

LESZEK STARKEL, ZBIGNIEW W. KUNDZEWICZ *

Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju **

Wstęp

Współcześnie obserwowane zmiany klimatu związane z globalnym ociepleniem oddziałują na środowisko Polski, ukształtowane zarówno przez obieg energii i materii charakterystyczny dla umiarkowanych szerokości geograficznych, jak i przez cechy krajobrazu odziedziczone z przeszłości geologicznej. W niniejszej pracy omówiono, według modelowych projekcji, konsekwencje zmian klimatu, mające znaczenie dla zagospodarowania przestrzennego Polski.

CECHY ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO POLSKI

Strefa klimatu umiarkowanego – przewaga cyrkulacji zachodniej

Położenie Polski w strefie klimatu umiarkowanego z przewagą cyrkulacji zachodniej odzwierciedlają m.in. następujące cechy:

- zróżnicowanie średnich temperatur lata (w przekroju południe-północ) i zimy (w przekroju zachód-wschód) oraz ekstremów;
- zróżnicowanie wysokości opadów od 450 mm na Kujawach do 700 mm na pojezierzach i wyżynach (ekstrema 300-1000 mm) oraz ponad 1000 mm w górach; długość zalegania pokrywy śnieżnej od 40 (W) do 100 (NE) dni;
- położenie w strefie leśnej lasów liściastych (część zachodnia) i mieszanych (ku wschodowi);
- położenie w strefie upraw zbożowych i ziemniaków;
- reżim hydrologiczny obszaru Polski charakteryzują następujące wartości współczyn-

* Prof. dr hab. Leszek Starkel, członek rzeczywisty PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Zakład Geomorfologii i Hydrologii, Kraków; Prof. dr hab. Zbigniew W. Kundzewicz, Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań.

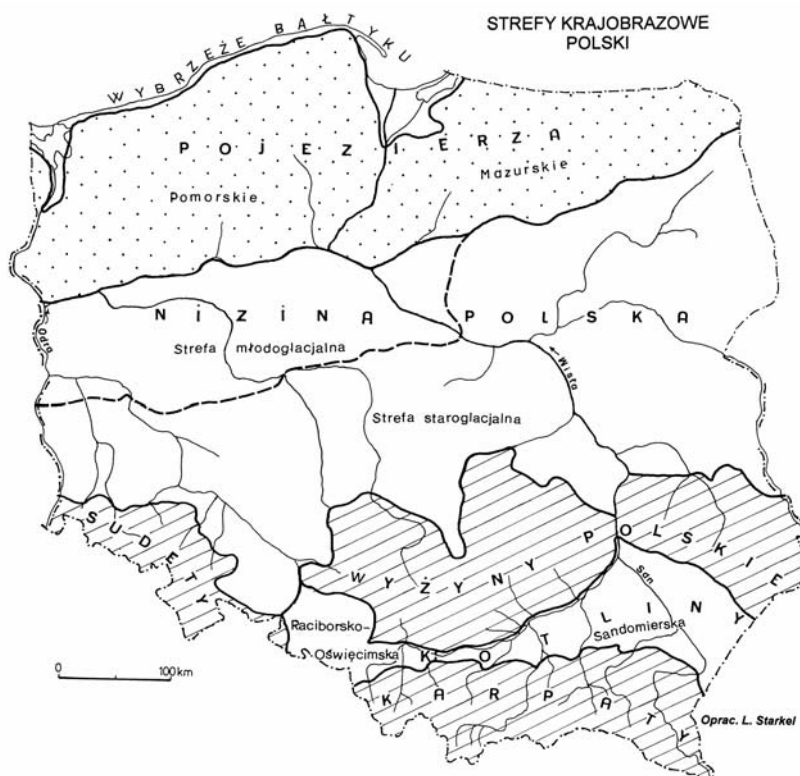
** Niniejsze opracowanie, będące rozwinięciem tez przedstawionych na sesji naukowej „Globalne zmiany klimatyczne” podczas 109. Sesji Zgromadzenia Ogólnego PAN w Warszawie, 13 grudnia 2007, wykorzystuje fragmenty wykonanej przez autorów ekspertyzy dla Ministerstwa Rozwoju Regionalnego „Konsekwencje zmian klimatycznych dla przemian w zagospodarowaniu przestrzennym kraju – rekomendacje dla KPZK”.

nika odpływu: dla nizin 15-25%, dla pojezierzy 30-40%, dla gór 40-60%, przy nieregularności przepływów od 1000-3000 w Karpatach do 5-50 na pojezierzach oraz wezbraniach letnich (część S) lub roztopowych (NE), a od 1995 roku wyczuwalny wzrost częstotliwości różnych ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych.

Strefy krajobrazowe

Pasowy układ stref krajobrazowych, związany z budową geologiczną i rzeźbą odziedziczoną z przeszłości, znajduje odbicie w pasowości gleb, stosunków wodnych, roślinności, a pośrednio w zasobach środowiska przyrodniczego (od gór na południu do Bałtyku na północy) i wpływa na stopień zagrożenia zdarzeniami ekstremalnymi. Są to strefy o następujących cechach (ryc. 1):

- Góry (Karpaty, Sudety) – duże wysokości względne i bezwzględne (efektem piętrowość stref klimatycznych i geosystemów), strome stoki w szkieletowych glebach, odprowadzanie nadwyżek wody i rumowiska, częste występowanie zdarzeń ekstremalnych (opady rozlewne, powodzie, osuwiska itd.);



Ryc. 1. Strefy krajobrazowe Polski (wg Starkel, 1980, 1991)

- Kotliny podgórskie – przeważają obszary płaskie o korzystnym klimacie i żyznych glebach, korzystne dla zabudowy, infrastruktury transportowej, zagrożenie powodziowe w dnach dolin;
- Wyżyny polskie cechuje mozaikowy układ obszarów o różnorodnej budowie geologicznej (surowce energetyczne, metaliczne, budowlane), rzeźbie i glebach (lessy, rędziny, piaski) oraz stosunkach wodnych (m.in. obszary krasowe);
- Obszar nizinny (Dolny Śląsk – południowa Wielkopolska – Mazowsze – Podlasie) cechuje przewaga równin i szerokich dolin, ubogich piaszczystych gleb (bory sosnowe), występują tu zarówno tereny deficytów wodnych obok podmokłych obniżen i dolin rzek tranzytowych; północna Wielkopolska ma charakter przejściowy;
- Strefę pojezierzy (Pomorskie, Mazurskie) charakteryzuje mozaikowość rzeźby, litologii podłoża, gleb i użytkowania ziemi oraz znaczna retencja wodna w zbiornikach jeziornych;
- Pas wybrzeża Bałtyku obejmuje zarówno odcinki wybrzeży klifowych (abrazja morska), jak i wybrzeży płaskich – często wydmy z mierzejami (akumulacyjne), oraz ujściowe odcinki dużych rzek, w tym Żuławy – obszar depresji w delcie Wisły;
- Elementem łączącym różne strefy krajobrazu są doliny rzek tranzytowych – w ich obrębie występują równiny zalewowe, systemy terasowe, krawędzie wysoczyzn.

