

# ZARZĄDZANIE RYZYKIEM POGODOWYM Z WYKORZYSTANIEM POGODOWYCH INSTRUMENTÓW POCHODNYCH

DOI: 10.33141/po.2020.05.03

Przegląd Organizacji, Nr 5(964), 2020, s. 19-27

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

Piotr Misztal

© Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa (TNOiK)

## Wprowadzenie

Zmiany klimatu znacząco wpływają na wszystkie części świata. Do współczesnych zagrożeń naturalnych, zwanych również klęskami żywiołowymi, wywołującymi znaczące straty ludzkie i materialne, zalicza się w szczególności trzęsienia ziemi, huragany i wichury, anomalie pogodowe, epidemie i epizootie, długotrwałe susze i pożary oraz powodzie. Jest to niezwykle istotny problem, w rozwiązanie którego angażują się rządy wielu krajów świata, wprowadzając odpowiednie procedury tzw. zarządzania kryzysowego. „Zarządzanie kryzysowe to działalność organów administracji publicznej będąca elementem kierowania bezpieczeństwem narodowym, która polega na zapobieganiu sytuacjom kryzysowym, przygotowaniu do przejmowania nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, reagowaniu w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych, usuwaniu ich skutków oraz odtwierzaniu zasobów i infrastruktury krytycznej” (*Ustawa o zarządzaniu kryzysowym*, 2007).

Globalne ocieplenie powoduje topnienie lodowców, co prowadzi do wzrostu poziomu mórz. W niektórych regionach ekstremalne zjawiska pogodowe połączone z opadami deszczu stają się coraz częstsze, zaś inne regiony cierpią z powodu ciężkich upałów i susz. Ekstremalne zjawiska

pogodowe, intensywne opady i inne nagłe zjawiska pogodowe stają się coraz powszechniejsze. Fale upałów, pożary lasów i susze są coraz częstszym zjawiskiem również w Europie, a w szczególności w Europie Południowej i Środkowej (European Commission, 2019). Z kolei kraje z basenu Morza Śródziemnego są coraz bardziej narażone na dotkliwe susze i pożary lasów. Natomiast w Europie Północnej klimat staje się coraz bardziej wilgotny, a zimą wzrasta ryzyko wystąpienia powodzi. Miasta, w których mieszka co czwarty Europejczyk, narażone są na fale upałów, powodzie i skutki podnoszenia się poziomu mórz. Dlatego też skuteczne zarządzanie ryzykiem pogodowym jest jednym z największych wyzwań rozwojowych we współczesnej gospodarce światowej.

Artykuł ma charakter przeglądowy, a jego celem jest wskazanie zalet i wad oraz możliwości wykorzystania pogodowych instrumentów pochodnych do ograniczenia ryzyka pogodowego w warunkach nasilających się zmian klimatycznych. W tekście poruszono także kwestię obligacji pogodowych wykorzystywanych do ograniczenia otwartych pozycji w pogodowych instrumentach pochodnych. W pracy wykorzystano metodę badawczą opartą na interdyscyplinarnych studiach literaturowych z zakresu



finansów, geografii gospodarczej oraz zarządzania. Proces przeglądu literatury składał się z kilku postępujących po sobie etapów. Pierwszym krokiem podjętych badań było sformułowanie problemu badawczego, następnie zebranie i ocena odpowiednich danych, w dalszej kolejności analiza i interpretacja zgromadzonych danych, wreszcie prezentacja danych i przedstawienie kierunków dalszych badań. W niniejszym artykule przeprowadzono przegląd narracyjnej literatury naukowej, aby wskazać główne zalety i wady derywatów pogodowych oraz określić możliwości wykorzystania tych instrumentów w warunkach dynamicznych zmian klimatu.

Na etapie formułowania problemu badawczego określone zostały także kryteria doboru publikacji uwzględnionych w przeglądzie literatury. Chodziło o wykorzystanie możliwie najnowszych publikacji dotyczących ryzyka pogodowego i pogodowych instrumentów pochodnych wydanych zarówno w kraju, jak i za granicą. Co więcej, szczególny nacisk położono na analizę zagranicznej literatury przedmiotu, głównie publikacji badaczy amerykańskich, bowiem to właśnie w USA rynek derywatów pogodowych jest na dzień dzisiejszy najbardziej rozwinięty. Stąd doświadczenia przedsiębiorstw amerykańskich w kontekście zarządzania ryzykiem pogodowym mogą być niezwykle cenne dla przedsiębiorstw europejskich, w szczególności dla polskich podmiotów gospodarczych.

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, iż pogodowe instrumenty pochodne są efektywnymi instrumentami ograniczania ryzyka pogodowego i mogą stanowić alternatywę w stosunku do tradycyjnych narzędzi ograniczania tego ryzyka, jakimi są ubezpieczenia pogodowe. Przewaga pogodowych instrumentów pochodnych nad ubezpieczeniami pogodowymi wynika nie tylko z większej elastyczności derywatów pogodowych, ale również z faktu, iż dostępność ubezpieczeń od ryzyk pogodowych na niektórych obszarach staje się coraz trudniejsza, a stosunkowo wysoki koszt może stanowić ekonomiczną barierę w ich stosowaniu (Burchard-Dziubińska, 2016, s. 55).

## Ryzyko w zarządzaniu

Najczęściej wskazuje się, że pojęcie „ryzyko” pochodzi z języka włoskiego, gdzie *rist(i)co* oznacza rafę, którą statek powinien ominąć. Ryzyko wynika z faktu podejmowania różnorodnych decyzji dotyczących przyszłości (Marciniak, 2001, s. 155–156). W praktyce żadna z działalności przedsiębiorstwa nie jest wolna od ryzyka (Xia i in., 2018, s. 701–715).

