

Teplotné deriváty charakteru opcí ako nástroje na elimináciu dôsledkov poveternostného rizika

Miloš TUMPACH – Zuzana JUHÁSZOVÁ*

Option-based Temperature Derivatives as the Instruments for Elimination of Weather Risk Impacts

Abstract

Derivative instruments are widely accepted tools in hedging against market risks. However, they can be used for elimination of impacts of non-market risks as well. Weather derivatives, like other Arrow-Debreu instruments (Jaimungal, 2004) provide specific payouts in the case of occurrence of weather risk events (e.g. temperature and precipitations). Dissimilarity of such risks even in very close areas and inability to settle them directly by delivery of underlying, makes the effective application of such derivatives dependent both on of the analytical model and on availability of the relevant empirical data as well. This paper is focused on certain issues in application of option-based temperature derivatives.

Keywords: risk management, financial instruments, weather derivatives, HDD, CDD

JEL Classifications: Q54, G19

Úvod

Inherentnou charakteristikou podnikania je existencia rizika, ktoré je, v závislosti od konkrétnych podmienok, schopné vo väčšej alebo v menšej miere determinovať nielen priebeh tejto ekonomickej činnosti, ale aj jej výsledky. Okrem všeobecných trhových rizík, ktorým sú vystavené všetky subjekty pôsobiace na trhu, ako je napríklad *trhové riziko*, *úverové riziko*, *riziko likvidity*, *riziko ovplyvňujúce peňažné toky* alebo *riziko právnych sporov*, existujú aj riziká, ktoré sú špecifické pre jednotlivé odvetvia a ktorých podstatou je relatívna nezávislosť od

* Miloš TUMPACH – Zuzana JUHÁSZOVÁ, Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava 5; e-mail: tumpach@euba.sk; juhasz@euba.sk

subjektov pôsobiacich na trhu. K nim patria aj riziká z negatívneho vplyvu *klimatických faktorov*, ktoré môžu ovplyvniť najmä sektory *poľnohospodárstva, stavebníctva, turistického ruchu* alebo *výroby a distribúcie energie*. K negatív- nemu vplyvu je možné zaradiť najmä *znižovanie dopytu po produkcii, zvyšova- nie prevádzkových nákladov* alebo *obmedzenie produkcie v dôsledku technolo- gických a agrotechnických limitov*. Klasické nástroje zabezpečenia proti tejto forme rizika – napríklad formou *poistných zmlúv* – nie sú v tomto prípade dostatočné, predovšetkým preto, lebo umožňujú iba náhradu reálne vynalože- ných zdrojov, avšak abstrahujú od kompenzácie ušlého zisku a sú zamerané skôr na udalosti s *nízkou pravdepodobnosťou*, ale *vysokým potenciálom negatívneho dopadu*. K zásadnej zmene prišlo s nástupom deetaticizácie a liberalizácie energe- tického sektora koncom 20. storočia, ktorý v konečnom dôsledku viedol k roz- šíreniu vplyvu rizika nepriaznivého počasia aj na subjekty, ktoré na tomto trhu pôvodne pôsobili s garanciou kompenzácie prípadných strát zo strany štátu. V tejto situácii siahli koncom 90. rokov dvadsiateho storočia energetické koncer- ny k vytvoreniu derivátnych finančných nástrojov, ktoré by im umožnili efek- tívne sanovať nielen prípadné *reálne* straty, ale aj *alternatívne (oportunity)* straty zodpovedajúce nerealizovanému zisku – a to s využitím rovnakých mecha- nizmov, aké sa už dlhodobo uplatňujú v rámci nákupu a predaja cenných papierov a v oblasti obchodovania s komoditami. Od roku 1997, keď sa medzi spoloč- nosťami Koch a Enron uskutočnila prvá transakcia viazaná čisto iba na kli- matické faktory,¹ zaznamenal objem obchodov s nástrojmi zabezpečenia voči riziku nepriaznivého počasia rapidný nárast – v máji 2005 dosiahol ročný objem obchodov 8,3 mld USD [28] a kumulatívny objem prekročil v septembri 2005 objem 22 mld USD odchodov [9]. Napriek uvedenej dynamike trhu (tvoriaceho tak mimoburzové obchody, *over the counter – OTC*, ako aj obchody na Chicag- skej komoditnej burze) sa trh s derivátmi na počasie stále vyznačuje všeobecne nižšou likviditou a vyššou obchodnou maržou [1, s. 3]. Článok sa preto bude zaoberať nielen možnosťami využitia derivátov na počasie pri eliminácii do- padov podnikateľského rizika, ale aj ich obmedzeniami, ku ktorým patria nielen alternatívne ciele investovania v rámci tohto segmentu (osobitne obchodovanie s emisnými povoleniami v Európe), no predovšetkým obmedzené použitie bežne rozšírených nearbitrážnych modelov oceňovania opcií, ako napríklad Blackov- -Scholesov model [4]. *Prvá časť* článku sa bude venovať najmä analýze súčas- ného stavu využitia derivátov na počasie pri eliminovaní negatívnych economic- kých efektov zmien premenných zodpovedajúcich jednotlivým stavom počasia. *V druhej časti* sa sústredíme hlavne na opčné deriváty, ktorých podkladovou

¹ V roku 1996 spoločnosť Aquilla uskutočnila prvý obchod, v rámci ktorého išlo o dodávku energie viazanú na klimatické faktory.

veličinou je kumulatívny počet stupňov teploty prekračujúcich počas stanoveného obdobia určenú hranicu. V *tretej časti* uvádzame analýzu jednotlivých prístupov k metodike stanovenia parametrov teplotných opcií určujúcich ich finančnú odozvu a efektívnosť pri eliminovaní dopadov (volumetrického) rizika. Vo *štvrtnej časti* budú zhrnuté jednotlivé závery týkajúce sa aplikácie modelov empirickej analýzy so zreteľom na podmienky malých a stredných podnikov v strednej Európe.

1. Volumetrické riziko zodpovedajúce vplyvu počasia

V súvislosti s podnikaním sú jednotlivé ekonomické subjekty vystavené špecifickým rizikám jednotlivých variantov budúceho vývoja. K nim, samozrejme, patria aj riziká z nepredvídateľného vývoja počasia. Dutton [13] uvádza, že v roku 2000, keď hrubý domáci produkt USA v bežných cenách dosahoval 9,817 biliónov USD, bola takmer jedna jeho tretina generovaná v odvetviach *priamo* citlivých na zmeny počasia – v oblasti poľnohospodárstva to bolo napríklad 100 %, v odvetví ťažby nerastných surovín 86 %, stavebníctva 100 %, dopravy a verejných služieb 95 %, maloobchodnom predaji 100 %, v sektore financií, poisťovníctva a obchodu s nehnuteľnosťami 19 % a v rámci ostatných služieb 12 %. Úroveň HDP v roku 2005 tento význam ešte zvyšuje,² aj pri predpoklade určitého poklesu relatívneho pomeru produkcie citlivej na vplyv počasia k celkovému HDP medzi rokmi 2000 a 2005 (v dôsledku nárastu významu priemyselnej produkcie, ktorá je voči týmto faktorom relatívne neutrálna).