GOSPODARKA PRZESTRZENNA – KIERUNKI WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN GOSPODARCZYCH

Współczesne oddziaływanie globalnych zmian klimatu odbywa się w warunkach zarówno różnego stopnia degradacji zasobów środowiska przyrodniczego, jak i szczególnie intensywnie zachodzących od 1989 roku przekształceń gospodarczych i struktur przestrzennych kraju (Węclawowicz i in., 2006). Należą do nich:

Zmiany demograficzne i społeczne

Rejestruje się zmiany w nierównomierności rozmieszczenia ludności – wzrost na południu, spadek w części centralnej i wschodniej.

W latach 1989-2002 stwierdzono średni wzrost zaludnienia o 10,7% (w miastach do 14,2%, na wsiach 9,8%), ale w ostatnich latach obserwujemy spadek. Regionami spadku są: cała „ściana wschodnia”, Świętokrzyskie, północne Mazowsze, Sudety. Bezrobocie osiągnęło maksymalnie do 30-50% na Pomorzu i Mazurach (w ostatnich trzech latach wyraźny spadek).

Budownictwo i aglomeracje miejskie

Tereny zabudowane rozszerzają się w sposób niekontrolowany, szczególnie na obrzeżeniu aglomeracji miejskich, wkraczając na tereny rolnicze o żyznych glebach i ob-

szary zalewowe. Wyraźny regres rejestruje się jedynie w ośrodku łódzkim i na Górnym Śląsku.

Przebudowa gospodarki rolnej

Spadek powierzchni użytków rolnych z 60% (1990) do 51,7% (2004) postępuje dalej, szczególnie w województwach: świętokrzyskim i małopolskim. Spadek dotyczy tu również pogłowia bydła i owiec. Rosną różnice regionalne w typie upraw, pogłębiły się specjalizacje (monokultury).

Dalej utrzymuje się kontrast w wielkości gospodarstw. Te do 5 ha stanowią ponad 50% (głównie w części SE). Są to zwykle gospodarstwa mieszane (pozarolnicze zajęcia). Powierzchnie gospodarstw 5-30 ha dominują w Polsce centralnej, a ponad 30 ha w części N i W.

Gospodarka leśna

Lasy obejmowały w 2004 roku 29,1% powierzchni kraju, tj. 91 tys. km². Wzrost zalesień dotyczy gruntów najniższej klasy. Następuje powolny wzrost udziału drzewostanów mieszanych. Duże zniszczenia w ostatnich latach wiążą się z częstszymi klęskami żywiołowymi (powąły, pożary).

Eksploatacja surowców

Następuje spadek eksploatacji węgla kamiennego. Dalej postępuje wydobycie węgla brunatnego, niekorzystne dla stosunków wodnych i zanieczyszczenia środowiska. Zauważyć można ograniczenie wydobycia siarki, natomiast wzrost eksploatacji surowców budowlanych m.in. piasków, żwirów i glin, głównie w dolinach rzecznych.

Gospodarka wodna

Zasoby wodne kraju charakteryzuje odpływ średni roczny 54,2 km². Odpływ rzeczny w przeliczeniu na 1 mieszkańca (1400 m³) jest ponadtrzykrotnie mniejszy niż średnia europejska. Zauważyć można duże wahania przepływów w ciągu roku i z roku na rok; w zlewniach górskich dochodzące do 1000-3000. Retencja wody w jeziorach i zbiornikach zaporowych jest niewielka. Obserwujemy spadek retencji wód podziemnych. Zanieczyszczenie wód przekraczające normy obejmuje 17% długości rzek. Rośnie gęstość sieci wodociągowej i kanalizacyjnej – jest ona najgęstsza w obrębie aglomeracji oraz w całej centralnej Polsce i w pasie przedpola Karpat.

Infrastruktura transportowa

Sieć dróg jest niewystarczająca w stosunku do potrzeb, a powolna budowa autostrad i dróg ekspresowych wyraźnie nie nadąża za wzrostem ilości samochodów i przewozów

drogowych (wewnątrz krajowych i w tranzycie). Tranzyt towarów przez Polskę skoncentrowany jest na kilku szlakach (zachód-wschód i zachód/południe-północny wschód). Przy braku autostrad jest on uciążliwy tak dla komunikacji wewnętrznej, jak i dla ludności (zanieczyszczenia powietrza i wody, hałas, stworzenie zagrożeń).

Sieć kolejowa jest w wyraźnej recesji (dotyczy to zarówno przewozu pasażerów, jak i towarów). W latach 1985-99 zlikwidowano 6,2 tys. km linii kolejowych, a w latach 2000-2004 dalsze 2,2 tys. km.

Ochrona przyrody i turystyka

Parki narodowe i krajobrazowe na terenie Polski obejmują łącznie 28 tys. km². Do tego dochodzą rezerwy i obszary chronione w ramach programu Natura 2000. Powierzchnia ich rośnie, a korytarze ekologiczne pokrywają siecią cały kraj. Narastają kolizje między siecią korytarzy ekologicznych a siecią infrastruktury transportowej. Turystyka (poza miastami – ośrodkami historycznymi) jest skoncentrowana jak dotąd w górach, w pasie wybrzeża Bałtyku i wokół jezior. Ośrodki wypoczynkowe i bazy turystyczne rozwinęły się głównie nad morzem i w zachodniej części Karpat. Ostatnio szybko rośnie liczba gospodarstw agroturystycznych w różnych częściach kraju.