W naukach ekonomicznych podejmowane są próby zdefiniowania pojęcia ryzyko w kontekście teorii niepewności i ryzyka F.H. Knighta (1921, s. 1–382). Zgodnie z tym podejściem wyróżnia się niepewność mierzalną, zwaną ryzykiem, oraz niepewność niemierzalną, zwaną po prostu niepewnością. Niepewność mierzalna występuje przy tym wówczas, gdy wynik danej działalności może być zmierzony, wykorzystując prawdopodobieństwo matematyczne, statystyczne lub szacunkowe. Z kolei, gdy nie można zmierzyć wyniku danej aktywności za pomocą

jednej z wyżej wymienionych miar, wówczas występuje niepewność. Jednocześnie należy odróżnić ryzyko od zagrożenia. Zagrożenie to stan, wydarzenie lub okoliczność, która potencjalnie może wyrządzić krzywdę ludziom lub spowodować straty finansowe. Natomiast ryzyko to potencjalny wynik wystąpienia zagrożenia, na ogół definiowany jako prawdopodobieństwo wystąpienia szkody i jej dotkliwości.

W literaturze przedmiotu ryzyko często utożsamia się z czymś negatywnym, określonym zagrożeniem skutkującym wzrostem kosztów działalności danego podmiotu. Zatem tutaj ryzyko można zdefiniować jako „prawdopodobieństwo poniesienia strat w wyniku zaistnienia różnych zdarzeń (zagrożeń). W tym przypadku mówi się o tzw. ryzyku czystym (*pure risk*), którym zajmują się głównie firmy ubezpieczeniowe. Jako przykład można wskazać chociażby takie ryzyka, jak ryzyko pożaru, kradzieży, powodzi itp. Celem zarządzania ryzykiem czystym jest więc ograniczenie prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnych skutków analizowanych zdarzeń.

Ryzyko można także zdefiniować w ujęciu neutralnym jako prawdopodobieństwo poniesienia strat lub osiągnięcia dochodów wyższych niż oczekiwane w wyniku zaistnienia różnych zdarzeń. W tym przypadku uwzględnia się zarówno negatywny, jak i pozytywny aspekt ryzyka (Jajuga, Jajuga, 2015, s. 124). Stąd mówi się o tzw. ryzyku spekulacyjnym (*speculative risk*). Przykładem takiego ryzyka może być ryzyko cenowe, czasem zwane także rynkowym, takie jak ryzyko stopy procentowej, kursu walutowego czy też ryzyko zmian cen akcji na rynku. Celem zarządzania ryzykiem spekulacyjnym jest zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia korzystnych skutków danego zjawiska oraz zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnych skutków danego zjawiska (Głodziński, 2014, s. 34–40).

Zgodnie z przytoczonym powyżej kryterium podziału ryzyka, ryzyko pogodowe, oznaczające ekspozycję przedsiębiorstwa na wahania czynników pogodowych (temperatura powietrza, poziom opadów deszczu i śniegu, siły wiatru itp.), stanowi przykład ryzyka czystego, którego zrealizowanie się wiąże się wyłącznie ze stratami przedsiębiorstwa.

Zasadnicze znaczenie w procesie zarządzania ryzykiem ma skłonność do akceptacji ryzyka, zwana często kolokwialnie apetytem na ryzyko. Zarówno w literaturze przedmiotu oraz w praktyce gospodarczej nie ma jednolitej definicji tego pojęcia. Bazując na wielu różnorodnych definicjach wspomnianego pojęcia, apetyt na ryzyko można określić jako poziom ryzyka wynikający ze skłonności danego przedsiębiorstwa do jego podejmowania. Jednocześnie należy podkreślić, że w praktyce nie ma możliwości wyznaczenia dla wszystkich organizacji lub dla konkretnego podmiotu jednego, wspólnego poziomu skłonności do akceptacji ryzyka dla wszystkich ryzyk towarzyszących działalności (Korombel, 2017, s. 47–53). Stąd w rzeczywistości można wskazać przedsiębiorstwa, które zabezpieczają się niemalże przed wszystkimi rodzajami ryzyka lub przed niektórymi ryzykami, ewentualnie w ogóle nie zabezpieczają się przed ryzykiem (Stulz,

1996, s. 8–25). Co więcej, należy zaznaczyć, że w praktyce nie można całkowicie wyeliminować ryzyka, możliwa jest jedynie jego minimalizacja. Ryzyko, które pozostaje, nazywane jest rezydualnym. Najczęściej dalsza minimalizacja ryzyka jest nieuzasadniona z ekonomicznego punktu widzenia (Zawiła-Niedźwiecki, 2013, s. 46). Dlatego też zarządzanie ryzykiem przedsiębiorstwa jest procesem podejmowania decyzji oraz realizacji działań prowadzących do osiągnięcia przez przedsiębiorstwo akceptowanego poziomu ryzyka (Jajuga, 2018, s. 26).

## Istota i rodzaje ryzyka pogodowego

Według Europejskiej Organizacji Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (ang. European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites – EUMETSAT), ponad jedna trzecia gospodarki Unii Europejskiej jest wrażliwa na warunki pogodowe (EUMETSAT, 2019). Według badań Narodowej Agencji Oceanów i Atmosfery (ang. National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA), około 5,7 bln USD z 15,7 bln USD PKB w USA jest wrażliwe na zmienne warunki pogodowe (NOAA, 2018). Oznacza to, że znaczna część popytu na produkty europejskie i amerykańskie jest związana ze zmiennymi pogodowymi, takimi jak temperatura powietrza, opady deszczu, śniegu, siła wiatru i poziom nasłonecznienia.

Ryzyko pogodowe dotyczy zatem strat w poziomie produkcji lub zdolnościach wytwórczych pojawiających się na skutek zjawisk atmosferycznych, takich jak opady deszczu, śniegu, wiatry, temperatura. Cechą charakterystyczną tych zjawisk jest ich zmienność, co upodabnia je do klasycznych rodzajów ryzyka. Stąd przebieg zjawisk atmosferycznych może być opisany za pomocą rozkładu normalnego (Dischel, 2019, s. 1–7).

P. Barrieu i O. Scaillet (2010, s. 155–176) piszą, że ryzyko pogodowe można zdefiniować jako „ryzyko, które jest częścią życia codziennego, ma ograniczone konsekwencje ekonomiczne na co dzień, ale z ogromnymi potencjalnymi konsekwencjami w przypadku jego akumulacji lub powtórzenia”.

Z kolei L. Clemmons (2002, s. 3) w swej definicji podkreśla, że ryzyko pogodowe jest utożsamiane z ekspozycją działalności przedsiębiorstwa na wahania czynników pogodowych, takich jak temperatura (upały i mroź), opady deszczu i śniegu, siła wiatru itp.

