

**Ewelina Sokołowska**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

## **POCHODNE INSTRUMENTY POGODOWE W ZARZĄDZANIU RYZYKIEM**

### **1. Wstęp**

Szacuje się, że ok. 20% gospodarki dotyczy niebezpieczeństwo strat wynikłych ze zmian pogody [Internet 2]. Prawdopodobnie aż 70% wszystkich przedsiębiorstw narażone jest przynajmniej częściowo na ryzyko zmiany warunków atmosferycznych [Internet 4]. Pomimo niezwykle intensywnego postępu technicznego i technologicznego jak dotąd nie znaleziono sposobu na skuteczne sterowanie pogodą. Do sektorów szczególnie wrażliwych na zmiany pogody należą przede wszystkim: rolnictwo, energetyka, turystyka, budownictwo, a także wiele innych. Zarządzanie ryzykiem zmiany pogody jest procesem, który umożliwia ograniczenie negatywnego wpływu zmiany pogody na wyniki finansowe przedsiębiorstw. Prognozy pogody umożliwiają przedsiębiorstwom podejmowanie decyzji związanych z minimalizowaniem strat lub też wpływają w decydujący sposób na decyzje związane z rozpoczęciem lub zaniechaniem określonych przedsięwzięć. Można zatem stwierdzić, że wiarygodne prognozy pogody umożliwiają podejmowanie lepszych decyzji. Wiele przedsiębiorstw ponadto odznacza się wrażliwością na zmiany pogody w trakcie sezonu. W ostatnich latach nastąpił widoczny postęp w zakresie konstruowania innowacji finansowych, w tym instrumentów umożliwiających zarządzanie ryzykiem pogodowym. Narzędzia umożliwiające hedging przed stratami wynikłymi ze zmian warunków atmosferycznych obejmują ubezpieczenia pogodowe i pochodne instrumenty pogodowe. Przemysł ubezpieczeniowy odgrywa główną rolę w przejmowaniu ryzyka katastrofalnego i oferowaniu rozwiązań długoterminowych. Z kolei pochodne instrumenty pogodowe znakomicie spełniają funkcję stabilizatorów dla krótkotrwałych i mniej intensywnych zmian warunków atmosferycznych. Celem artykułu jest przedstawienie podstawowych rodzajów pochodnych instrumentów pogodowych, a także zaprezentowanie możliwości, jakie stwarzają te instrumenty w procesie zarządzania ryzykiem zmiany pogody w przedsiębiorstwach.

## 2. Charakterystyka i istota ryzyka pogodowego

Pogoda jest jednym z bardzo istotnych czynników ekonomicznych, oddziałujących na wielką liczbę podmiotów gospodarczych. Zmiany pogody mogą powodować dotkliwe straty w działalności wielu przedsiębiorstw spowodowane przerwami w ich działalności. Długotrwałe opady deszczu uniemożliwiają np. terminową realizację inwestycji budowlanych. Obfite opady śniegu wymagają przeznaczania dodatkowych środków w celu odśnieżania rejonu, natomiast brak śniegu powoduje obniżenie przychodów ośrodków narciarskich. Z kolei zimne lato może wpłynąć na mniejszą sprzedaż zimnych napojów, ciepła zima zaś powoduje spadek sprzedaży dla producentów ciepła.