ZMIANY KLIMATU POLSKI

Świadczenie o ociepleniu

– rekordowe średnie temperatury kolejnych 12 miesięcy

Istnieje coraz silniejsze świadectwo globalnego ocieplenia, spowodowanego wywołanym przez człowieka wzrostem stężenia gazów cieplarnianych (IPCC, 2007).

Również dane obserwacyjne z Polski potwierdzają wystąpienie ocieplenia. Z analizy informacji zawartych w ogólnodostępnej rubryce *Wiedza dla wszystkich – klimatologia*, w portalu internetowym IMGW (www.imgw.pl), prowadzonej przez prof. Halinę Lorenc, wynika, że ostatnimi miesiącami poniżej zakresu „normalnego” (rozumianego jako średnia temperatura miesięczna z wielolecia plus/minus 0,5 odchylenia standardowego) dla stacji Warszawa-Okęcie były styczeń i marzec 2006. Począwszy od kwietnia 2006 włącznie, nie zdarzył się ani jeden miesiąc o średniej temperaturze poniżej zakresu „normalnego”. W większości miesięcy po marcu 2006 temperatura była wyższa niż granice zakresu „normalnego”: Lekko ciepły był kwiecień 2006 i sierpień 2007, ciepłe – czerwiec i listopad 2006 oraz kwiecień i maj 2007, bardzo ciepłe: październik 2006 i styczeń 2007, anomalnie ciepłe: wrzesień 2006, grudzień 2006, marzec 2007 i czerwiec 2007, natomiast lipiec 2006 był ekstremalnie ciepły. W kategorii „temperatura średnia kolejnych 12 miesięcy” zanotowano niedawno (w okresie od lipca 2006 do czerwca 2007)

rekordowo wysoki poziom; zdecydowanie najwyższy w historii notowań dla znacznej części kontynentu europejskiego, w tym dla prawie całej Polski (Kundzewicz i in., 2008).

Projekcje ocieplenia

W ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat postępujące ocieplenie wydaje się przesądzone (IPCC, 2007), bez względu na to, jakie kroki w kierunku ochrony klimatu zostaną podjęte przez ludzkość. Regionalne projekcje temperatury w oparciu o wiele modeli (Christensen i in., 2007) wskazują znaczne ocieplenie dla całej Europy, i to dla wszystkich pór roku, przy czym w zimie wzrost temperatury będzie najsilniejszy. Dla terenu Polski projekcje przewidują wzrost temperatury średniej rocznej o 3-3,5°C, wzrost temperatury zimy o 3,5-5°C (wyższy dla części wschodniej, a niższy dla zachodniej), a lata o 3-3,5°C (wyższy na południu, niższy na północy).

Projekcje przewidują zmiany opadu rocznego w Polsce. Jednak, choć wszystkie modele przewidują ocieplenie, projekcje opadu letniego (w okresie od czerwca do sierpnia) i zmiennych zależnych od opadu, uzyskane za pomocą różnych modeli klimatycznych, nie zgadzają się nawet w kwestii kierunku zmian – niektóre modele przewidują wzrost opadów letnich, a inne przewidują spadek. Projekcje średnich rocznych przepływów rzecznych mają charakter podobny do projekcji zmian opadu. Projekcje hydrologiczne dla Polski przewidują równoleżnikowy układ izolinii zmian średnich przepływów rzecznych (lekki wzrost na północy, lekki spadek na południu).

Globalny wzrost poziomu morza w latach od 1993 do 2003 wyniósł $3,1 \pm 0,7$ mm rocznie, a na koniec XXI wieku przewiduje się wzrost poziomu morza o 18-59 cm powyżej poziomu z lat 1980-1999. W tym kontekście należy widzieć wzrost poziomu Morza Bałtyckiego.

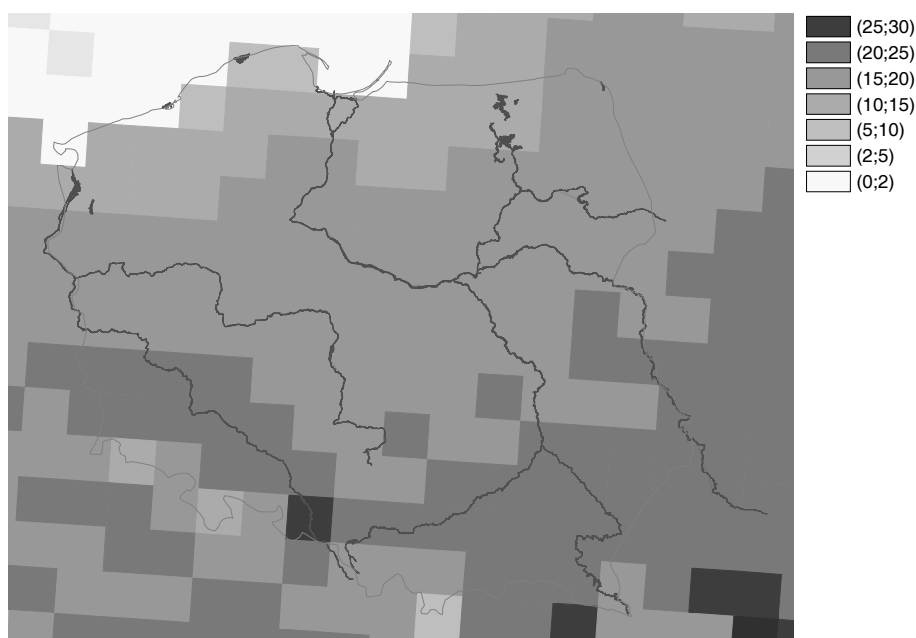
Rośnie częstość opadów deszczu w zimie, a maleje częstość opadów śniegu. Projekcje wskazują na skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej oraz zmniejszenie jej grubości. Zmniejszenie częstości występowania pokrywy śnieżnej przewidywane jest nie tylko na nizinach, gdzie już teraz zdarzają się długie zimowe okresy bez niej, ale także w górach, zwłaszcza na mniejszych wysokościach.