Ryzyko pogodowe można podzielić na dwa główne rodzaje. Chodzi o ryzyko niekatastroficzne i ryzyko katastroficzne. Ryzyko pogodowe o charakterze niekatastroficznym to prawdopodobieństwo poniesienia strat w wyniku odchylenia się warunków pogodowych od ich średniego, normalnego stanu. Przejawia się ono na ogół w postaci występowania ponadprzeciętnych lub niedostatecznych opadów deszczu, śniegu, ponadprzeciętnej lub poniżej przeciętnej temperatury powietrza czy też większej ilości dni wietrznych lub bezwietrznych. Tego typu zjawiska pogodowe mogą wystąpić z różną siłą, w różnych regionach świata. Z kolei ryzyko katastroficzne to prawdopodobieństwo poniesienia strat w wyniku takich zjawisk, jak: trzęsienie ziemi, huragan, tornado, powódź, deszcz nawalny, gradobicie, burze i zamiecie śnieżne czy ekstremalnie wysokie temperatury. W przeciwieństwie do ryzyka o charakterze niekatastroficznym, skala występujących tutaj odchyżeń jest zdecydowanie bardziej istotna (Czekaj, 2016, s. 217–228).

Zmienne pogodowe zwiększają zmienność wyników finansowych różnych gałęzi przemysłu, w szczególności takich jak sektor energetyczny, transportowy, budownictwo, rolnictwo, turystyka czy przemysł spożywczy.

Wszystkie przedsiębiorstwa działające w wyżej wymienionych sektorach są w największym stopniu narażone na zagrożenia pogodowe, które mogą mieć poważny wpływ na ich przepływy pieniężne i zyski. Do najistotniejszych zagrożeń pogodowych można zaliczyć przy tym opady deszczu i śniegu oraz niekorzystną temperaturę powietrza. Co więcej, szacuje się, że pogoda w sposób bezpośredni lub pośredni wpływa na przychody nawet 75% działających przedsiębiorstw (Preś, 2007).

Stąd niezwykle istotnym zagadnieniem z punktu widzenia wyżej wymienionych sektorów jest efektywne zarządzanie ryzykiem pogodowym za pomocą dostępnych instrumentów. Zarządzanie ryzykiem pogodowym polega

Tabela 1. Zagrożenie i ryzyko pogodowe w różnych sektorach gospodarki

Sektor	Zagrożenie pogodowe	Skutki ryzyka pogodowego
Sektor energetyczny	Temperatura	Mniejsza sprzedaż podczas cieplejszych okresów zimowych i chłodniejszych okresów letnich
Rolnictwo, sektor spożywczy	Temperatura, opady śniegu, opady deszczu	Straty lub mniejsze zyski w okresach ekstremalnie niskich/wysokich temperatur lub opadów deszczu, śniegu
Sektor napojów	Temperatura	Mniejsza sprzedaż w czasie chłodniejszych okresów letnich
Budownictwo	Temperatura, opady śniegu	Opóźnienia prac w czasie złych warunków atmosferycznych
Transport i logistka	Temperatura, opady śniegu, opady deszczu	Opóźnienia w dostawach w czasie złych warunków atmosferycznych
Turystyka	Temperatura, opady deszczu, śniegu	Straty lub mniejsze zyski w okresach ekstremalnie niskich/wysokich temperatur lub opadów deszczu, śniegu
Sektor publiczny	Opady śniegu	Większy koszt odśnieżania w czasie większych opadów śniegu

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Dordević, 2018, s. 125-142



na identyfikowaniu, kwantyfikowaniu i ostatecznie łagodzeniu ryzyka finansowego związanego z systemem pogodowym/klimatycznym.

Ograniczenie ryzyka związanego z pogodą (klimatem) może nastąpić poprzez różnorodne działania, do których zalicza się:

- a) przeniesienie ryzyka, czyli zabezpieczenie parametrycznego indeksu pogodowego za pomocą finansowych instrumentów pochodnych lub tradycyjnych produktów ubezpieczeniowych;
- b) unikanie ryzyka, czyli wykorzystanie strategii aktywnego zarządzania ryzykiem, obejmującej wykorzystanie informacji prognostycznych (decyzyjnych) w celu optymalizacji procesów operacyjnych w sposób, który ograniczy lub wyeliminuje narażenie na warunki pogodowe;
- c) optymalną retencję (zatrzymanie) ryzyka, czyli wykorzystanie pogłębionej wiedzy na temat systemu pogodowego w celu opracowania równoważących czy też negatywnie skorelowanych działań przyczyniających się do zwiększenia odporności na warunki pogodowe (WRMA, 2020).

## Pogodowe instrumenty pochodne – istota i rodzaje

Od kilkunastu lat na rynku finansowania projektów zaczynają pojawiać się pogodowe instrumenty pochodne. W szczególności specjaliści ds. finansowania źródeł energii muszą znać te narzędzia ograniczania ryzyka oraz kreatywne sposoby ich wykorzystania. Rosnąca skala monetyzacji gospodarki oraz podjęta debata na temat tego, czy derywaty na warunki pogodowe powinny być regulowane w podobny sposób jak usługi ubezpieczeniowe, determinują stopień występowania tych instrumentów w charakterze standardowych narzędzi wspomagających finansowanie projektów energetycznych.

Pogodowe instrumenty pochodne to transakcje, w ramach których dokonywane są płatności przez jedną stronę na rzecz drugiej na podstawie pomiarów dotyczących pogody, takich jak temperatura powietrza, poziom opadów deszczu, śniegu lub prędkość wiatru. Przedsiębiorstwa, które są narażone na ryzyko związane ze zmianą pogody, mogą wykorzystywać derywaty pogodowe w celu zabezpieczenia się przed stratami pojawiającymi się w następstwie zmian pogodowych. Dzięki tym instrumentom przedsiębiorstwa są w stanie zabezpieczać się przed ryzykiem związanym generalnie ze zmiennością czynników atmosferycznych. Jednakże należy wyraźnie podkreślić, że pogodowe instrumenty pochodne oferują możliwość zabezpieczenia się przed ryzykiem pogodowym typu niekatastroficznego (Geysler, 2004, s. 1–27).

