupling – costs and benefits of the Polish transformation, raport nr 772 przygotowany na COP19. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa.

- Koutsoyiannis, D.; Kundzewicz, Z.W. (2020) Atmospheric temperature and CO<sub>2</sub>: Hen-or-egg causality? *Sci* 2,83, doi:10.3390/sci2040083.
- Kundzewicz, Z.W. (2001) Ciepło, coraz cieplej, *Wiedza i Życie*, nr 7/2001, 50–53.
- Kundzewicz Z.W. (2017) Konsekwencje zmian klimatu i adaptacja do nich. [W:] Kundzewicz, Z.W.; Hov, Ø.; Okruszko, T. (red.) *Zmiany klimatu i ich skutki w wybranych sektorach w Polsce*. Poznań, 31-46. ISBN: 978-83-8104-753-1.
- Kundzewicz, Z.W.; Krysanova, V.; Benestad, R.; Hov, Ø.; Piniewski, M.; Otto, I.M. (2018) Uncertainty in climate change impacts on water resources. *Environmental Science & Policy* 79, 1–8.
- Kundzewicz, Z.W.; Matczak, P.; Otto, I.M.; Otto, P.E. (2020a) From “atmosfear” to climate action. *Environmental Science & Policy* 105, 75–83.
- Kundzewicz, Z.W.; Painter, J.; Kundzewicz, W.J. (2019) Climate change in the media: Poland’s exceptionalism. *Environmental Communication* 13(3), 366–380, <https://doi.org/10.1080/17524032.2017.1394890>.
- Kundzewicz, Z.W.; Pińskwar, I.; Koutsoyiannis, D. (2020b) Variability of global mean annual temperature is significantly influenced by the rhythm of ocean–atmosphere oscillations. *Science of the Total Environment* 747, 141256.
- Milly, P.C.D.; Betancourt, J.; Falkenmark, M.; Hirsch, R.M.; Kundzewicz, Z.W.; Lettenmaier, D.P.; Stouffer, R.J. (2008) Stationarity is dead: whither water management? *Science*, 319, 573–574.
- Pińskwar, I.; Kundzewicz, Z.W.; Choryński, P. (2020) Severe drought in the spring of 2020 in Poland—More of the same? *Agronomy*, 10, 1646; doi:10.3390/agronomy10111646.
- Popkiewicz, M.; Malinowski, Sz.; Kardaś, A. (2018) *Nauka o klimacie*. Warszawa, Wydawnictwa: Post Factum, Wydawnictwo Sonia Draga, Wydawnictwo Nieoczywiste, ISBN978-83-8110-659-7 str. 544.
- Samaniego, L.; Thober, S.; Kumar, R.; Wanders, N.; Rakovec, O.; Pan, M.; Zink, M.; Sheffield, J.; Wood, E.F.; Marx, A. (2018) Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nature Climate Change* 8, 421–426, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5>
- Wang, Yanjun; Wang, Anqian; Zhai, Jianqing; Tao, Hui; Jiang, Tong; Su, Buda; Yang, Jun; Wang, Guojie; Liu, Qiyong; Gao, Chao; Kundzewicz, Z.W.; Zhan, Mingjin; Feng, Zhiqiang; Fischer, Th. (2019) Tens of thousands additional deaths annually in cities of China between 1.5 degrees C and 2.0 degrees C warming. *Nature Communications* 10, Article Number: 3376, DOI: 10.1038/s41467-019-11283--w.
- Su, Buda; Huang, Jinlong; Fischer, Th.; Wang, Yanjun; Kundzewicz, Z.W.; Zhai, Jianqing; Sun, Hemin; Wang, Anqian; Zeng, Xiaofan; Wang, Guojie; Tao, Hui; Gemmer, M.; Li, Xiucang; Jiang, Tong (2018) Drought losses in China might double between the 1.5°C and 2.0°C warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* PNAS 115(42), 10600-10605.