Porównując horyzont lat 2070-2099 oraz 1961-1990, można stwierdzić, że model HadRM3-P przewiduje dla Polski spadek opadu w lecie, ale wzrost opadu intensywnego (maksymalnego opadu 24-godzinnego) – coraz większa część opadów w lecie może przypadać na opady o dużej intensywności. Wzrost częstości opadów intensywnych wpływa na wzrost zagrożenia powodziowego (por. powódzie 1997, 1998, 2001, 2007), erozji wodnej i osuwisk. Projekcje wskazują także na wzrost zagrożenia suszą w sezonie wegetacyjnym (przykłady 1992, 2003, 2006). Wskutek redukcji pokrywy śnieżnej rośnie prawdopodobieństwo wystąpienia susz wiosennych (np. kwiecień i maj 2000) i erozji wietrznej (gleby niepokrytej roślinnością). Im cieplejsze staną się zimy, tym dotkliwsze

mogą być późne przymrozki (np. maj 2007), których jednak nie da się wykluczyć i w cieplejszym klimacie.

Zagrożenia

Projekcje zmian klimatu na obszarze Polski wskazują, że istnieje szereg zagrożeń (fale upałów, opady intensywne, powodzie i osuwiska, susze w sezonie wegetacyjnym i zimowym, silne wiatry, rozwój patogenów związany z ociepleniem, wzrost poziomu morza), choć można dostrzec i korzystne zjawiska (wyższa temperatura wody w morzu i w jeziorach sprzyjająca kąpielom, mniejsza śmiertelność zimą, mniejsze zużycie opału na ogrzewanie pomieszczeń).



Ryc. 2. Różnica liczby dni z temperaturą ponad 30°C i opadem dobowym poniżej 0,1 mm dla lata z okresu 2071-2100, w porównaniu z 1960-1989 (wg modelu Centrum Hadleya)

Analiza zmian ekstremów jest jednak bardzo trudna ze względu na dużą zmienność naturalną procesów hydrometeorologicznych oraz liczne pozaklimatyczne przyczyny zmian (interwencja człowieka w środowisko – zmiany użytkowania terenu, wzrost zapotrzebowania na wodę i energię związane z urbanizacją, regulacja przepływów). Do tego dołącza się niedostatek (lub trudny dostęp i wysoki koszt) danych pomiarowych niezbędnych do analiz.

Są lata, w których występuje zróżnicowanie przestrzenne sytuacji ekstremalnych na terenie Polski, np. susza na Podlasiu i powódź w Karpatach. Zróżnicowanie czasowe

sprawa, że w ciągu jednego sezonu letniego mogą zdarzyć się na tym samym obszarze następujące po sobie epizody dotkliwego niedoboru i nadmiaru opadów. Na przykład, po obfitych opadach w lipcu 1997 wystąpił na znacznym terenie Polski długi okres z opadami znacznie poniżej średniej z wielolecia. Podobnie, po długotrwałej suszy w czerwcu i lipcu 2006 wystąpił okres wysokich opadów w sierpniu 2006.

Zdaniem niektórych badaczy, rośnie zmienność klimatu – mimo cieplejszych zim wydłuża się okres, w którym mogą wystąpić przymrozki. Pierwszy przymrozek jesienny, a nawet fala krótkotrwałych mrozów, może zdarzyć się bardzo wcześnie, a najpóźniejszy przymrozek wiosenny – bardzo późno. Majowe przymrozki w 2007 (mimo wysokich temperatur średnich w całym pierwszym półroczu 2007) spowodowały znaczne straty w sadownictwie.

Rycina 2 przedstawia projekcję zmiany liczby dni gorących (z temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C) i suchych (bez opadu lub z opadem dobowym poniżej 0,1 mm), w porównaniu do okresu kontrolnego. Szczególnie groźne, choć w skali lokalnej, jest częstsze występowanie nieprzewidywalnych krótkotrwałych ulew i wiatrów typu trąb powietrznych (przy stosunkowo rzadkiej sieci stacji pomiarowych).

GOSPODARKA PRZESTRZENNA A ADAPTACJA I PRZECIWDZIAŁANIE ZMIANOM KLIMATU

Konieczność adaptacji

Globalne ocieplenie oraz towarzyszące mu zmiany klimatu i ich skutki są niewątpliwe, a zatem adaptacja do nich jest konieczna. Społeczeństwo zaadaptowało się do obecnego klimatu, a więc każda zmiana klimatu pociąga za sobą koszty. Nawet gdybyśmy przyjęli absurdalne założenie, że globalne emisje dwutlenku węgla przestają rosnać w tej chwili, to i tak potrzebna będzie kosztowna adaptacja do skutków zmian klimatu, którym nie można już zapobiec. Bezwładna globalna machina klimatyczna nie da się bowiem nagle zatrzymać. Jak powiada John Schellnhuber: „musimy uniknąć sytuacji, z którą nie można sobie poradzić i musimy radzić sobie z sytuacją, której nie można uniknąć”. To elokwentny opis symbiozy mitygacji (przeciwdziałania) i adaptacji.

Adaptacja w świetle prawa Unii Europejskiej

Istnieje szereg ogólnych reguł, które obowiązują w Unii Europejskiej, a więc musi się do nich stosować Polska. Jedną z nich jest zasada przezorności [*precautionarity principle*], która określa, jak postępować w warunkach niepewności. Brak całkowitej pewności nie jest jednak podstawą do unikania przygotowań do sytuacji, których wystąpienie nie jest wprawdzie wysoce prawdopodobne, ale w razie ich wystąpienia konsekwencje mogą być niezwykle poważne. Mimo znacznej niepewności projekcji skutków

zmian klimatu, Unia Europejska forsuje potrzebę przygotowań do adaptacji. W czerwcu 2007 opublikowano tzw. zielony dokument UE dotyczący adaptacji [*EU Green Paper on Adaptation*] (zob. CEC, 2007). Choć adaptacja do konsekwencji zmian klimatu jest w istocie regionalna i lokalna, istotne jest stworzenie sprzyjającego środowiska i promowanie dobrych przykładów przez Komisję Europejską.

Spśród uregulowań UE o istotnym znaczeniu w kontekście adaptacji do zmian klimatu są – Ramowa Dyrektywa Wodna UE (Directive..., 2000), zobowiązująca kraje członkowskie do zapewnienia dobrej jakości wszystkich wód w Unii Europejskiej do końca 2015, oraz najnowsza Dyrektywa Powodziowa UE (Dyrektywa..., 2007), która wymusza ocenę ryzyka powodzi, stworzenie map ryzyka i potencjalnych strat, a także przygotowanie działań w kierunku „gospodarowania” ryzykiem powodziowym (*flood risk management*).