Ryzyko pogodowe wynika ze zmienności warunków atmosferycznych w analogicznych okresach kolejnych lat. Zmienność pogody oznacza odchylenie określonych jej parametrów od parametrów przeciętnych obliczonych w danym miejscu i czasie w ciągu wielu lat. Pojęcia ryzyka pogodowego używa się w literaturze, aby opisać finansowe narażenie przedsiębiorstwa na takie zdarzenia pogodowe, jak ciepło, zimno, opady deszczu i śniegu lub wiatr. Inna definicja określa je jako finansowy zysk lub stratę spowodowane zmiennością dziennych warunków pogodowych [Internet 3]. Ryzyko pogodowe można także opisać jako niepewność przepływów pieniężnych i zysków spowodowaną zmiennością pogody [Cohen]. Wielkość ryzyka pogodowego jest zróżnicowana w zależności od miejsca i czasu jego pomiaru. Należy przy tym dokonać rozróżnienia pomiędzy pojęciem ryzyka pogodowego i ryzyka klimatycznego. Ryzyko klimatyczne oddziałuje przede wszystkim na długoterminowe decyzje przedsiębiorstw. Z kolei ryzyko pogodowe ma zdecydowanie większy wpływ na decyzje operacyjne związane z utrzymaniem płynności w podmiotach gospodarczych i na zarządzanie aktywami obrotowymi. Jeszcze innym rodzajem ryzyka jest ryzyko katastrofalne. Źródłem tego ryzyka są żywioły powodujące klęski naturalne (np. powódź, trzęsienie ziemi), a ostatnio także działania człowieka powodujące klęski ekologiczne lub ataki terrorystyczne. Ryzyko pogodowe może w związku z tym bezpośrednio i pośrednio oddziaływać na następujące zmienne w przedsiębiorstwie [Michalski, Kupczyk]:

A. Wielkość (wolumen) sprzedaży i ceny produktów (wyrobów i usług), towarów lub materiałów w wyniku zmian popytu (wpływ na przychody operacyjne).

B. Wielkość zakupów i ceny czynników produkcji (wpływ na koszty operacyjne).

C. Możliwości produkcyjne, handlowe czy usługowe i tym samym na wielkość sprzedaży i ceny (wpływ na przychody lub koszty operacyjne).

D. Zysk na operacjach finansowych w przypadku inwestowania w aktywa przedsiębiorstw narażonych na ryzyko pogodowe (wpływ na przychody lub koszty finansowe).

### 3. Definicje i rodzaje pochodnych instrumentów pogodowych

Pierwszym sektorem, w którym dostrzeżono wagę ryzyka pogodowego, był sektor energetyczny. Deregulacja amerykańskiego rynku energetycznego na początku lat 90. zapoczątkowała rozwój transakcji terminowych opartych przede wszystkim na indeksach pogodowych. Nieoficjalnie pozagiełdowy rynek pochodnych instrumentów pogodowych rozpoczął się w 1997 r., kiedy zawarto kontrakt swapowy pomiędzy Koch Energy (obecnie Energy-Koch) i firmą Enron. Nietypowo ciepła zima na przełomie 1997/1998 r. spowodowała ogromne straty w gospodarce amerykańskiej i wpłynęła na rozwój i wzrost liczby zawieranych transakcji terminowych przy wykorzystaniu pochodnych instrumentów pogodowych. Obecnie rozwój rynku pochodnych instrumentów pogodowych ma miejsce nie tylko w Stanach Zjednoczonych, ale również w Europie i Azji. Pochodne instrumenty pogodowe dostępne są na rynku zarówno giełdowym, jak i pozagiełdowym. Pierwszą giełdą na świecie, która zaoferowała pochodne instrumenty pogodowe w 1999 r., była giełda Chicago Mercantile Exchange w Stanach Zjednoczonych. Instrumentami zaoferowanymi przez giełdę były kontrakty *futures* i opcje bazujące na indeksach temperatury [Internet 2]. Obecnie giełda CME oferuje miesięczne i sezonowe kontrakty na indeksy HDD/CDD dla 35 lokalizacji na całym świecie [Internet 1]. Pochodne instrumenty pogodowe można znaleźć na wielu giełdach światowych, takich jak: London International Futures and Options Exchange od 2001 r. czy też Intercontinental Exchange również od 2001 r. Prognozy rozwoju rynku pogodowych instrumentów pochodnych na najbliższe dekady mówią o wykładniczym tempie ich rozwoju. W okresie 2006/2007 wartość rynku kontraktów pogodowych wyniosła ok. 19,2 mld dol. [Internet 5].