Stratégia na vyrovnanie sa s rizikom *nepredvídateľného vývoja počasia* závisia od charakteru a dlhodobosti rizika:

- v prípade *krátkodobých, ale intenzívnych výkyvov počasia* (napr. hurikány alebo záplavy) by sa mal podnik zamerať viac na eliminovanie tých faktorov, ktoré na tieto výkyvy reagujú senzitívnejšie, a súčasne využiť nástroje poistenia;
- v prípade *sezónnych výkyvov počasia* je vhodnou stratégiou okrem poistenia zabezpečiť sa prostredníctvom derivátnych nástrojov (*derivátov na počasie*);
- v prípade *dlhodobých klimatických zmien* by podnik mal zvážiť ďalšie pôsobenie v danej oblasti, prípadne využívať nástroje umožňujúce dlhodobé zabezpečenie proti možnému riziku.

Ťažiskom rizík zo sezónnych výkyvov je pritom takzvané *volumetrické riziko*, ktoré vyplýva predovšetkým zo zníženia rozsahu realizovaných výnosov ako priameho dôsledku nepriaznivého počasia. Deriváty na počasie umožňujú zabezpečiť sa proti tomuto riziku na základe mechanizmu, ktorý napomáha

² Podľa nedávnych údajov vládneho Bureau for Economic Analysis (2006) bol hrubý domáci produkt USA v roku 2005 v bežných cenách 12 487,1 bilióna USD.

kompenzovanie negatívnych efektov v prípade jednej kategórie subjektov, a to vytvorením ekonomickej väzby k pozitívnym finančným dopadom, ktoré môžu mať tieto zmeny počasia v prípade iných subjektov. Kým napríklad na *energetické podniky a strediská zimných športov* môže teplé počasia na jar pôsobiť negatívne (v dôsledku znížených tržieb), pozitívny vplyv sa naopak prejaví u *odberateľov tepla, producentov chladených nápojov* alebo v *sektore stavebníctva* – v dôsledku zvýšených výnosov, znížených nákladov alebo možnosti zvýšiť obrátkovosť vloženého kapitálu. To umožňuje, aby v *špecifických prípadoch* boli tieto zabezpečovacie nástroje uzatvárané bez významných transakčných nákladov – pretože ak sa pri obchodovaní s nimi stretnú účastníci, z ktorých jeden má (napríklad) za podmienky teplého počasia zisk a iný stratu, ich pozície sa môžu pomocou derivátu vzájomne vyrovnáť.

2. Charakteristika derivátov na počasia

Aj keď teoretické aspekty využitia derivátnych nástrojov v oblasti zabezpečovania boli rozpracované už koncom 50. rokov dvadsiateho storočia [23], skutočný rozvoj v tejto oblasti nastal až začiatkom 80. rokov [21]. Vymedzenie derivátov je možné nájsť v Medzinárodných štandardoch finančného výkazníctva (*International Financial Reporting Standards*), podľa ktorých ide o osobitnú formu finančných nástrojov a kontraktov, ktoré sa vyznačujú tým, že *ich hodnota sa mení v dôsledku zmeny úrokovej miery, ceny finančného nástroja, ceny komodity, kurzu cudzej meny, cenového indexu, úverového hodnotenia, alebo inej premennej, ktorá (ak nemá finančný charakter) nesmie byť špecifická iba pre niektorú zo zúčastnených strán zmluvy*. K ďalším požiadavkám patrí, že deriváty *si nevyžadujú žiadnu úvodnú platbu (alebo je táto platba nižšia ako v prípade iných kontraktov, ktoré majú rovnakú odozvu na danú podkladovú premennú) a sú uhradené k budúcemu dátumu* (IAS 39.9, 2006).³

Keďže derivátne finančné nástroje je možné vyrovnáť aj kompenzáciou vzájomných záväzkov medzi zúčastnenými stranami a doplatením prípadného rozdielu, vzniká priestor na to, aby sa tento nástroj dal využiť nielen na reálne, ale aj na špekulatívne obchodovanie s komoditami, cennými papiermi a cudzími menami, ktoré predávajúci ani nemusia mať fyzicky k dispozícii (čo je ideálne práve v prípade *derivátov na počasia*).

³ *Application Guidance* (IAS 39.AG 1) uvádza, že tie deriváty na počasia, ktoré nespádajú do pôsobnosti IFRS 4 (poistné zmluvy), spadajú do pôsobnosti IAS 39. To potvrdzujú aj *Východiská pre prijaté závery* (*Basis for Conclusions*), dopĺňajúce štandard IFRS 4, ktoré v článku 56 explicitne uvádzajú, že na rozdiel od minulosti sú aj deriváty na počasia považované za (finančné) deriváty a spadajú do pôsobnosti IAS 39.

Táto charakteristika sa však dá využiť aj na eliminovanie možného rizika z trhových a iných zmien: ak môže napríklad odložené uhradenie dolárovej pohľadávky slovenského dodávateľa (v menovitej hodnote V_n (USD)) viesť k strate (π) v dôsledku zníženia kurzu dolára oproti slovenskej korune ($k_{\text{súčasnosť}}$ (Sk/USD) $<$ $k_{\text{budúcnosť}}$ (Sk/USD)), dodávateľ môže toto riziko kompenzovať inou transakciou, ktorá bude zahŕňať nákup korún v objeme:

$$V_n \text{ (USD)} \times k_{\text{súčasnosť}} \text{ (Sk/USD)}$$

pričom nákup sa uskutoční k dohodnutému odloženému dátumu, v rozsahu menovitej hodnoty pohľadávky a za súčasný kurz $k_{\text{súčasnosť}}$ (Sk/USD). Strata z poklesu kurzu dolára tak bude kompenzovaná ziskom plynúcim z využitia súčasného (výhodnejšieho) kurzu na nákup korún. Podniky pritom nemusia vopred viazať celkový objem prostriedkov vo výške danej pohľadávky pri dohodnutí takéhoto derivátneho obchodu, dokonca ani pri jeho vyrovnaní – stačí, ak sa peňažne vyrovná iba pohyb kurzu.