Klasyfikacja potrzebnych działań adaptacyjnych

Adaptacja obejmować może szeroki wachlarz działań. Wynika stąd uzasadnienie prób klasyfikacji potrzebnych działań adaptacyjnych (Kundzewicz i in., 2007). Adaptacja może być proaktywna (inaczej: antycypatorywna, tzn. adaptacja do sytuacji, która jeszcze nie zaszła, ale jej zajście jest przewidywane) lub reaktywna (adaptacja do już zaistniałej sytuacji). Adaptacja może być planowana bądź spontaniczna, publiczna bądź prywatna itd.

Wśród szeregu barier adaptacji wyróżniamy bariery fizyczne (np. kiedy rzeki wysychają zupełnie), ekonomiczne (jeśli koszty adaptacji są zbyt wysokie), społeczno-polityczne (budowa dużych zbiorników wodnych może nie być do przyjęcia z uwagi na znaczne niekorzystne skutki uboczne takich inwestycji), czy instytucjonalne (nieprzygotowanie istniejących instytucji).

Decyzje dotyczące gospodarki wodnej podejmowane są zawsze na bazie niepełnej i niepewnej informacji. Jednak zmiany klimatu istotnie zwiększają zakres niepewności, wykraczając poza obszar objęty poprzednim doświadczeniem.

Skoro projekcje przewidują wzrost ryzyka związanego np. z wystąpieniem powodzi, potrzebne jest wzmocnienie systemu osłony przed powodzią w oparciu o metody strukturalne (techniczne) i niestructuralne. Możliwe są trzy strategie: zabezpieczenie (na ile to jest technicznie możliwe i ekonomicznie opłacalne), „życie z powodzią” lub przesiedlenie z obszarów wysokiego ryzyka. Ograniczenia adaptacji do powodzi przez przesiedlenie mogą mieć postać fizyczną (brak terenów do przesiedleń) i społeczne (brak akceptacji przesiedlenia przez mieszkańców terenów zalewowych).

Adaptacja do konsekwencji zmian klimatu w poszczególnych sektorach

Przygotowanie do skutków zmian klimatu dotyczy poszczególnych sektorów (planowanie przestrzenne, gospodarka wodna, rolnictwo i hodowla, leśnictwo, zdrowie publiczne, energetyka, transport, budownictwo i infrastruktura, turystyka, sektor finansowy itd.).

Adaptacja na poziomie krajowym wymaga poprawy systemów osłony przed klęskami żywiołowymi (ulewy, powodzie, osuwiska, fale upałów, susze, plagi, pożary, epidemie), złożonych z systemów prognozy, prewencji, przygotowania, odpowiedzi i wychodzenia z kryzysu. Potrzebne jest przygotowanie strategii na poziomie europejskim i krajowym oraz gospodarka ryzykiem (zgodnie z wymogami niedawno wprowadzonej Dyrektywy Powodziowej).

Potrzebna jest adaptacja planowania przestrzennego do ryzyka powodzi; dostosowanie istniejących przepisów budowlanych, zapewniające, że infrastruktura o długim czasie planowanego życia będzie odporna na zmiany klimatu; wzmocnienie strategii osłony przed klęskami żywiołowymi, systemy wczesnego ostrzegania przed powodzią i pożarami lasów. Konkretnie działania adaptacyjne mogą obejmować niezbyt kosztowne działania niestrukturalne takie, jak: oszczędność wody, zmiany agrotechniczne (np. zmiany rotacji upraw, czasu siewu i zbioru, użycie odmian roślin odpornych na suszę, adaptacja do dłuższych sezonów wegetacyjnych); planowanie publiczne i podnoszenie świadomości. Bardziej kosztowna budowa systemu zabezpieczeń i przesiedleń (np. wzmocnienie obwałowań, relokacja portów, przemysłu i całych wiosek oraz miast z nisko położonych obszarów nadmorskich lub z równin zalewowych, inwestycje energetyczne na wypadek niewystarczającego działania elektrowni wodnych w okresie suszy). Sektor ubezpieczeń może rozwinąć nowe produkty zmniejszające ryzyko i wrażliwość, zanim dojdzie do katastrofy.

Gospodarka wodna wymaga zwiększenia retencji, ale przy minimalizacji powierzchni stale zajętej przez wodę (wzrost powierzchni o charakterze polderowym). O lokalizacji powierzchni retencionowania wody decyduje topografia i istniejące (i przewidywane) użytkowanie terenu. Praktyki użytkowania terenu winny ograniczać spływ powierzchniowy i erozję. Poprawa bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę wymaga poszukiwania źródeł zastępczych w wypadku suszy i awarii (zanieczyszczenia). Potrzebne są oddzielne systemy kanalizacji ściekowej i burzowej, o odpowiedniej przepustowości, z uwzględnieniem rosnącej intensywności opadów.

Budownictwo wymaga dostosowania do gwałtownych wiatrów i silnych upałów. Potrzebna jest rewizja programów rozwoju gospodarki turystycznej. Lokalizacja wyciągów narciarskich w górach winna uwzględniać scenariusze przyszłych warunków śniegowych, które wyłączają stoki niżej położone i o wystawie południowej.

Prawdopodobne jest przesunięcie turystyki „plażowej” nad Morzem Śródziemnym w kierunkach wiosny i jesieni, by uniknąć gorących miesięcy letnich, w czasie których warunki pogodowe właśnie nad Bałtykiem mogą być bardziej korzystne do letniej turystyki „plażowej”.

„Konwencjonalne” obciążenia zagrażające ekosystemom, jak: fragmentacja, degradacja, zanieczyszczenie i nadmierna eksploatacja warto rozważyć w kontekście „nieprze-

makalności klimatycznej” (*climate-proofing*). Zdrowe ekosystemy (np. wielogatunkowe lasy) są w stanie lepiej poradzić sobie ze zmianami klimatu i podtrzymać generowanie wielorakich korzyści, od których zależy nasza jakość życia. Szczególną uwagę poświęcić należy obszarom chronionym i korytarzom ekologicznym.