Pochodne instrumenty pogodowe to narzędzia, których wartość zależy od zajścia określonego zdarzenia pogodowego. Są one relatywnie nowym produktem na rynku finansowym. Instrumenty te są wykorzystywane przez przedsiębiorstwa w celu zabezpieczenia przed negatywnymi skutkami zmiany pogody i ich wpływem na wyniki finansowe przedsiębiorstw. Pochodne instrumenty pogodowe nie są tożsame z ubezpieczeniami. Ubezpieczenia są wykorzystywane przede wszystkim w celu ochrony przed zdarzeniami katastroficznymi o niskim prawdopodobieństwie ich wystąpienia, takimi jak huragany czy też tornada. Derywaty pogodowe, w kontraście, obejmują zdarzenia o wysokim prawdopodobieństwie zajścia, jak np. lato bardziej suche, niż przewidywano. Fundamentalną różnicą pomiędzy pochodnymi instrumentami pogodowymi a ubezpieczeniami jest także sposób obliczania potencjalnej wypłaty. W przypadku ubezpieczenia odszkodowanie jest wypłacane w razie faktycznego poniesienia straty, natomiast wykorzystanie pochodnych instrumentów pogodowych umożliwia uzyskanie dochodu na podstawie konkretnej formuły obliczeniowej, niezależnie od strat rzeczywiście poniesionych.

Transakcje zawierane w ramach pochodnych instrumentów pogodowych obejmują przede wszystkim opcje typu *cap*, *floor* i *collar*, kontrakty *futures*, swapy, a także produkty strukturyzowane i hybrydowe. Podstawowymi indeksami stanowiącymi

bazę pochodnych instrumentów pogodowych są indeksy poziomu temperatury, opadów deszczu lub śniegu, prędkości wiatru, a także różne kombinacje tych parametrów. Umowy terminowe „meteo” są konstruowane i rozliczane w odniesieniu do określonego indeksu. Podmiot zabezpieczający się otrzymuje wypłatę na podstawie umowy zawsze, kiedy indeks pogody przekroczy poziom referencyjny ustalony w tej umowie. Jak dotąd, większość transakcji zawieranych na rynku koncentrowała się na zarządzaniu ryzykiem zmiany temperatury w danym sezonie.

Transakcje pogodowe zawierane na rynku pozagiełdowym obejmują przede wszystkim swapy. Swapy są symetrycznymi kontraktami negocjowanymi pomiędzy dwiema stronami, w których partnerzy transakcji zobowiązują się do wymiany strumieni pieniężnych na określonych warunkach. Kontrakty swapowe są z reguły rozliczane gotówkowo. Jedna ze stron umowy zarabia, jeżeli indeks pogodowy przekroczy określoną wartość. Druga strona transakcji zyskuje, jeżeli indeks spadnie poniżej poziomu referencyjnego. Zysk jednej strony transakcji jest dokładnie równy stracie strony przeciwnej. Podobną konstrukcję mają kontrakty *futures*, sprzedawane na rynku giełdowym. W symetrycznych transakcjach typu *futures* strona długa transakcji zyskuje, jeżeli indeks pogodowy wzrośnie powyżej poziomu określonego w umowie, strona krótka zaś zyskuje, jeżeli indeks pogodowy spadnie poniżej poziomu określonego w umowie. Innymi popularnymi konstrukcjami są opcje. Opcje stanowią mogą instrumenty rynku zarówno giełdowego, jak i pozagiełdowego. Opcje dają nabywcy prawo do zakupu lub sprzedaży instrumentu podstawowego po określonej cenie w przyszłości. Opcje typu *cap* wykorzystywane są w zarządzaniu ryzykiem pogodowym w celu ustalenia maksymalnej ceny i zabezpieczenia przed wzrostem indeksu powyżej określonego poziomu. Opcje typu *floor* z kolei umożliwiają ustalenie ceny minimalnej i służą zabezpieczeniu przed spadkiem wartości indeksu poniżej określonego poziomu w przyszłości. Dokonując zakupu opcji *cap* lub *floor*, inwestor ma możliwość nie tylko zabezpieczenia się przed gwałtownym wzrostem lub spadkiem indeksu, ale również korzystania z tytułu zmiany ceny. Ponadto na rynku terminowych kontraktów pogodowych dostępne są opcje typu *collar*. Nabywca takiej opcji nie otrzymuje płatności, jeżeli wartość indeksu fluktuuje w określonym przedziale możliwej jego zmiany. Wypłata jest możliwa, jeżeli indeks wzrośnie powyżej poziomu indeksu uznanego w umowie za „normalny” lub spadnie poniżej tego poziomu. Inwestorzy mają też możliwość handlu instrumentami pochodnymi nie tylko w celu zabezpieczenia przed zmianami warunków atmosferycznych. Włączenie tych instrumentów do portfeli umożliwia ich dywersyfikację, ponieważ ryzyko pogodowe nie jest skorelowane z innymi rodzajami ryzyka.