Pogodowe instrumenty pochodne mają zazwyczaj strukturę swapów, kontraktów futures i opcji opartych na różnych bazowych indeksach pogodowych. Najczęściej stosowane w nich instrumenty bazowe (wskaźniki) to temperatura powietrza, opady, opady deszczu, opady śniegu i wiatr (Wang i in., 2015, s. 1–8).

Chociaż derywaty pogodowe mają wiele cech wspólnych z tradycyjnymi instrumentami pochodnymi oparty-

mi na towarach, to istnieje kilka istotnych różnic między tymi kontraktami. Po pierwsze, instrumenty pochodne na towary są wykorzystywane głównie w celu zabezpieczenia się przed ryzykiem cenowym (związanym ze zmianą cen towarów), podczas gdy pogodowe instrumenty pochodne są zwykle stosowane w celu zabezpieczenia się przed ryzykiem o charakterze stricte ilościowym. Po drugie, derywaty na towary mogą czasami wymagać fizycznej dostawy towaru bazowego (np. gazu, ropy) po z góry ustalonej cenie i w terminie z góry określonym. Natomiast derywaty pogodowe nigdy nie wiążą się z fizycznym dostarczeniem instrumentu bazowego (np. temperatura powietrza) i zawsze są rozliczane finansowo. Po trzecie, o ile w przypadku instrumentów pochodnych na towary na rynku działają również spekulanci, którzy dążą do osiągnięcia zysku w wyniku przyszłych zmian cen towarów, to derywaty pogodowe są wykorzystywane głównie do zabezpieczenia przed ryzykiem, a nie do spekulacji.

Istnieje pięć zasadniczych elementów każdego kontraktu pogodowego:

- a) bazowy wskaźnik pogody;
- b) okres, w którym wskaźnik się kumuluje (zazwyczaj sezon lub miesiąc);
- c) stacja pogodowa, która zgłaszaienne maksymalne i minimalne wskaźniki pogody;
- d) wartość w danej walucie przypisana każdemu ruchowi wskaźnika pogody;
- e) wartość odniesienia, tzw. „strike value” indeksu bazowego.

Analogiczne do tradycyjnych instrumentów pochodnych derywaty pogodowe występują w dwóch różnych formach, tzn. jako kontrakty pozagiełdowe i kontrakty giełdowe.

Zdecydowanie najczęstszym rodzajem pogodowych instrumentów pochodnych są derywaty bazujące na temperaturze powietrza. Stanowią one około 85% wszystkich transakcji na rynku pogodowych instrumentów pochodnych. Takie umowy zazwyczaj oparte są na liczbie dni ogrzewania (*HDD* – *heating degree day*) lub dni chłodzenia (*CDD* – *cooling degree day*) w okresie obowiązywania umowy (zwykle miesiąc lub sezon zimowy lub letni) w określonej lokalizacji. Liczba *HDD* lub *CDD* w dowolnym okresie jest miarą wielkości, o jaką średnia temperatura powietrza każdego dnia w tym okresie odbiega od 65 stopni Fahrenheita (18 stopni Celsjusza). Warto w tym momencie nadmienić, iż temperatura 18 stopni Celsjusza uznawana jest za umowną granicę między okresem, w którym używa się klimatyzatorów, a okresem grzewczym. Natomiast średnia temperatura powietrza stanowi 50% sumy najwyższej i najniższej temperatury w ciągu dnia:

$$CDD = \sum_{t=1}^{365} \max(0; w_t - 65^\circ)$$

$$HDD = \sum_{t=1}^{365} \max(0; 65^\circ - w_t)$$

gdzie:

$w_t$  jest średnią dzienną temperaturą w dniu  $t$ , mierzoną w stopniach Fahrenheita.

Na przykład przedsiębiorstwo, które spodziewa się zmniejszenia dochodów w wyjątkowo zimnym miesiącu, może ograniczyć swoje ryzyko, zawierając umowę z kontrahentem, na mocy której przedsiębiorstwo to otrzyma zapłatę od drugiej strony, jeśli liczba HDD w tym miesiącu przekroczy historyczną średnią. Zapłata nie będzie miała miejsca, jeśli liczba HDD w danym miesiącu będzie mniejsza od średniej z przeszłości. Premia, jaką przedsiębiorstwo będzie musiało zapłacić kontrahentowi za ten rodzaj opcji, zależy od postrzeganego poziomu ryzyka i maksymalnej zapłaty, jaką przedsiębiorstwo może otrzymać na podstawie zawartej umowy. W praktyce premie te wahają się od 10 do 30% wartości kontraktu.

W Europie jako alternatywę dla HDD i CDD stosuje się wskaźnik CAT (*cumulative average temperature*), czyli indeks przedstawiający średnią dzienną temperaturę powietrza. Kontrakty na skumulowaną średnią temperaturę (CAT) są dostępne w miesiącach letnich w Europie, co pozwala przedsiębiorstwom zabezpieczyć się przed miesięczną zmiennością poprzez śledzenie średniej dziennej temperatury w danym miesiącu.

Pogodowe instrumenty pochodne pojawiły się pod koniec lat 90. XX wieku, aby pomóc producentom energii elektrycznej zabezpieczyć się przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. Pierwszy taki kontrakt został podpisany w lipcu 1996 r., kiedy nieistniejąca już firma Aquila Energy ustanowiła zabezpieczenie dla dwóch towarów dla nowojorskiego skonsolidowanego przedsiębiorstwa Edison w związku z zapotrzebowaniem na energię elektryczną. W 1999 r. Chicago Mercantile Exchange uruchomiła pierwsze giełdowe instrumenty pochodne oparte na liczbach HDD i CDD w okresach miesięcznych lub sezonowych dla niektórych obszarów. Na tej giełdzie można kupić zarówno kontrakty futures, jak i opcje na kontrakty futures. Obecnie Chicago Mercantile Exchange organizuje obrót dla ponad 60 różnych kontraktów, w tym dla opcji i kontraktów terminowych na opady deszczu, opady śniegu i temperaturę powietrza, stając się największą na świecie giełdą pogodowych instrumentów pochodnych. Derywaty giełdowe o zmiennym kursie oparte na temperaturze powietrza są również oferowane na Londyńskiej Międzynarodowej Giełdzie Futures (Till, 2015, s. 1–9).