Pretože investícia do derivátov si nevyžaduje žiadnu úvodnú platbu, alebo táto platba je relatívne nízka v porovnaní s nederivátovými obchodmi s podkladovou komoditou (cudzou menou alebo cenným papierom) opcie, takýto spôsob zabezpečenia je možné použiť pri celej množine potenciálnych rizík. V závislosti od povahy transakcie tvoriacej predmet derivátu je možné rozoznávať viaceré jeho formy: *opcie* (deriváty garantujúce jednej zo zúčastnených strán právo, ale nie povinnosť uskutočniť transakciu za vopred stanovených podmienok), *forvardy* (deriváty garantujúce uskutočnenie obchodu v určitom období za špecifickú cenu), *futurity* (predstavujúce štandardizovanú formu forvardov realizovanú na burze), *svapy* (deriváty, ktorých predmetom je uskutočnenie transakcie medzi dvomi stranami, týkajúcej sa výmeny rovnakej podkladovej premennej, ale s inými parametrami – napríklad v súčasnosti známa fixná úroková miera istiny sa vymieňa za variabilnú úrokovú mieru zodpovedajúcu referenčnej úrokovej sadzbe, ktorá bude aktuálna v budúcnosti), ako aj ich *vzájomné kombinácie* (napr. opcie na futurity, svapcie a pod.).

Deriváty na počasie patria medzi derivátne finančné nástroje, ktorých špecifikom je to, že podkladovou komoditou nie sú hmotné statky alebo práva, ale stavy zodpovedajúce určitému počasiu.

Hoci teoreticky môže byť predmetom derivátov na počasie akýkoľvek klimatický faktor (*teplota, zrážky, vlhkosť vzduchu, počet slnečných dní, počet veterných dní*), najdynamickejšie sa rozvíjajú deriváty na počasie, ktoré sú viazané na priemernú teplotu dosiahnutú v jednotlivých dňoch sledovaného obdobia. Trhovým štandardom sú v zimnom období (z pohľadu trhu s derivátmi na počasie mu zodpovedá čas od novembra do marca) predovšetkým deriváty viazané na ukazovateľ HDD (*Heating Degree Days*)⁴ uvádzajúci súčet kladného rozdielu teploty 65°F (ekvivalent 18,34°C)⁵ a priemernej teploty za všetky dni zimného

obdobia, počas ktorých je tento rozdiel kladný. Rovnako sa postupuje aj v letnom období (máj až september) v prípade ukazovateľa CDD (*Cooling Degree Days*), ibaže v tomto prípade sa vychádza zo súčtu kladného rozdielu medzi priemernou teplotou jednotlivých dní a teplotou 65°F, a to za všetky dni letného obdobia:

$$HDD_i \equiv \max \left\{ 18,34^\circ\text{C} - \frac{T_i^{\max} + T_i^{\min}}{2}; 0 \right\}$$

$$CDD_i \equiv \max \left\{ \frac{T_i^{\max} + T_i^{\min}}{2} - 18,34^\circ\text{C}; 0 \right\}$$

Poznámka: T_i^{\max} a T_i^{\min} zodpovedajú maximálnej resp. minimálnej teplote zistenej v jednotlivých dňoch sledovaného obdobia.

Hoci využitie ukazovateľov HDD a CDD v oblasti obchodovania s derivátmi na počasie je najrozšírenejšie, deriváty na počasie možno viazať aj na maximálnu teplotu, minimálnu teplotu alebo priemernú teplotu daného obdobia [14]. Napríklad, kým teplotné deriváty na počasie týkajúce sa zimného obdobia sú v USA aj v Európe fixované na index HDD, v prípade letných mesiacov sa v USA viac uplatňujú deriváty viazané na CDD, kým v Európe zase deriváty viazané na index priemernej teploty stanoveného obdobia CAT (*Cumulative Average Temperature*) [9; 15, s. 1].

Efektívnosť využitia tejto formy derivátov na počasie je podmienená charakteristikami kontraktu, na základe ktorého derivát na počasie vlastne vzniká – teda o aký typ kontraktu ide, v akej pozícii sa daný podnik vo vzťahu ku kontraktu nachádza, na aké obdobie je kontrakt uzavretý, čo tvorí podkladovú komoditu/premennú kontraktu (napr. index CDD alebo HDD), aká je hladina na realizáciu daného kontraktu (napríklad HDD za mesiac január bude 60), aká prémie za uzavretie kontraktu, údaje z ktorého referenčného miesta (meteorologickej stanice) sa budú považovať za smerodajné na vyhodnocovanie podmienok derivátu, aký je cenový kvocient pri prekročení realizačnej hladiny derivátu o jednu mernú jednotku, a spravidla aj aká maximálna suma môže byť v rámci daného derivátu vyplatená.

⁴ HDD – jednotka vykurovacieho gradientu, CDD – jednotka chladiaceho gradientu.

⁵ Táto hranica bola zvolená vzhľadom na poznatok, že ak je skutočná teplota vyššia, domácnosti si vyžadujú dodávku tepla na vykurovanie (*heating*), a naopak, ak je nižšia, je zvýšená požiadavka na energiu vyvolaná zapojením klimatizačných zariadení do činnosti v chladiacej prevádzke (*cooling*). Do úvahy však prichádza aj uplatňovanie voľne zvolenej hraničnej teploty (ukazovateľ VDD – *Variable Degree Days*), alebo teploty potrebnej na zabezpečenie biologického režimu rastlín – vtedy sa uplatňuje ukazovateľ GDD (*Growing Degree Days*), ktorý je vymedzený intervalom teploty 50° – 86°F (10° – 30°C).

Efektívnosť zabezpečenia proti dôsledkom riziku z výkyvov počasia zodpovedá súčasne tak povahe rizika, ako aj povahe zabezpečovacieho derivátu na počasia. V prípade *kúpnych opcií (call options) viazaných na jednotky vykurovacieho gradientu (HDD)* platí, že platba pri realizácii opcie závisí od skutočného kumulatívneho počtu týchto jednotiek v danom období ($\sum HDD_i$), realizačnej hladiny opcie zodpovedajúcej vopred stanovenému počtu jednotiek v stanovenom období (a), cenového kvocientu jednotky vykurovacieho gradientu (ρ) nad stanovenou úrovňou:

$$\text{platba pri realizácii opcie} = \rho \times \max(\sum HDD_i - a; 0)$$

V prípade *predajných opcií (put options) viazaných na jednotky vykurovacieho gradientu* je závislosť determinovaná rovnakými veličinami ako v prípade *kúpnych opcií*, avšak je orientovaná opačne:

$$\text{platba pri realizácii opcie} = \rho \times \max(a - \sum HDD_i; 0)$$

Povaha a uplatnenie *kúpnych* alebo *predajných opcií* závisí aj od toho, či je podnik v pozícii subjektu, ktorý opcie vystavil (ide teda o vystavenú opciu – *written option*), alebo ide o subjekt, ktorý opcie obstaral (v tomto prípade ide o nakúpenú opciu – *purchased option*). Vystaviteľ opcie totiž poskytuje nadobúdateľovi právo uskutočniť obchod za vopred stanovených podmienok, pričom ako odmenu za budúce riziko dostáva vopred stanovenú prémii vo fixnej výške. Odmena nadobúdateľa naopak závisí od vývoja budúcich podmienok počasia, a to najmä z toho pohľadu, či budú výhodnejšie ako dohodnuté podmienky opcie (schéma 1).