Głównymi uczestnikami rynku pochodnych instrumentów pogodowych są: sprzedawcy energii, przedsiębiorstwa ubezpieczeniowe i reasekuracyjne, instytucje finansowe, brokerzy pozagiełdowego rynku instrumentów pochodnych, a także fundusze hedgingowe. Użytkownikami końcowymi (*end users*) pochodnych instrumentów pogodowych są przedsiębiorstwa z różnych sektorów. Najczęściej są to lokalne przedsiębiorstwa gazownicze i elektrociepłownie, dystrybutorzy oleju, gospodar-

stwa rolnicze i masarnie, przedsiębiorstwa budowlane, przedsiębiorstwa produkujące żywność i napoje, hotele i pensjonaty, samorządy lokalne i przedsiębiorstwa transportowe.

#### 4. Opcje pogodowe w zarządzaniu ryzykiem w przedsiębiorstwie

Opcje pogodowe są instrumentami, których wartość bazuje na określonym indeksie pogodowym. Osiągnięcie zysku lub straty zależy od relacji pomiędzy aktualną wartością tego indeksu a ceną wykonania opcji. Pogodowe opcje typu *put* umożliwiają ich nabywcy osiągnięcie dochodu, jeżeli aktualna wartość indeksu pogodowego będzie niższa niż cena jego wykonania. W przypadku pogodowych opcji typu *call* zależność ta będzie odwrotna. Instrumenty te będą umożliwiały osiągnięcie dochodu, jeżeli aktualna wartość indeksu pogodowego będzie wyższa niż cena jego wykonania. Opcje oparte na indeksach temperatur umożliwiają w przedsiębiorstwach zarządzanie ryzykiem zmiany temperatury. Większość kontraktów pogodowych (w tym także opcji pogodowych) oparta jest na indeksie temperatur i bazuje na tzw. stopniodniach: HDD i CDD. Umowy na HDD, czyli *Heating Degree Days*, stosowane są w celu zabezpieczenia przez wzrostem temperatury w zimie. Natomiast umowy na CDD, czyli *Cooling Degree Days*, wykorzystywane są w celu zabezpieczenia przed spadkiem temperatury latem. Indeksy HDD i CDD definiowane są następująco:

$$1. \text{ HDD} = \max(0, 65 F - T_i),$$

gdzie: HDD – liczba stopniodni,

$F$  – jednostka; w stopniach Fahrenheita,

$T_i$  – średnia temperatura dzienna.