Z kolei kontrakty pogodowe pozagiełdowe można tworzyć dla każdej zmiennej pogodowej, ponieważ każdy taki kontrakt jest dwustronnie ustalony i negocjowany. Ostatnio dostępne na rynku pozagiełdowym stały się derywaty pogodowe oparte na wietrze, dzięki czemu właściciele farm wiatrowych mogą zabezpieczyć się przed ryzykiem słabych wiatrów. Kontrakty te są negocjowanymi umowami dwustronnymi, w których uwzględnia się zarówno prędkość wiatru, jak i charakterystykę wytwarzania energii przez turbiny wiatrowe. Firma Entergy-Koch Trading opracowała własne wskaźniki energetyki wiatrowej dla wybranych lokalizacji w USA i Europie. Indeks dla każdej lokalizacji jest zaprojektowany tak, aby odzwierciedlać ilość energii, która mogłaby być generowana w tej lokalizacji, w oparciu zarówno o dane prędkości wiatru, jak i krzywą generacji mocy, która odzwierciedla koszyk typowych turbin. Ze względu na fakt, że ilość energii wytwarzanej

przez turbinę wiatrową nie jest liniowo proporcjonalna do prędkości wiatru, wskaźniki siły wiatru nie są po prostu prędkością wiatru. Indeks mocy wiatru dla każdej lokalizacji jest skalibrowany w taki sposób, że indeks dla każdej lokalizacji wyniesie 100 podczas normalnego roku. Farma wiatrowa z pewnymi zobowiązaniami dotyczącymi obsługi długu może zatem zawierać umowę, która wygenerowałaby wystarczające środki na spłatę obsługi długu w dowolnym okresie umowy, w którym wskaźnik wiatru spadnie poniżej 90.

Około 10% transakcji na rynku derywatów pogodowych stanowią kontrakty związane z deszczem (Scarow, 2019, s. 1–8). Zazwyczaj umowy te opierają się na liczbie dni opadów, które występują w okresie obowiązywania umowy. W praktyce chodzi o liczbę dni, w których opady przekraczały określony poziom odniesienia. Pogodowe instrumenty pochodne oparte na opadach deszczu można wykorzystać do zabezpieczenia ryzyka związanego z energią pozyskiwaną w elektrowniach wodnych. Na przykład, przedsiębiorstwo, które korzysta z energii wodnej może zawrzeć umowę, na mocy której zostanie wypłacona określona kwota, jeśli lokalne opady deszczu będą poniżej średniej historycznej.

Rozliczenie derywatów pogodowych odbywa się zawsze w gotówce, w przeciwieństwie do wielu innych instrumentów pochodnych, w których kontrahenci mogą fizycznie dostarczyć towary bazowe lub papiery wartościowe po wygaśnięciu kontraktu. Wartość rozliczenia gotówkowego kontraktu oblicza się na podstawie ostatecznej wartości wskaźników HDD, CDD, opadów deszczu, opadów śniegu lub huraganu, pomnożonej przez określoną cenę. Prywatnie negocjowane derywaty pogodowe zazwyczaj oparte są na standardach określonych przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Swapów i Instrumentów Pochodnych.

Celem wykorzystania pogodowych instrumentów pochodnych, a także wszelkich innych instrumentów zarządzania ryzykiem jest ograniczenie zmienności przychodów i (lub) kosztów spowodowanych zmiennością warunków atmosferycznych. Środki finansowe wypłacane z tytułu posiadanych derywatów pogodowych mają pokryć utracone dochody i nadmierne koszty spowodowane niekorzystnymi warunkami pogodowymi. W związku z tym derywaty pogodowe można uznać za efektywne, jeżeli ich zastosowanie skutkuje niższą zmiennością zrealizowanych zysków, zmniejszając w ten sposób ryzyko przyszłych przepływów pieniężnych (Dunał, Kozik, 2017, s. 111). Zmienność zysków może zwiększyć wiarygodność kredytową przedsiębiorstwa i zapewnić niższe oprocentowanie kapitału pożyczkowego. Wyniki badań empirycznych przeprowadzonych w różnych krajach świata wskazują, że w praktyce pogodowe instrumenty pochodne istotnie przyczyniają się do ograniczenia ryzyka związanego z czynnikami atmosferycznymi.

Zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli 2, najczęściej stosowaną miarą ryzyka pogodowego jest wariancja i odchylenie standardowe, podczas gdy niektórzy autorzy stosują semiwariancję, argumentując to tym, że podmioty zabezpieczające się przed ryzykiem pogodowym obawia-



Tabela 2. Efektywność derywatów pogodowych

Autor	Miejsce	Instrument	Indeks pogodowy	Miara efektywności	Poziom redukcji ryzyka
Zara	Francja	Opcja kupna i opcja sprzedaży	Indeks hydrotermalny	Zmniejszenie odchylenia standardowego i współczynnika zmienności, wzrost średniej wydajności	22,06%
Vedenov, Barnett	USA	Opcja sprzedaży	Indeks temperatury, indeks opadów deszczu	Spadek wskaźnika średniej kwadratowej straty (MRSL) i wartości narażonej na ryzyka (VAR) oraz wzrost pewnego ekwiwalentnego dochodu (CER)	16,6 – 77,1%
Woodard, Garcia	USA	Opcja kupna i opcja sprzedaży	Indeks temperatury, indeks opadów deszczu	Spadek wskaźnika średniej kwadratowej straty (MRSL)	10,8 – 46,45%
Spaulding i inni	Rumunia	Opcja sprzedaży	Indeks opadów deszczu	Zmniejszenie współczynnika zmienności, wzrost średniego dochodu	39%
Marković, Jovanović	Niemcy	Opcja sprzedaży	Indeks opadów deszczu	Spadek odchylenia standardowego	40,42%

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Stulec i in., 2016, s. 356-362

ją się wyłącznie negatywnego aspektu ryzyka. Derywaty pogodowe są skutecznymi instrumentami ograniczania ryzyka, ponieważ ich wykorzystanie skutkuje niższą zmiennością ekonomicznej rentowności przedsiębiorstwa. Istniejące badania pokazują, że efektywność derywatów pogodowych jest różna w zależności od obszarów geograficznych i wykorzystanych instrumentów oraz waha się w granicach od 10,8 do 77,1% (Stulec i in., 2016, s. 356–362).