Mechanizmus platieb sa v prípade *derivátov na počasia* (teda aj opcií) líši od klasických komoditných a menových derivátov najmä tým, že deriváty na počasia nie je možné, ani teoreticky, vyrovnať dodaním podkladovej premennej (teda zabezpečením počasia v určitom období v súlade s podmienkami derivátu). V prípade *derivátov na počasia* sa teda nevychádza z rozdielu medzi vopred stanovenou cenou a aktuálnou cenou podkladovej premennej, ako je to v prípade tradičných derivátov (kde sú podkladovou premennou komodity alebo finančné nástroje), ale z rozdielu medzi vopred stanovenou a skutočnou hodnotou teplotného indexu (ten vlastne vystupuje zástupne v pozícii ceny) a cenového kvocientu (ρ). Tieto skutočnosti determinujú finančnú odozvu týchto derivátov v prípade jednotlivých zúčastnených strán – v situácii, v ktorej by hodnota teplotného indexu (HDD_{kum}) bola nižšia ako realizačná hladina (a), *nadobúdateľ kúpnej opcie* by musel nad rámec opčnej premie zaplatiť aj sumu zodpovedajúcu súčinu a) rozdielu medzi hodnotou teplotného indexu a realizačnej hladiny a b) príslušného cenového kvocientu. Realizácia opcie by tak bola pre neho nevýhodná –

dá sa teda predpokladať, že nadobúdateľ túto možnosť nevyužije a platba z titulu *realizácie* opcie potom bude *nulová*. Čistým výsledkom z jeho pohľadu bude iba prípadná platba, ktorú vyplatil vystaviteľovi opcie z titulu jej *uzavretia* (r_o). Naopak, v prípade, že hodnota teplotného indexu by bola vyššia ako realizačná hladina (čiže v danom období by bolo teplejšie počasie, než by zodpovedalo stanovenému limitu), potom má jej nadobúdateľ právo obdržať platbu od vystaviteľa a čistým ziskom je rozdiel medzi touto platbou a prémie zaplattenou za vystavenie tejto opcie (r_o):

$$\text{zisk z opcie} = \min \left[\rho \times \max(\sum HDD_i - a; 0); L_h \right] - r_o$$

Táto transakcia má však svoje symetrické zobrazenie u druhej zúčastnenej strany (schéma 2) – z pohľadu *vystaviteľa kúpnych opcií* však v tomto prípade nejde o *obstarané*, ale o *vystavené opcie* a zisk sa dosahuje z rozdielu opčnej prémie (r_o) a čiastky, ktorú musel vystaviteľ poskytnúť druhej strane, v prípade teplejšieho počasia, teda ak bola hodnota teplotného indexu vyššia ako stanovená realizačná hladina (a_i). Do úvahy pritom treba vziať aj limit čiastky (L_h), ktorým sa štandardne obmedzuje výška poskytnutého plnenia tak, aby nedosiahla neprimerane vysoké riziko.

$$\text{zisk z opcie} = r_o - \min \left[\rho \times \max(\sum HDD_i - a; 0); L_h \right]$$

V prípade *obstaraných predajných opcií* (schéma 3) dosiahne naopak jej *nadobúdateľ* výhodu vtedy a len vtedy, ak je skutočná hodnota teplotného indexu *nižšia*, ako bola vopred stanovená realizačná hladina opcie (a), teda v prípade, ak je počasie v danom období chladnejšie. Tento princíp má v prípade *klasických derivátov* opodstatnenie v tom, že nadobúdateľ nemá záujem predávať podkladové aktívum v prípade, ak ho môže realizovať na voľnom trhu za vyššiu cenu (nadobúdateľ má právo, ale nie povinnosť využiť možnosti opcie). V prípade *derivátov na počasie* síce alternatívnu možnosť obchodovania s počasím na voľnom trhu absentuje, avšak mechanizmus výpočtu hodnoty plnenia by viedol k tomu, že realizácia opcie by za týchto podmienok bola pre nadobúdateľa nevýhodná (*out of money*).

Naopak, u *vystaviteľa predajnej opcie* vedie mechanizmus platieb (zahŕňajúcich kombináciu *prémie z uzavretia opcie a platieb z jej realizácie*) k tomu, že opcia je pre vystaviteľa výhodná iba vtedy, ak skutočné podmienky počasia v danom období (vyjadrené hodnotou indexu HDD) zodpovedajú teplejšiemu počasiu (index HDD je vyšší), než je vopred určená realizačná hladina opcie (schéma 4), čím sa zamedzí realizácii opcie druhou stranou kontraktu – nadobúdateľom, pretože v tomto prípade by nadobúdateľ musel sám poskytnúť plnenie. Výsledkom kontraktu je tak iba prémie ktorú zaplatil nadobúdateľ vystaviteľovi.

Z uvedených charakteristík vyplýva, že využitie opcií závisí od charakteru rizika z pôsobenia tých faktorov počasia, voči ktorému sa podnik zabezpečuje. Ako sme už uviedli ťažiskovým je (popri riziku zo zvýšených prevádzkových nákladov) *volumetrické riziko* spočívajúce v negatívnom ovplyvnení výšky tržieb (tab. 1), čo – v prípade existencie vysokých *fixných nákladov* – môže vyvolávať existenčné problémy podniku.

T a b u ľ k a 1

Využitie teplotných opcií pri eliminácii dôsledkov volumetrického rizika v prípade zimného počasia

| | | Podnik predpokladá v danom období | |
|---|--|---|---|
| | | <i>miernu zimu</i> (nízka hodnota HDD) | <i>extrémne studenú zimu</i> (vyššia hodnota HDD) |
| <i>Tržby klesajú (alebo prevádzkové náklady rastú) v prípade:</i> | <i>miernej zimy</i> (napr. dodávateľ tepelnej energie) | – vystavená kúpna opcia; – nakúpená predajná opcia | * |
| | <i>extrémne studenej zimy</i> (napr. stavebný podnik) | * | – vystavená predajná opcia; – nakúpená kúpna opcia |

* Podnik môže využiť opcie na špekulatívne účely, ale riziko sa skôr zvyšuje.

Prameň: Vlastné spracovanie.