Wiele decyzji dotyczących adaptacji podejmuje się na poziomie lokalnym, gdzie istnieje dobra i szczegółowa znajomość warunków. Adaptacja jest więc zadaniem zarówno dla władz regionalnych, jak i dla władz lokalnych. Jednak na każdym poziomie administracji (krajowym, regionalnym i lokalnym), adaptacja wymaga podnoszenia świadomości społeczeństwa, decydentów i fachowców.

Dostosowanie do zmian klimatu może uruchomić nowe szanse ekonomiczne, włącznie z budową nowych miejsc pracy i powstawaniem nowych rynków na innowacyjne produkty i usługi, jak np. nowe rynki dla technik budowlanych, materiałów i produktów odpornych na zmiany klimatu.

Przeciwdziałanie globalnemu ociepleniu

Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych dotycząca Zmian Klimatu (UNFCCC) i Protokół z Kioto stanowią podstawę międzynarodowych działań w celu ograniczenia zmian klimatu. Zgodnie z artykułem 3.1 Protokołu z Kioto, Polska zobowiązała się zredukować emisje gazów cieplarnianych o 6% poniżej poziomu z roku bazowego (1988).

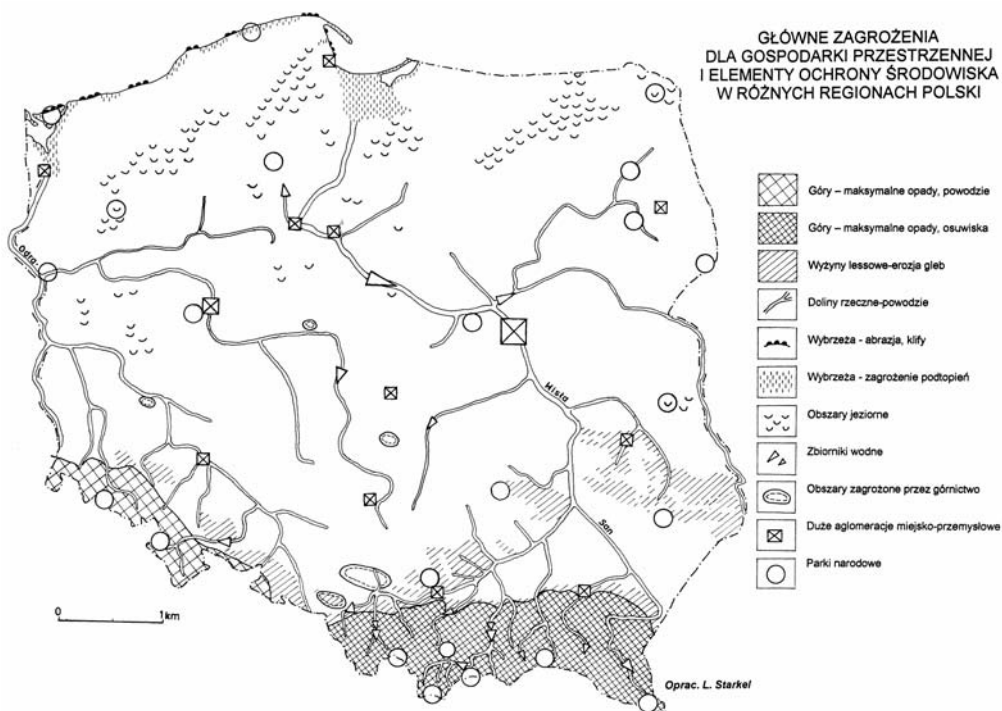
Unia Europejska forsuje ograniczenie ocieplenia o nie więcej niż 2° C do roku 2100, w porównaniu z okresem przedprzemysłowym (czyli o nie więcej niż 1,5° C w porównaniu z okresem 1980-1999). Wymaga to bardzo silnego globalnego ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Bez polityki radykalnej ochrony klimatu ocieplenie do roku 2100 może znacznie przekroczyć 2° C, a wówczas adaptacja będzie bardzo trudna.

W ramach wdrażania postanowień Konwencji Klimatycznej Polska zanotowała sukces w tym sensie, że zanotowano wzrost dochodu narodowego o 60%, a jednocześnie spadek emisji gazów cieplarnianych o 32% w stosunku do roku bazowego (1988). Polskie lasy pochłaniają 40 mln ton dwutlenku węgla rocznie. W przemówieniu wygłoszonym przez prezydenta Kaczyńskiego na Konferencji Klimatycznej ONZ we wrześniu 2007 padła deklaracja, że uzyskanie porozumienia globalnego w zakresie działań na rzecz zrównoważonego rozwoju świata (również w aspekcie zmian klimatu) jest priorytetem i celem Polski.

WSKAZANIA DLA GOSPODARKI PRZESTRZENNEJ W RÓŻNYCH REGIONACH PRZYRODNICZYCH POLSKI

Globalne ocieplenie i towarzyszące mu zmiany w obiegu wody znajdują różny wyraz w rozkładzie zagrożeń i zmian na obszarze całego kraju, który wiąże się zarówno ze zmiennością zjawisk pogodowych w przekroju zachód-wschód i południe-północ, jak też

zależy od cech środowiska i stopnia jego degradacji w regionach o różnych cechach środowiska naturalnego (omówionych wcześniej). Niektóre obszary wymagają szczególnej ochrony, a równocześnie odrębnych uregulowań prawnych (ryc. 3).



Ryc. 3. Główne zagrożenia dla gospodarki przestrzennej i elementy ochrony środowiska w różnych regionach Polski (oprac. L. Starkel)

Obszary górskie

Obszary górskie muszą być szczególnie nastawione na ochronę przed wzrostem częstotliwości zdarzeń ekstremalnych (głównie opadów intensywnych), odbijających się w katastrofalnych powodziach, osuwiskach, powalach lasów, wraz z podnoszeniem się w górę pięter roślinnych i uprawowych. Niezbędna jest przebudowa składu gatunkowego zbiorowisk leśnych i wzrost ich arealu przy równoczesnym maksymalnym ograniczeniu gruntów ornych na korzyść użytków zielonych, sadów, a na pogórzach nawet winnic (przy wzroście temperatur). Równolegle należy ograniczać gęstość dróg przyspieszających powierzchniowy spływ wody (fale powodziowe), zatrzymywać wody gruntowe, a meliorować jedynie stoki osuwiskowe zagrażające budownictwu i infrastrukturze (Starkel i in., 2007).