## Derywaty pogodowe a obligacje pogodowe

**P**osiadacze dużych otwartych pozycji w pogodowych instrumentach pochodnych mogą zabezpieczyć swoją ekspozycję na wiele sposobów, w tym poprzez zawieranie transakcji z innymi stronami, lub w przypadku instrumentów pochodnych opartych na temperaturze poprzez transakcje w obrocie giełdowym. Innym sposobem przeniesienia ryzyka są obligacje pogodowe.

Koncepcja obligacji pogodowych jest podobna do obligacji katastroficznych, które były okresowo stosowane od 1997 r. przez reasekuratorów w celu przeniesienia ryzyka związanego z katastrofalnymi zdarzeniami, takimi jak trzęsienia ziemi i huragany. Gdy emitowane są obligacje katastroficzne, wpływy ze sprzedaży są zdeponowane na rachunku jednostki specjalnego przeznaczenia. Obligatariusze otrzymują odsetki i kwoty główne z premii należnych reasekuratorowi. W zależności od struktury obligacji posiadacze obligacji tracą całość lub część płatności odsetek i kwoty głównej w przypadku wystąpienia zdarzenia katastroficznego objętego ubezpieczeniem. Na przykład w styczniu 2004 r. 5-letnia obligacja katastroficzna została wyemitowana przez podmiot specjalnego przeznaczenia w celu przeniesienia na posiadaczy obligacji ryzyka uszkodzenia przez

huragan w systemie przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej w Electricité de France. W obligacji zastosowano specjalnie skonstruowany wskaźnik, który nie tylko uwzględnia zarejestrowane prędkości wiatru w obszarze objętym systemem przesyłowym i dystrybucyjnym, ale także odzwierciedla podatność tego systemu na uszkodzenia spowodowane wiatrem. Gdy zmierzony indeks przekroczy punkt aktywacji, wypłaty dokonywane są na rzecz EDF niezależnie od tego, czy rzeczywiście wystąpiły uszkodzenia fizyczne.

Podobnie jak w przypadku obligacji katastroficznych, obligacje pogodowe można wykorzystać do przeniesienia na posiadaczy obligacji ryzyka pogodowego związanego z posiadaniem przez dany podmiot koszyka derywatów pogodowych. Pierwsza i jak dotąd jedyna obligacja pogodowa została wyemitowana w 1999 r., kiedy Entergy-Koch Trading współpracowała z ubezpieczycielem Goldmanem Sachsem, aby stworzyć 3-letnią ofertę o wartości 50 mln USD, która przeniosła na inwestorów ryzyko związane z portfelem 28 derywatów pogodowych na temperatury powietrza w 19 różnych miastach USA. Papiery wartościowe zostały zaoferowane przez spółkę Cayman, Kelvin Ltd. W tej sytuacji, jeżeli derywaty pogodowe straciłyby na wartości, emitent specjalnego przeznaczenia byłby zobowiązany do dokonania płatności na rzecz Entergy-Koch Trading zgodnie z warunkami umowy.

Również Międzypaństwowy Bank Rozwoju przygotowuje się do wprowadzenia oferty obligacji zależnych od pogody o wartości 300 milionów USD, która przeniesie na rynki kapitałowe portfel derywatów pogodowych, które należą do Entergy-Koch Trading. Kupony będą powiązane z wydajnością szerokiej gamy globalnych zagrożeń pogodowych, od prędkości wiatru w Hiszpanii do głębokości śniegu w Fukushima w Japonii. Emisja obligacji zostanie podzielona na trzy transze i zaoferuje

kupon gwarantowany w pierwszym roku. Następnie kupony będą powiązane z indeksem pogody i mogą się zmieniać w czasie. Apetyt inwestorów na te papiery wartościowe może być dobrym wskaźnikiem tego, czy obligacje pogodowe będą miały dobrą przyszłość.

## Zalety i wady pogodowych instrumentów pochodnych

**D**erywaty pogodowe są uważane za pochodne instrumenty finansowe. Jednak w związku z dalszym wzrostem ilości i różnorodności pochodnych instrumentów pogodowych granica między produktami rynku kapitałowego a produktami ubezpieczeniowymi się zaciera. Według opinii niektórych ekonomistów, pochodne warunki pogodowe są produktami ubezpieczeniowymi i powinny podlegać regulacjom związanym z ubezpieczeniami. Argumentują oni, iż przedsiębiorstwa zaangażowane w przejmowanie ryzyka za opłatą są znane jako ubezpieczyciele, a opłata uiszczana przez podmiot zamierzający przenieść ryzyko nazywa się składką ubezpieceniową. Taka regulacja derywatów pogodowych chroniłaby konsumentów przed nieuczciwymi warunkami umownymi oraz zapewniałaby utrzymanie odpowiednich rezerw ubezpieczeniowych.

Z kolei, zgodnie z argumentacją innych, derywaty pogodowe nie są ubezpieczeniem, bowiem w przeciwieństwie do ubezpieczeń derywaty pogodowe nie wymagają od strony poniesienia straty w celu otrzymania płatności. Pogodowe instrumenty pochodne to po prostu kontrakty z warunkowymi zobowiązaniami płatniczymi.

Ponieważ rynek derywatów pogodowych dojrzewa i wciąż rozwija się, wydaje się, że w nadchodzących latach odpowiednia klasyfikacja pochodnych instrumentów pogodowych będzie przedmiotem ciągłej dyskusji i debaty. Rozwiązanie tej debaty będzie miało znaczące implikacje regulacyjne, podatkowe i księgowo, które prawdopodobnie określą zakres, w jakim derywaty pogodowe staną się standardowymi narzędziami stosowanymi w finansowaniu projektów energetycznych.

Można wskazać co najmniej kilka pozytywnych aspektów wykorzystania derywatów pogodowych w celu zabezpieczenia się przed ryzykiem pogodowym. Do najważniejszych należą:

- a) łatwa i przejrzysta konstrukcja;
- b) niskie ryzyko niedotrzymania warunków w przypadku kontraktów giełdowych;
- c) w przypadku instrumentów pozagiełdowych konstrukcja dostosowana indywidualnie do potrzeb podmiotu korzystającego z zabezpieczenia;
- d) wysokość otrzymywanych płatności jest adekwatna do poniesionych strat;
- e) brak konieczności udokumentowania poniesionych szkód w celu uzyskania płatności;
- f) możliwość zawarcia kontraktu zabezpieczającego na krótki okres;
- g) unikatowość, gdyż jest to jedyny instrument umożliwiający redukcję niekatastroficznego ryzyka pogodowego.