$$2. \text{ CDD} = \max(0, T_i - 65 F),$$

gdzie: CDD – liczba stopniodni,

$F$  – jednostka; w stopniach Fahrenheita,

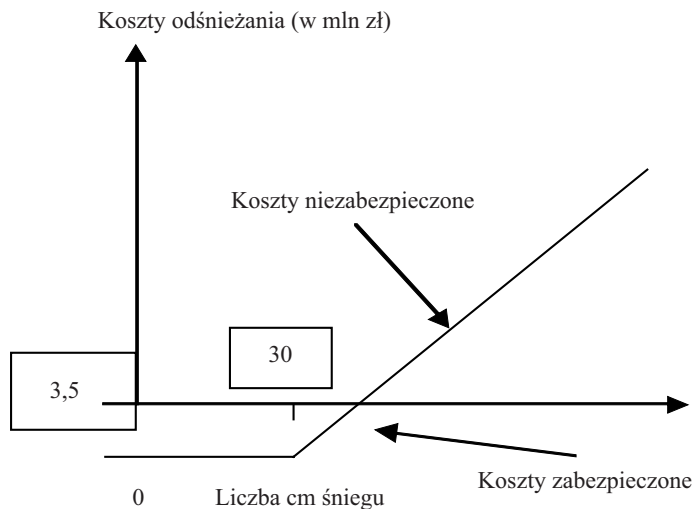
$T_i$  – średnia temperatura dzienna.

Indeksy te zliczają sumę odchyłeń (ujemnych i dodatnich odpowiednio) średniej temperatury dziennej  $T_i$  od temperatury referencyjnej, przyjętej jako parametr umowy, w ciągu ustalonej liczby dni. Należy zwrócić uwagę na sposób liczenia średniej dziennej temperatury. Średnia ta jest wyrażana jako:  $(T_i \text{ max} + T_i \text{ min})/2$ . Zakup opcji na CDD zabezpiecza przed spadkiem temperatury w lecie, a zakup opcji na HDD umożliwia zabezpieczenie przez wzrostem temperatury w zimie. Opcje pogodowe mogą też bazować na indeksach poziomu śniegu. Wykorzystanie opcji pogodowej bazującej na indeksie poziomu śniegu przedstawia przykład 1.

##### Przykład 1

Założmy, że samorząd lokalny ma zamiar zabezpieczyć się przed wzrostem kosztów odśnieżania w okresie nadchodzącej zimy. Założmy też, że samorząd przeznaczył 3 000 000 zł na odśnieżanie terenów na swoim obszarze w trakcie nadchodzącej

zimy. Kwota ta ma pokryć koszty sprzętu i pracy wykorzystanych do odśnieżenia 30 cm śniegu. Oszacowano także, że w przypadku większych opadów i związanej z tym pracy w godzinach nadliczbowych każde dodatkowe 1,25 cm śniegu kosztować będzie samorząd 250 000 zł. Rozwiązaniem problemu może być zakup opcji bazującej na poziomie opadów śniegu, która gwarantuje wypłatę 250 000 zł za każde 1,25 cm śniegu powyżej poziomu 30 cm. Opcja gwarantować będzie nabywcy wypłatę do maksymalnej wysokości opadów wynoszącej 50 cm. Pozostałymi cechami opcji są: cena za opcję ( premia): 500 000 zł, czas życia opcji: listopad-marzec, wartość indeksu wykonania: 35 cm, limit górny zmiany indeksu: 50 cm, tick: 250 000 zł, limit zmiany ceny: 4 000 000 zł. Wykres wypłaty związany z pogodową opcją typu *call* prezentuje rys. 1.



Rys. 1. Dochód inwestora dokonującego zakupu pogodowej opcji *call*

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 1 przedstawiono kalkulację kosztów odśnieżenia regionu, przyjmując określone prawdopodobieństwa wystąpienia opadów śniegu. W wariantcie 1 założono, że samorząd wykorzysta opcję typu *call* do zarządzania ryzykiem pogodowym. W wariantcie 2 założono, że samorząd nie będzie stosował żadnych instrumentów w celu zabezpieczenia kosztów odśnieżenia regionu.