3. Finančná odozva teplotných opcií ako faktor efektívnosti pri eliminovaní dôsledkov volumetrického rizika

Či už sa podnik zabezpečuje proti riziku vyplývajúcejmu z nepriaznivého vplyvu počasia formou nakúpených alebo vystavených *kúpnych*, alebo *predajných opcií*, využitie týchto nástrojov v uvedenej funkcii je podmienené schopnosťou podniku správne určiť ich efektívnosť – čo si vyžaduje predovšetkým posúdenie finančnej odozvy týchto opcií na rizikové faktory počasia – zodpovedajúcu transakčným nákladom (v podobe prémie z uzatvorenia opcie a nákladov súvisiacich s účasťou na systéme obchodovania) a plneniu v prípade realizácie tejto opcie. Určenie prémie z uzavretia zmluvy obsahujúcej opciu jej vystaviteľom však nie je jednoduché, keďže prístupy uplatňované v tomto kontexte od polovice 70. rokov minulého storočia a vychádzajúce zo všeobecne rozšíreného Blackovho-Scholesovho *modelu* nie je možné v prípade *opcií na počasie* použiť – alebo aspoň nie bez výraznej modifikácie. Ku kľúčovým predpokladom uplatňovaným v rámci uvedeného modelu patrí predovšetkým [4] predpoklad *stochastického charakteru vývoja ceny podkladovej premennej, možnosť reálneho dodania podkladovej premennej, a to prakticky v ľubovoľne nízkom objeme, neexistencia arbitrážneho obchodovania* a predpoklad *konštantnej úrokovej miery*. Avšak, napriek tomu, že stanovenie hodnoty opcií na základe Blackovho-Scholesovho *modelu* vychádza teoreticky z rovnakých matematických

základov ako modely prognózy vývoja počasia (v oboch prípadoch sa vychádza z *Wienerovho procesu* aproximujúceho geometrický *Brownov pohyb*), Blackov-Scholesov *model* nie je možné využiť predovšetkým preto, lebo nie je možné obchodovať s dodávkou samotného počasia, a tak sa hodnota uvedených opcií neodvíja od *hodnoty samotného počasia*, ale od ohodnotenia *rizika pôsobenia takéhoto počasia*. Davis [11, s. 305] a Cao a Wei [7] uvádzajú, že ďalším dôvodom, ktorý neumožňuje využiť Blackov-Scholesov *model*, je aj fakt, že neexistuje dostatočne likvidný trh s derivátmi na počasia, čo v spojitosti s tým, že nie je možné obchodovať so samotným počasím, zabraňuje vytvoreniu bezrizikového portfólia kombinácie počasia a opcií. Dischel [12] uvádza, že deriváty na počasia majú charakter takzvaných *ázijských opcií*, ktorých hodnota závisí od priemeru hodnôt ich podkladovej premennej v určitých obdobiach, a nie *európskych opcií* (s ktorými sa operuje v Blackovom-Scholesovom modeli), ktorých hodnota závisí od stavu existujúceho k určitému dátumu. Rovnako Barrieu a Karoui [3] poukazujú na fakt, že deriváty na počasia sú ilikvidné a nereplikovateľné, nie je teda možné uplatňovať bezrizikové chápanie.

Za uvedených podmienok sa pri stanovení *parametrov finančnej odozvy derivátu na počasia* (realizačnej hladiny, cenového kvocientu, prémie z uzavretia opcie) postupuje podľa toho, aký dopad má tento derivát na počasia na celkové podnikateľské riziko daného subjektu. Pokiaľ sa toto riziko dôsledku derivátu na počasia *neznižuje* (typicky vtedy, ak je daný subjekt účastníkom zmluvy o deriváte na počasia z iných dôvodov než na účely zníženia svojho rizika, napr. ide o formu investičného podnikania), uvedené parametre nemôžu byť odvodené na základe *vzťahu k tržbám* alebo *prevádzkovým nákladom citlivým na zmenu podmienok počasia*, a preto sa musí vychádzať z posúdenia rizika negatívnych peňažných tokov inherentných samotnému derivátu na počasia. To vedie k uplatneniu modelov predikcie týchto peňažných tokov na základe axiómy, že je možné vytvoriť *viac či menej efektívny model prognózovania počasia* alebo aspoň *model zovšeobecňujúci charakteristiky počasia* v danom období. Správnosť modelu prognózy peňažných tokov má dopad na efektívnosť derivátu na počasia z pohľadu všetkých zúčastnených strán, pretože poklesom prémie za uzavretie derivátu na počasia sa jednak zvyšuje dostupnosť týchto derivátov, a súčasne sa znižuje výška *cenového kvocientu* požadovaného podnikmi od vystaviteľa v prípade prekročenia realizačnej hladiny opcie o jednu jednotku teplotného indexu (či už HDD alebo CDD).

Schéma 5 ilustruje, že ak podnik vystavený riziku negatívneho vplyvu počasia pokladá za najpravdepodobnejší rizikový variant hodnotu teplotného indexu na úrovni t_0 a odhaduje sumu prostriedkov potrebných na kompenzáciu výpadku tržieb alebo zvýšených prevádzkových nákladov vo výške $|p_0|$, potom

pri prémii vo výške $|p_1|$, ktorú musí zaplatiť za uzavretie zmluvy o deriváte na počasie, očakáva, že cenový kvocient bude vo výške zodpovedajúcej $tg(\alpha)$. V prípade poklesu premie na úroveň $|p_1|$ je však pre neho dostačujúci aj cenový kvocient na úrovni zodpovedajúcej $tg(\beta)$. To súčasne znižuje možné riziko tej zmluvnej strany kontraktu, ktorá musí po prekročení realizačnej hladiny uskutočniť platbu aj v prípade, ak je to pre ňu nevýhodné (typicky je to tá strana, ktorá zároveň prijala premiu za uzatvorenie takéhoto derivátu), čo zase opätovne môže viesť k súhlasu so znížením uvedenej premie.

Medzi najpresnejšie, ale aj najkomplexnejšie modely *prognózovania* počasia patria tie, ktoré uplatňujú simulácie s využitím stochastických procesov, pričom jednotlivé modely sa líšia okrem použitého algoritmu aj rozsahom použitých vstupných parametrov.

Skukla [27] a Stix [29] uvádzajú príklady modelov prognózy podmienok počasia v USA v závislosti od výskytu fenoménu El Niño a La Niña, a to na základe predpokladu, že cirkulácia vzdušných prúdov a zrážkovosť je v istých obdobiach závislá viac od teploty morského povrchu než od východiskového stavu atmosféry pri vytváraní prognózy. Neumann a Pierson [25] v inej súvislosti uvádzajú, že podmienky počasia sú vo všeobecnosti výsledkom vzájomných interakcií medzi atmosférou a hydrosférou, v dôsledku ktorých dochádza k akumulácii a uvoľňovaniu energie získanej v priebehu solárneho cyklu. Lazou [20] priradzuje k týmto faktorom aj biosféru a kryosféru. K nim je možné prirodzene zaradiť aj vplyv globálneho otepľovania v dôsledku industriálnych aktivít človeka (schéma 6 ilustruje vývoj priemernej teploty, na ktorom je zrejмый postupný nárast priemernej ročnej teploty v oblasti Viedne od 50. rokov devätnásteho storočia, teda približne od začiatku druhej priemyselnej revolúcie).