Wykorzystanie pogodowych instrumentów pochodnych wiąże się także z negatywnymi konsekwencjami, do których zalicza się w szczególności:

- a) wysoki koszt korzystania z derywatów pogodowych;
- b) wysoki koszt pozyskiwania danych atmosferycznych lub brak ich wiarygodności;
- c) problem z rzetelną wyceną zjawiska pogodowego i ryzyka z nim związanego;
- d) brak powszechnie akceptowanego modelu wyceny derywatów pogodowych;
- e) zagrożenie powstania bańki spekulacyjnej na rynku w wyniku występowania dźwigni finansowej (Michalak, 2016, s. 112–121).

W 2006 roku zostały podjęte próby wprowadzenia derywatów pogodowych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Jednakże okazało się, że zainteresowanie tymi instrumentami w zasadzie było zerowe, dlatego też zdecydowano się na porzucenie tego projektu. Analizując zatem zachowania podmiotów gospodarczych w Polsce, można stwierdzić, iż w ciągu ostatnich lat nastąpił istotny wzrost świadomości i wiedzy wśród krajowych przedsiębiorstw dotyczącej zarządzania ryzykiem pogodowym. Otóż, przedsiębiorstwa w coraz większym stopniu są świadome skutków lekceważenia zmienności pogody i dlatego dążą do efektywnego zabezpieczania się przed ryzykiem z tym związanym. Dotyczy to nie tylko przedsiębiorstw bezpośrednio narażonych na skutki nieprzewidywalnych zmian pogodowych (np. branża budowlana, energetyczna, turystyczna), ale także tych przedsiębiorstw, które w sposób pośredni uzależnione są od zmian pogodowych (np. branża transportowa, finansowa). Stąd wydaje się, że problematyka zarządzania ryzykiem pogodowym, w szczególności za pomocą derywatów pogodowych, może stać się w najbliższej przyszłości niezwykle istotnym elementem procesu zarządzania przedsiębiorstwem, co doprowadzi do dalszego rozwoju tego aspektu zarządzania zarówno od strony teoretycznej, jak i praktycznej (Iwaszczuk, Łamasz, 2014, s. 4322–4332).

## Podsumowanie

**N**a podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, iż pogodowe instrumenty pochodne są skutecznymi instrumentami wykorzystywanymi w celu ograniczenia ryzyka pogodowego. Jednocześnie warto podkreślić, iż derywaty pogodowe stanowią ciekawą alternatywę w stosunku do ubezpieczeń pogodowych, zaliczanych do tzw. klasycznych instrumentów ograniczania ryzyka pogodowego. Istotną przewagą pogodowych instrumentów pochodnych nad produktami ubezpieczeniowymi związana jest między innymi z większą elastycznością derywatów, niższym kosztem zabezpieczenia przy wykorzystaniu tych instrumentów oraz ze stosunkowo niską dostępnością ubezpieczeń pogodowych w niektórych regionach świata.

Pomimo dynamicznego rozwoju w ostatnich kilkunastu latach rynku pogodowych instrumentów pochodnych na świecie, w Polsce do tej pory w zasadzie nie istnieje jeszcze rynek derywatów pogodowych. Głównym inicjatorem tworzenia i rozwoju rynku derywatów pogodowych



w Polsce, podobnie jak miało to miejsce w innych krajach na świecie, będzie najprawdopodobniej sektor energetyczny. Sytuacja ta wynika przede wszystkim ze specyficznego charakteru działalności w tym sektorze, dużego stopnia ekspozycji na ryzyko pogodowe oraz bogatego doświadczenia w zakresie wykorzystania innowacyjnych metod zarządzania ryzykiem.

Czynnikami ograniczającymi zainteresowanie pogodowymi instrumentami pochodnymi przez polskie przedsiębiorstwa energetyczne są głównie wciąż niski stopień urynkowania obrotu energią elektryczną oraz niski stopień konkurencji na rynku energii w Polsce. Jednak uwzględniając dynamiczny rozwój krajowego rynku finansowego, jego silną integrację z rynkiem europejskim i istotne powiązania z rynkiem światowym, należy oczekiwać również dynamicznego rozwoju rynku derywatów pogodowych w naszym kraju.

Umiejętne wykorzystanie przez polskie przedsiębiorstwa pogodowych instrumentów pochodnych w roli narzędzi zarządzania ryzykiem pogodowym umożliwi im w przyszłości osiągnięcie korzyści wynikających z większej stabilności przepływów finansowych. Przyczyni się to do skutecznego planowania i bardziej efektywnego zarządzania w działalności przedsiębiorstw.

W tym miejscu należy wspomnieć, że derywaty pogodowe jako instrumenty wchodzące w skład rynku instrumentów pochodnych mogą być wykorzystywane również do spekulacji. W tym przypadku motywem zakupu tych instrumentów nie jest zabezpieczenie przed ryzykiem, lecz chęć osiągnięcia ponadprzeciętnych zysków wynikających z zawierania niepokrytych w rzeczywistości transakcji. Oprócz przedsiębiorstw i rolników wykorzystujących pogodowe instrumenty pochodne w celu zarządzania ryzykiem, niektóre fundusze hedgingowe postrzegają bowiem derywaty pogodowe jako sposób generowania zwrotów z inwestycji, które nie są skorelowane, ani powiązane z innymi klasami aktywów, takimi jak akcje czy obligacje.

Wykorzystanie instrumentów pochodnych przez przedsiębiorstwo wymaga właściwego z punktu widzenia zasad rachunkowości ich uwzględnienia w sprawozdaniach finansowych. Wiąże się z tym szereg wątpliwości i problemów, które mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych, bardziej pogłębionych badań z zakresu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie.