Należy rozważyć podjęcie budowy dalszych zbiorników retencyjnych. Należy wycofać się z zabudową z terenów przykorytowych i ze stromych stoków (groźba osuwisk). Wypoczynek i turystyka winny być ukierunkowane na sezony letnie, m.in. w związku z ograniczeniem sportów zimowych przy efemerycznym zaleganiu pokrywy śnieżnej w wysokościach poniżej 600-800 m n.p.m. (nieopłacalność wyciągów narciarskich).

Kotliny podgórskie

Kotliny podgórskie są najkorzystniejsze dla zabudowy i rolnictwa. Rosnące zagrożenie powodzią skłania do wycofywania osadnictwa i infrastruktury z obszarów zalewowych, do budowy polderów retencjonujących wodę (także do zaopatrzenia w okresie niżówek i susz), również dla potrzeb innych regionów Polski (przerzuty wody). Należy też zahamować erozję wglębną rzek, drenującą zbiorniki wód gruntowych i umiejętnie prowadzić zabiegi melioracyjne.

Wyżyny polskie

Ze względu na urozmaiconą rzeźbę i gleby na wyżynach polskich należy wzmoczyć ochronę przeciwpowodziową i przeciwozyjną, szczególnie na żyznych glebach rędziny i nalessowych, powiększać areal zadrzewień (pasy leśne, sady) i wprowadzać uprawy ciepłolubne; rozbudować retencjonowanie wody (mała retencja), szczególnie w terenach krasowych.

Obszar niżowy

Na obszarze niżowym (pas centralny – od Wielkopolski i Kujaw, poprzez Mazowsze, po Podlasie) potrzebna jest przebudowa drzewostanów leśnych na wielogatunkowe (w celu ochrony przed wiatrolomami, szkodnikami), wprowadzenie zadrzewień śródpolnych, zmniejszenie arealu gruntów ornych i dostosowanie upraw do ekstremalnych warunków pogodowych (susze i okresy wilgotne), przebudowa melioracji rolnych w obniżeniach (zarówno systemy nawadniające, jak i odwadniające) i rozbudowa małej retencji.

Strefa pojezierzy

W strefie pojezierzy potrzebne jest dostosowanie upraw i typu użytków zielonych do zmieniających się warunków i wahań termicznych oraz opadowych, m.in. wraz ze wzrostem temperatur wprowadzenie gatunków roślin dotąd rosnących w południowej i zachodniej Polsce. Niezbędne jest retencjonowanie wody w systemach rzeczno-jeziornych z zapewnieniem likwidacji zanieczyszczeń. Warto szerzej wykorzystać systemy jeziorne i otaczające je puszcze do wypoczynku i turystyki przy zapewnieniu pełnej ochrony ekosystemów leśnych, bagiennych i jeziornych.

Pas wybrzeża Bałtyku

Obszary nisko położonych wybrzeży są szczególnie wrażliwe na ryzyko związane ze zmianami klimatu (a w szczególności – wzrost poziomu morza). Obszary nadmorskie ulegają silnej presji osadnictwa, rozwijając się zazwyczaj bez uwzględnienia projekcji wzrostu poziomu morza.

W pasie wybrzeża Bałtyku potrzebna jest ochrona wybrzeży klifowych i płaskich przed sztormami i abrazją. Rolnictwo na Żuławach trzeba dostosować do podnoszącego się poziomu morza i wód gruntowych (obwałowania, pompownie). Ochrona nisko położonych wybrzeży w stylu holenderskim jest bardzo kosztowna. Niezbędne będzie również dostosowanie budownictwa i portów do postępującej transgresji morskiej. Aktualna staje się potrzeba rozbudowy bazy nadmorskiej turystyczno-wypoczynkowej w związku z przedłużeniem sezonu letniego (kąpielowego) na wybrzeżach Bałtyku do 4-6 miesięcy. Równocześnie należy zredukować, na ile to tylko możliwe (zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną UE), zanieczyszczenia dużych i mniejszych rzek zlewniska Bałtyku, a także wyeliminować ścieki z nadmorskich aglomeracji miejskich i ośrodków wypoczynkowych.

Regiony górniczo-przemysłowe

Wraz z postępującym regresem górnictwa i towarzyszących mu gałęzi przemysłu, szczególnie na Górnym Śląsku, niezbędne jest zapewnienie pełnej rekultywacji zdegradowanych obszarów poprzez odbudowę pokrywy glebowej, szaty roślinnej i poprawę jakości wód gruntowych. W obszarach tych, o zaburzonym obiegu wody i obniżonym poziomie wód gruntowych, należy oczekiwać szczególnie niekorzystnych skutków zarówno susz, jak i podtopień.

Aglomeracje miejskie

Obok wycofywania zabudowy i infrastruktury z zagrożonych terenów zalewowych należy dostosować budownictwo do częstszego występowania huraganów i trąb powietrznych, a sieć drogową (przepusty, mosty itp.) i kanalizacyjną do wystąpienia gwałtownych opadów o dużym natężeniu. Również należy zabezpieczyć większe obszary pod tereny zielone i zadrzewienia oraz zmodernizować budownictwo mieszkaniowe, licząc się w perspektywie z wystąpieniem długotrwałych upałów (30-40°C), potęgowanych przez wystąpienie wzmożonego efektu miejskich „wysp ciepłych”.

Obszary „specjalnej troski”

Do obszarów „specjalnej troski”, które wymagają opracowania szczegółowych zintegrowanych i długofalowych programów przeciwdziałania skutkom globalnego ocieplenia, należy zaliczyć następujące:

- obszary górskie – generujące powodzie, odprowadzające nadwyżki wody;
- strefa wybrzeża Bałtyku – objęta podniesieniem poziomu morza;
- dna dolin rzecznych – wymagające ochrony, a szczególnie wycofania zabudowy z obszarów zalewowych.

Programy te, dotyczące często obszarów przygranicznych, powinny być opracowywane wspólnie z samorządami krajów sąsiednich.