Využitie stochasticky orientovaných modelov umožňuje dennú simuláciu počasia za obdobia, na ktoré sa deriváty na počasie uzatvárajú. Výsledkom je súbor syntetických dát o odhadovaných premenných súvisiacich s počasím (napr. priemerných teplôt), z ktorých sa následne odvodí predpokladané aktuálne hodnoty teplotných indexov HDD, CDD alebo CAT a, v závislosti od stupňa požadovanej spoľahlivosti výsledkov a prípustnosti odchýlok, stanoví sa aj interval, v ktorom sa tieto výsledky môžu pohybovať.

Parametre určujúce finančnú odozvu derivátu na aktuálne podmienky počasia (teda premia z jeho uzatvorenia, realizačná hladina a cenový kvocient) sa v tomto prípade stanovujú na základe výsledkov získaných ako výstupy z uvedených modelov, posúdenia miery variability uvedených výsledkov a rizika nespoľahlivosti tohto modelu (tzv. *marking to model approach*), ako aj na základe ochoty druhej strany akceptovať takto stanovené podmienky (tento prístup sa označuje ako *marking to market approach*). Keďže ide o veľký počet interakcií medzi jednotlivými prvkami klimatického systému schopných ovplyvniť jeho výsledný

stav, metódy dennej simulácie patria k najpresnejším metódam, hoci nejde o presnosť absolútnu (sú v podstate iba lepšie ako iné, menej spoľahlivé metódy). Cambell a Diebold [6, s. 2] preto spochybňujú potrebu vytvoriť na tento účel štruktúrny model prognózy počasia.

Vzhľadom na komplexnosť tohto prístupu, ako aj na fakt, že žiaden zo subjektov na trhu nie je ani pomocou neho schopný uskutočniť spoľahlivú prognózu vývoja počasia dostatočne včas, dochádza v praxi k jeho modifikácii, a to v podobe odvodenia závislosti medzi *parametrami ovplyvňujúcimi finančnú odozvu opcií a aktuálnymi klimatickými podmienkami*, ku ktorým patrí aj využívanie stochastických modelov zohľadňujúcich zmenu hodnoty teplotných opcií v nadväznosti na čas [12]. Zeng [31, s. 72] navrhuje model, ktorý kombinuje rozdelenie pravdepodobnosti vytvorené na základe údajov o priemernej teplote za predchádzajúce obdobia a údaje trojmesačnej prognózy vývoja počasia na základe údajov *národných meteorologických referenčných inštitúcií*, na základe ktorých by sa simulovala predpokladaná úroveň teplotných indexov v budúcom období, a následne aj parametre odozvy derivátu na počasie.

McIntyre [22] vychádza zo štatistickej analýzy historických dát, pričom na vyjadrenie rizika plynúceho z využívania derivátov na počasie uplatňuje koncepciu *rizika zisku (profit at risk – PAR)*. Naopak, v prípade modelov, ktoré sa zameriavajú na zovšeobecnenie charakteristiky počasia určitého obdobia na báze analýzy historických dát, sa uplatňujú predovšetkým modely časových radov (napr. [2]), *lineárne stochastické modely* využívajúce autoregresné procesy kĺzavých priemerov (MA, ARMA, SAR, SARIMA), autoregresné procesy s premenlivými režimami (SETAR, STAR, MSW) alebo rozvinuté do modelov volatility založených na autoregresných procesoch s podmienenou heteroskedasticiou (ARCH, GARCH, IGARCH, FIGARCH).

Záver

Aj keď za územie Slovenskej republiky absentujú empirické dáta, ktoré by kvantifikovali negatívny vplyv počasia na jednotlivé odvetvia hospodárstva, dá sa predpokladať volumetrické riziko z pôsobenia týchto faktorov najmä v odvetví cestovného ruchu, poľnohospodárstva a stavebného priemyslu. Dôsledky tohto rizika môžu aj podniky v Slovenskej republike čiastočne eliminovať s využitím derivátov na počasie – za predpokladu, že sa im podarí nájsť partnera, ktorý bude ochotný poskytnúť (ak ide o vystaviteľa derivátu na počasie) alebo akceptovať (ak ide o nadobúdateľa) také parametre finančnej odozvy derivátu na počasie, ktoré zároveň znížia aj volumetrické riziko slovenského podniku. Elementárnou úvahou o závislosti existencie vhodnej „protistrany“ derivátu na

počasie od rozsahu ekonomickej aktivity spádového regiónu tej lokality, na ktorú je derivát na počasie fixovaný (schéma 7), môžeme prísť k záveru, že v podmienkach domácej ekonomiky pre viaceré subjekty možnosť uzatvorenia zmluvy o takomto deriváte buď neexistuje, alebo je aspoň veľmi zredukovaná. To vedie k požiadavke na obchodovanie s takými derivátmi, ktorých parametre sú fixované na „svetové“ lokality. Existujúci okruh týchto lokalít na aktuálnych trhoch je však pomerne obmedzený,⁶ takže sekundárne vznikajú problémy súvisiace s rozdielnou úrovňou pôsobenia počasia v rovnakom období napríklad v SR a v lokalitách, ktoré sú uvedené v podmienkach derivátov na počasie. Eliminácia volumetrického rizika *vystavením* derivátu na počasie by tak popri nákladoch vznikajúcich zo vstupu na trh (ktoré, podobne ako transakčné náklady upisovateľa cenných papierov, sú vyššie v prípade *vystaviteľa* derivátov ako v prípade *nadobúdateľa*) viedla aj k nutným nákladom z prevádzky komplexného systému predikcie počasia nielen v *lokalite, ktorej teplotné podmienky sú predmetom derivátu na počasie* (napr. Berlín), ale aj v *lokalite, v ktorej tento subjekt pôsobí* (napr. Veľký Krtíš).

To však neznamená, že vzhľadom na uvedené požiadavky by slovenské podniky mali na využitie derivátov na počasie ako nástrojov eliminácie *volumetrického rizika* úplne Abdikovať. Uplatňovanie dynamických modelov predikcie peňažných tokov z derivátov na počasie na základe prognózy vývoja počasia môže byť totiž za určitých podmienok efektívne dokonca aj vtedy, ak sa tieto modely uplatňujú asymetricky. To znamená, že kým existencia a prevádzkovanie komplexných systémov využívajúcich na prognózu počasia stochastické procesy je *conditio sine qua non* v prípade *vystaviteľov* derivátov na počasie, pre skupinu *nadobúdateľov* týchto derivátov postačí uplatniť jednoduchšie nástroje *analýzy empirických dát (burn analysis)* na účely posúdenia efektívnosti *derivátov na počasie vystavených inými subjektmi* pri eliminovaní vlastného volumetrického rizika. Možnosť uplatnenia tohto prístupu vyplýva z asymetrického chápania rizika medzi vystaviteľom a nadobúdateľom – kým nadobúdateľ môže, ale aj nemusí opciu využiť, vystaviteľ túto možnosť nemá a musí vždy poskytnúť plnenie v dohodnutej výške. Nelken [24, s. 4] navrhuje v rámci uvedeného prístupu aplikovať superpozíciu historických údajov o teplote za jednotlivé obdobia na aktuálne podmienky derivátov na počasie – akými sú *realizačná hladina, cenový kvocient a prémie za uzavretie zmluvy o deriváte* – a na základe výsledných