---

**dr hab. Piotr Misztal, prof. uczelni**  
**Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach**  
**Wydział Prawa i Nauk Społecznych**  
**ORCID: 0000-0003-2609-3439**  
**e-mail: pmisztal@ujk.edu.pl**

## Bibliografia

[1] Barriau P., Scaillet O. (2010), *A Primer on Weather Derivatives*, [in:] A.J. Filar, A. Haurie (eds.), *Uncertainty and Environmental Decision Making: A Handbook of Research and Best Practice*, International series in operations research & management science, Springer, New York, pp. 155–176.

- [2] Burchard-Dziubińska M. (2016), *Ryzyko pogodowe na rynku ubezpieczeń*, „*Ekonomia XXI wieku*”, Nr 4, s. 46–56.
- [3] Clemmons L. (2002), *Introduction to Weather Risk Management*, [in:] E. Banks (ed.), *Weather Risk Management. Markets, Products and Applications*, Palgrave, New York, pp. 3–5.
- [4] Czekaj Z. (2016), *Derywaty pogodowe jako instrument zarządzania ryzykiem pogodowym*, „*Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny*”, Nr 1, s. 217–228.
- [5] Dischel B. (2019), *Weather Risk Management at the „Frozen Falls Fuel Company”*, pp. 1–7, <https://www.adtrading.com>, access date: 10.07.2019.
- [6] Dordević B.S. (2018), *Hedging by Using Weather Derivatives in Winter Ski Tourism*, „*Economics of Agriculture*”, No. 1, pp. 125–142.
- [7] Dunal P., Kozik M. (2017), *Problematyka pomiaru efektywności zabezpieczenia przed ryzykiem rynkowym w rachunkowości instrumentów pochodnych w świetle wprowadzenia MSSF 9*, „*Ekonomiczne Problemy Usług*”, Nr 2, s. 109–120.
- [8] EUMETSAT (2019), *The High-quality Observations of EUMETSAT Satellites are Vital for Weather Forecasting*, <https://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/WhatWeDo/MonitoringWeather/index.html>, access date: 12.08.2019.
- [9] European Commission (2019), *Climate Change Consequences*, [https://ec.europa.eu/clima/change/consequences\\_en/](https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_en/), access date: 12.08.2019.
- [10] Geysler J.M. (2004), *Weather Derivatives: Concept & Application for Their Use in South Africa*, „*Extension and Rural Development University of Pretoria Working Paper*”, No. 3, pp. 1–27.
- [11] Głodziński E. (2014), *Zarządzanie projektami w warunkach niepewności – zakres i metodyka*, „*Przegląd Organizacji*”, Nr 7, s. 34–40.
- [12] Iwaszczyk N., Łamasz B. (2014), *Współczesne metody zarządzania ryzykiem pogodowym podmiotów gospodarczych sektora energetycznego*, „*Logistyka*”, Nr 4, s. 4322–4332.
- [13] Jajuga K. (red.), (2018), *Zarządzanie ryzykiem*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- [14] Jajuga K., Jajuga T. (2015), *Inwestycje. Instrumenty finansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- [15] Knight F.H. (1921), *Risk, Uncertainty and Profit*, Houghton Mifflin Company, Iowa City.
- [16] Korombel A. (2017), *Apetyt na ryzyko – próba uporządkowania terminologii*, „*Przegląd Organizacji*”, Nr 4, s. 47–53.
- [17] Marciniak Z. (2001), *Zarządzanie wartością i ryzykiem przy wykorzystaniu instrumentów pochodnych*, SGH, Warszawa.
- [18] Michalak D. (2016), *Transfer ryzyka pogodowego jako instrument adaptacji podmiotów gospodarczych do zmian klimatu*, „*Rozprawy Ubezpieczeniowe*”, Nr 20, s. 112–121.
- [19] NOAA (2018), *NOAA's Contribution to the Economy; Powering America's Economy and Protecting Americans*, <https://www.performance.noaa.gov/wp-content/uploads/NOAA-Contribution-to-the-Economy-Final.pdf/>, access date: 12.08.2019.
- [20] Preś J. (2007), *Zarządzanie ryzykiem pogodowym*, CEDEWU, Warszawa.



- [21] Scarrow J. (2004), *Weather Derivatives as a Financing Tool*, „Project Finance Newswire”, April, pp. 1–8.
- [22] Stulec I., Petljak K., Bakovic T. (2016), *Effectiveness of Weather Derivatives as a Hedge Against the Weather Risk in Agriculture*, „Agricultural Economics”, No. 62, pp. 356–362.
- [23] Stulz R.M. (1996), *Rethinking Risk Management*, „Journal of Applied Corporate Finance”, Vol. 3, No. 9, pp. 8–25.
- [24] Till H. (2015), *Why Haven't Weather Derivatives Been More Successful as Futures Contracts? A Case Study*, „Journal of Governance and Regulation”, Vol. 4, No. 4, pp. 1–9.
- [25] *Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym*, Dz.U. 2007, Nr 89, poz. 590.
- [26] Wang Z., Li P., Li L., Huang Ch., Liu M. (2015), *Modeling and Forecasting Average Temperature for Weather Derivative Pricing*, „Advances in Meteorology”, March, pp. 1–8.
- [27] Weather Risk Management Association (2020), <https://wrma.org/resources/weather-risk-management/>, access date: 26.04.2020.
- [28] Xia N., Zou P.X., Griffin M.A., Wang X., Zhong R. (2018), *Towards Integrating Construction Risk Management and Stakeholder Management: A Systematic Literature Review and Future Research Agendas*, „International Journal of Project Management”, Vol. 5, No. 36, pp. 701–715.
- [29] Zawila-Niedźwiecki J. (2013), *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym w zapewnianiu ciągłości działania organizacji*, edu-Libri, Kraków-Warszawa.

## Managing Weather Risk Using Weather Derivatives

---

### Summary

The aim of the article is to indicate the main advantages and disadvantages as well as possibilities of using weather derivatives to reduce weather risk in conditions of increasing climate changes. The text also addresses the issue of weather bonds used to limit open positions in weather derivatives. The study uses a research method based on literature studies in the field of finance, economic geography, and management. The results of the analysis indicate that weather derivatives are effective instruments for limiting weather risk and can be an alternative to traditional risk mitigation tools, which is weather insurance.

### Keywords

weather risk, weather derivatives, risk management

---