Autostrady i drogi szybkiego ruchu

Na osobną uwagę zasługują autostrady i drogi szybkiego ruchu, istniejące i planowane w najbliższych dziesięcioleciach, które mają służyć nie tylko ruchowi wewnątrz-krajowemu, ale, i to szczególnie, tranzytowemu. Budowa autostrad nie tylko dzieli na części jednorodne jednostki krajobrazowe, ale zaburza obieg wody i substancji mineralnych, zubożając i tak niewielkie zasoby wodne obszarów niżowych. Zwielokrotnienie zanieczyszczenia powietrza wzdłuż dróg szybkiego ruchu jest działaniem wbrew międzynarodowym konwencjom i wymaga jak najszybszego rozwiązania problemu przeniesienia tranzytu samochodowego towarów na transport kolejowy, który ogranicza emisję gazów cieplarnianych i jest mniej uciążliwy dla środowiska.

UWAGI KOŃCOWE

Wszelkie programy i dyrektywy, związane z zagospodarowaniem przestrzennym, powinny uwzględniać dużą złożoność przestrzenną zmian zachodzących na obszarze kraju, związanych z globalnym ociepleniem. W podejmowaniu każdej działalności zmierzającej do ochrony czy przeciwdziałania zagrożeniom, należy rozpoznać warunki regionalne i lokalne. Drogą do tego jest m.in. rozbudowa sieci stacji monitoringu różnych zjawisk i procesów tak przyrodniczych, jak i gospodarczych. Szczególną rolę powinny tu spełniać stacje zintegrowanego monitoringu badające w wybranych zlewniach cały obieg energii i materii, a zatem także mechanizmy i efekty zjawisk ekstremalnych związanych z globalnym ociepleniem.

Studia nad zmianami klimatu i ich konsekwencjami należy prowadzić w różnych skalach czasowych. Obecnie horyzontem projekcji w planowaniu przestrzennym kraju jest rok 2030. Ale niektóre sektory (np. gospodarka leśna, duże obiekty gospodarki wodnej) wymagają znacznie dłuższego horyzontu planowania, więc scenariusze do roku 2100 też są ważne.

Potrzebna jest optymalizacja sposobu funkcjonowania przestrzennego, pozwalającego zarówno lepiej przeciwdziałać zmianom klimatu i zabezpieczyć się przed niekorzystnymi konsekwencjami zmian klimatu, jak i wykorzystać szanse rozwojowe stwa-

rzane przez ocieplenie. Zobowiązania emisyjne nie mają kontekstu przestrzennego, ale już lokalizacja odnawialnych źródeł energii ten kontekst posiada. Trzeba rozdzielić przeciwdziałanie i dostosowanie/zabezpieczenie. W obu przypadkach chodzi o wydatkowanie środków publicznych wymagające dużej ostrożności. Należy postawić pytanie – jak lepiej uzbroić układ przestrzenny i wyposażyć go w elementy mitygacji i adaptacji? Jakie będą skutki dla przestrzeni wynikające z polityki prewencyjnej państwa i strategii przestrzennej mitygacji i adaptacji? Niezbędne tu jest mądre współdziałanie centralnych ośrodków planistycznych i ochrony środowiska z regionalnymi organami samorządowymi.

Trzeba uchronić się od podejścia dogmatycznego, zachowując krytyczny pragmatyzm i śledząc bieżące wyniki dynamicznie rozwijających się badań naukowych, a w szczególności postępy w rozpoznaniu mechanizmów przemian i technik adaptacyjnych.

Bibliografia

- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc et al. (2007) *Regional Climate Projections*. [w:] *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen et al. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- CEC (Commission of the European Communities) (2007) *Adapting to Climate Change in Europe – Options for EU Action*. Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions [Sec(2007) 849], Com (2007) 354 Final, Brussels, 29.6.2007.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, „Official Journal of the European Communities” 22.12.2000, L 327/1-72. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2000/l_327/l_32720001222en00010072.pdf
- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2000 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:288:0027:01:PL:HTML>
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>
- Kundzewicz, Z. W., Gerstengarbe, F.-W., Österle, H., Werner, P. & Fricke, W. (2008) Recent anomalies of mean temperature of 12 consecutive months – Germany, Europe, Northern Hemisphere „Theor. and Appl. Climatol.” (w druku).
- Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. et al. (2007) *Freshwater resources and their management*. [W:] *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (red. Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Hanson, C. E. & van der Linden, P. J.), Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Kundzewicz, Z. W. & Parry, M. L. (red.) (2001) *Europe. [W:] Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (red. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A. et al.), Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 641-692.
- Kundzewicz, Z. W., Radziejewski, M., Pińskwar, I. (2006) *Precipitation extremes in the changing climate of Europe*. „Clim. Res.” 31, 51-58.
- Parry, M.L. (red.) (2000) *Assessment of the Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe: The Europe ACACIA Project*. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK, 320 pp.
- Starkel, L. (red.) (1980) *Przeglądowa mapa geomorfologiczna Polski*, Instytut Geografii PAN, Warszawa.
- Starkel, L. (red.) (1999) *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa.
- Starkel, L. (2003) *Extreme meteorological events and their role in environmental changes, the economy and history*, „Global Change”, 10, 7-13.
- Starkel, L., Pietrzak, M., Łajczak, A. (2007) *Wpływ zmian użytkowania ziemi i wzrostu częstotliwości ekstremalnych opadów na obieg wody i erozję oraz ochronę zasobów przyrodniczych Karpat*, *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 54, 19-30.
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change (The Stern Review)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 692 str., por www.sternreview.org.uk
- United Nations (1998) *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- United Nations (1992) *United Nations Framework Convention on Climate Change*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- Węclawowicz, G., Bański, J., Degórski, M. et al. (2006) *Przestrzenne zagospodarowanie Polski na początku XXI wieku*. Monografie 6, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyńskiego PAN, Warszawa, 212 str.

Consequences of climate change for spatial organization of Poland

Climate changes have been observed in Poland the recent decades and more pronounced climate changes are projected for the future. They impact on the natural and built environment of Poland, which has been shaped by both circulation of energy and matter, typical for moderate latitudes, and the properties of the landscape, inherited from the geological past. In the present paper, consequences of climate change (corresponding to model-based projections) for spatial organization of Poland have been reviewed.

Key words: climate change, climate change impacts, spatial organization, projections