Analizując tabelę kosztów odśnieżenia regionu, można wyciągnąć określone wnioski. Jeżeli nastąpi wzrost opadów śniegu powyżej 25 cm, potencjalny dochód z tytułu zastosowania opcji *call* dokładnie zrównoważy wzrost kosztów odśnieżenia. Oznacza to, że dzięki zastosowaniu opcji pogodowej samorząd lokalny gwarantuje sobie, że koszt odśnieżenia regionu wyniesie dokładnie 3 500 000 zł. Można zauważyć, że średni oczekiwany koszt odśnieżenia regionu jest wyższy w wariantcie 1,

Tabela 1. Kalkulacja kosztów odśnieżania regionu

Prawdopodobieństwo ( w %)	Poziom śniegu (w cm)	Wariant 1. Koszty odśnieżania ( w zł)	Wariant 2. Koszty odśnieżania ( w zł)
4	15	3 500 000	3 000 000
5	17,5	3 500 000	3 000 000
7	20	3 500 000	3 000 000
9	22,5	3 500 000	3 000 000
10	25	3 500 000	3 000 000
12	27,5	3 500 000	3 000 000
15	30	3 500 000	3 000 000
12	32,5	3 500 000	3 500 000
10	35	3 500 000	4 000 000
8	37,5	3 500 000	4 500 000
4	40	3 500 000	5 000 000
3	42,5	3 500 000	5 500 000
1	45	3 500 000	6 000 000
Średnia	30	3 500 000	3 465 000

Źródło: opracowanie własne.

w którym zakładamy wykorzystanie opcji pogodowej. Główną korzyścią zastosowania instrumentu jest wyeliminowanie zmienności związanej z niespodziewanymi zmianami warunków atmosferycznych w okresie zimowym. Rozwiązanie to nie jest pozbawione wad. Często wskazuje się, że podstawową wadą, która ogranicza korzystanie z instrumentów pochodnych, są wysokie koszty transakcyjne. Ponadto brak wiedzy na temat stosowania tych produktów powoduje, że wiele podmiotów, wykorzystując je w sposób niewłaściwy, może spowodować ogromne straty. Szczególnie ryzykowna jest pozycja wystawcy opcji.

## 5. Zakończenie

Pochodne instrumenty pogodowe oferują zupełnie nowe możliwości zarządzania ryzykiem związanym ze zmianami warunków atmosferycznych. Obecnie rynek finansowy proponuje wiele innowacyjnych instrumentów pogodowych, do których należą kontrakty *futures*, opcje typu *cap*, *floor* i *collar* czy też swapy pogodowe. Zastosowanie tych narzędzi jest skutecznym rozwiązaniem, umożliwiającym stabilizację przepływów pieniężnych w przedsiębiorstwach i zabezpieczenie przed stratami. Instrumenty pogodowe mogą ponadto być wykorzystywane w celu dywersyfikacji portfeli inwestycyjnych, ponieważ ryzyko pogodowe nie jest skorelowane z innymi rodzajami ryzyka rynkowego.



## Literatura

- Brown S.L., Errera S., *Trading Energy Futures*, Quorum Books, New York 1987.
- Cohen J., *What Is Weather Risk?*, <http://www.retailenergy.com>.
- Michalski G., Kupczyk J., *Wpływ ryzyka pogodowego na finansową efektywność przedsiębiorstwa*, uczelnia.ae.wroc.pl/admin/visual/download.asp?ID=34247.
- Nicor Incorporated, *Nicor Reports First Quarter 2000 Earnings*, 18 April 2000.
- Wiśniewska E., *Gieldowe instrumenty pochodne*, CeDeWu, Warszawa 2007.

## Źródła internetowe

- [1] <http://www.cme.com>.
- [2] <http://www.cme.com/weather/weather.html>.
- [3] <http://www.jpres.ps.pl/opis.html>.
- [4] <http://www.weatherriskadvisory.com/weather.htm>.
- [5] <http://www.wrma.com>.

## WEATHER DERIVATIVES IN RISK MANAGEMENT

### Summary

Weather and climate are fundamental drivers of economic activity and financial risk. Weather affects a wide range of industries, including energy, agriculture, insurance, construction, retail, and transport, among others. Weather derivatives are a relatively recent kind of financial products developed to manage weather risks, and currently the weather derivatives market is one of the fastest-growing derivative markets. The development of weather derivatives represents one of the recent trends toward the convergence of insurance and finance. This article presents an overview of weather risks, weather derivatives, and the weather derivatives market, and examines the effectiveness of hedging using these instruments.