⁶ Napríklad na Chicagskej komoditnej burze sú fixované deriváty na klimatické podmienky 29 miest sveta – 11 miest v Ázii a Európe – Tokio a Osaka (Japonsko), Paríž (Francúzsko), Amsterdam (Holandsko), Berlín a Essen (Nemecko), Barcelona a Madrid (Španielsku), Štokholm (Švédsko), Rím (Taliansko), Londýn (Veľká Británia), a 18 miest v USA (Atlanta, Baltimore, Boston, Chicago, Cincinnati, Dallas, Des Moines, Detroit, Houston, Kansas City, Las Vegas, Minneapolis-St. Paul, New York, Philadelphia, Portland, Sacramento, Salt Lake City a Tucson).

peňažných tokov posúdiť buď výhodnosť, alebo nevýhodnosť týchto derivátov z pohľadu konkrétneho subjektu. Vzhľadom na rozdielnosť klimatických podmienok lokality vystavenej volumetrickému riziku podniku a lokality, na ktorú sa teplotná opcia viaže, podmienkou úspešnosti je možnosť vytvoriť také portfólio teplotných opcií (viazaných na rôzne lokality), ktoré by umožnilo čo najvernejšie replikovať požadovanú finančnú odozvu.

Na bližšie ozrejenie môžeme využiť údaje o priemernej dennej teplote z meteorologických staníc *Praha-Karlov* (ako zástupcu ekonomicky významnej lokality v priestore strednej Európy) a *Berlín-Prenzlauer Berg* (ako zástupcu najbližšej lokality, ktorej klimatické podmienky sú fixované v štandardne obchodovaných derivátoch na počasie), a to za roky 2004 – 2005. V tomto prípade dosahuje priemerná relatívna odchýlka teploty 0,49356 %, smerodajná relatívna odchýlka je 0,42571 % a maximálna relatívna odchýlka teploty je 4,66048 %. To spolu s koeficientom korelácie dosahujúcim hodnotu 97,47695 % vytvára predpoklad existencie štatisticky významnej závislosti, ktorá by mohla viesť k využitiu derivátov na počasie (schéma 8).

Na druhej strane, tieto vzťahy nemusia existovať automaticky a môžu sa líšiť aj v relatívne blízkych oblastiach. Ak sa za roky 1976 – 2005 porovnajú údaje o priemernej dennej teplote meteorologických staníc *Praha-Karlov* a *Praha-Ruzyně*, výsledkom je určenie vysokej miery štatistickej závislosti klimatických podmienok, ale nie absolútneho súladu. Keďže koordináty oboch staníc sú:

- pre stanicu *Praha-Karlov*: 50°04'03" (zemepisná šírka) a 14°25'07" (zemepisná dĺžka),
- pre stanicu *Praha-Ruzyně*: 50°06'03" (zemepisná šírka) a 14°15'28" (zemepisná dĺžka),

na základe nich je možné s využitím trigonometrickej funkcie haversínusu [32] stanoviť vzdialenosť oboch staníc na 12,6 km. Porovnaním dát o priemernej dennej teplote zistíme odchýlky priemernej mesačnej teploty oboch staníc, ktorým je možné opísať hodnotou *priemeru relatívnej odchýlky teploty* nameranej v oboch meteorologických stanicach v rovnaký čas, ktorá je 0,58575 %, *smerodajnej odchýlky relatívnej odchýlky teploty* (0,23001 %) a *maximálnej relatívnej odchýlky teploty* 2,25665 %, ktorá sa za uvedené obdobie vyskytla pri meraní teploty medzi obidvomi stanicami (schéma 9),⁷ a to pri relatívne nevýznamnej vzdialenosti medzi obidvomi meteorologickými stanicami.

V praxi potom môže nastať situácia, že klimatické podmienky v *lokalite podniku* (ktorá je vystavená volumetrickému riziku) vedú síce k zníženiu tržieb, ale rozdielne počasie v *lokalite, na ktorú je fixovaná teplotná opcia*, vedie k tomu, že opcia neposkytuje žiadnu kompenzáciu – napríklad preto, lebo nedosiahla jej realizačnú hladinu. Práve túto skutočnosť považujeme za významnú prekážku vo využití derivátov na počasie pri eliminácii volumetrického rizika z negatívneho pôsobenia počasia.

⁷ Údaje o priemernej teplote za jednotlivé dni uvedeného obdobia nezištne poskytli pracovníci Českého hydrometeorologického ústavu.

Príloha

Schéma 1
Nakúpená kúpna opcia

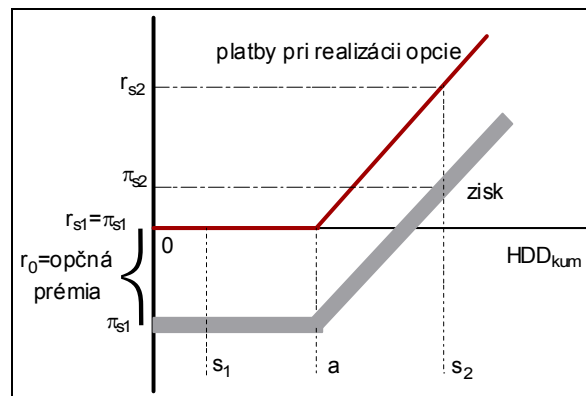


Schéma 2
Vystavená kúpna opcia

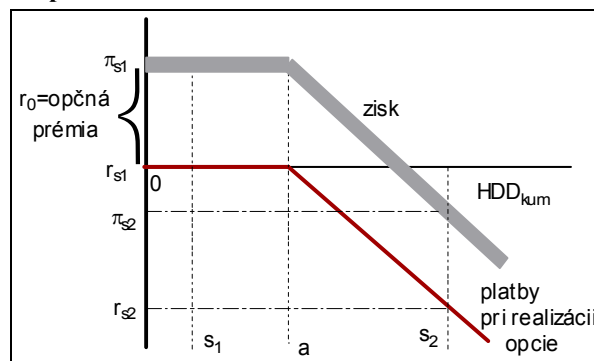
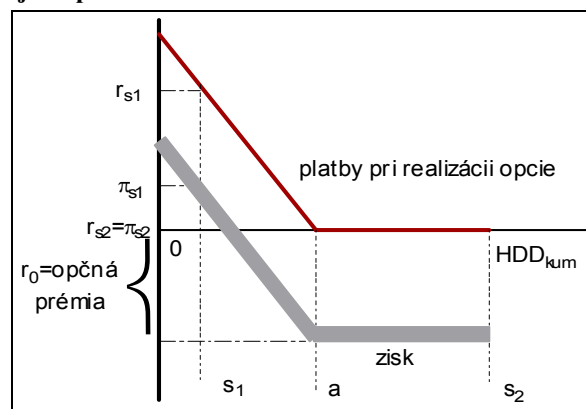
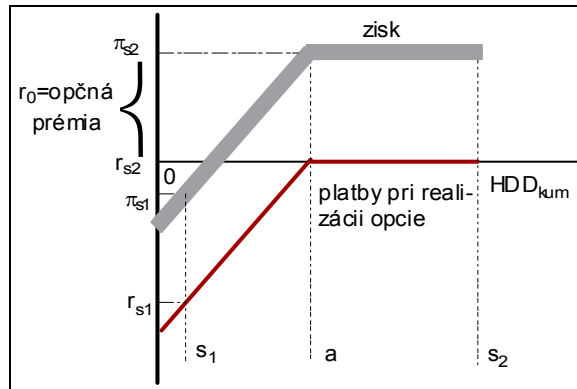


Schéma 3
Nakúpená predajná opcia



S c h é m a 4 Vystavená predajná opcia

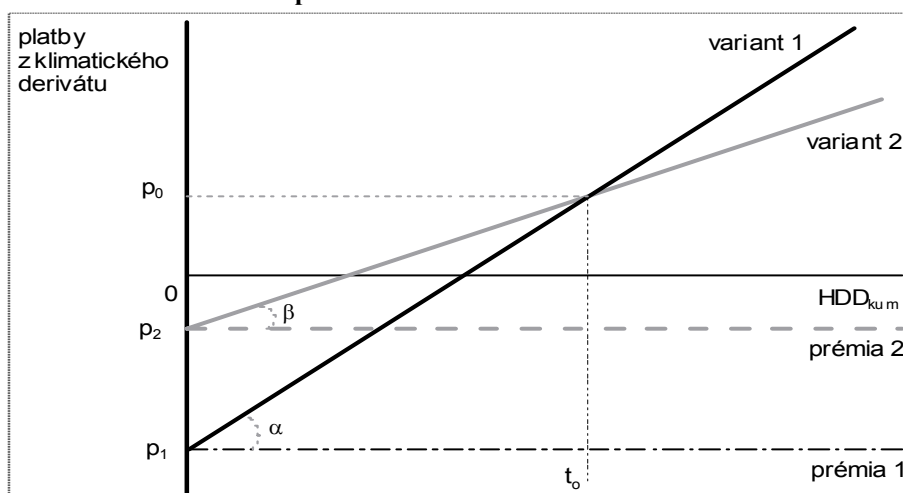


Legenda:

- a** – realizačná hladina opcie vyjadrená vopred stanovenou hodnotou indexu vykurovacieho gradientu (HDD_{kum}) za dané obdobie;
 - s_1** – skutočný počet jednotiek vykurovacieho gradientu za dané obdobie, ak je nižší ako realizačná hladina opcie;
 - s_2** – skutočný počet jednotiek vykurovacieho gradientu za dané obdobie, ak je vyšší ako realizačná hladina opcie;
 - r_0** – opčná prémie;
 - r_1** – platby v prípade realizácie opcie ak by skutočný počet jednotiek vykurovacieho gradientu zodpovedal stavu s_1 ;
 - r_2** – platby v prípade realizácie opcie ak by skutočný počet jednotiek vykurovacieho gradientu zodpovedal stavu s_2 ;
 - π_s** – zisk zodpovedajúci stavu, keď skutočný počet jednotiek vykurovacieho gradientu zodpovedá stavu s_i .
- Poznámka: Čím je zima miernejšia, tým je hodnota indexu vykurovacieho gradientu nižšia a opačne.

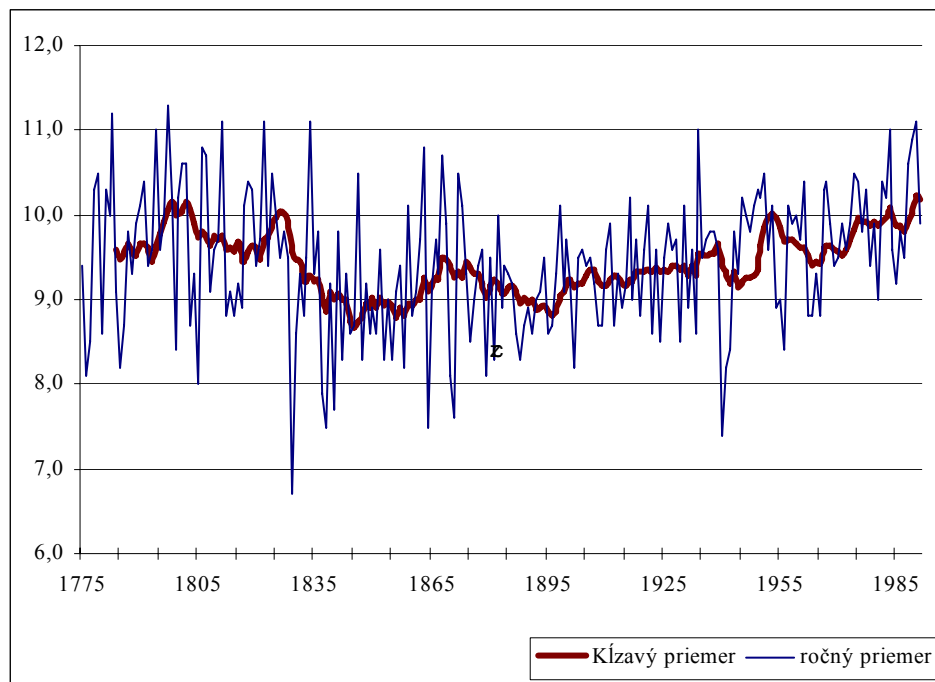
Prameň: Vlastné spracovanie.

S c h é m a 5 Závislosť očakávaného cenového kvocientu ($tg \alpha$; $tg \beta$) od výšky prémie za uzatvorenie derivátu na počasie



Prameň: Vlastné spracovanie.

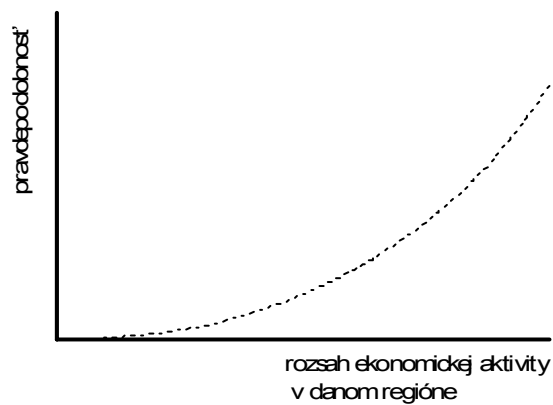
S c h é m a 6

Údaje o vývoji priemernej ročnej teploty vo Viedni medzi rokmi 1775 až 1991

Prameň: Spracované na základe údajov o priemernej ročnej teplote <<http://www.wetterzentrale.de/klima/twien.html>>.

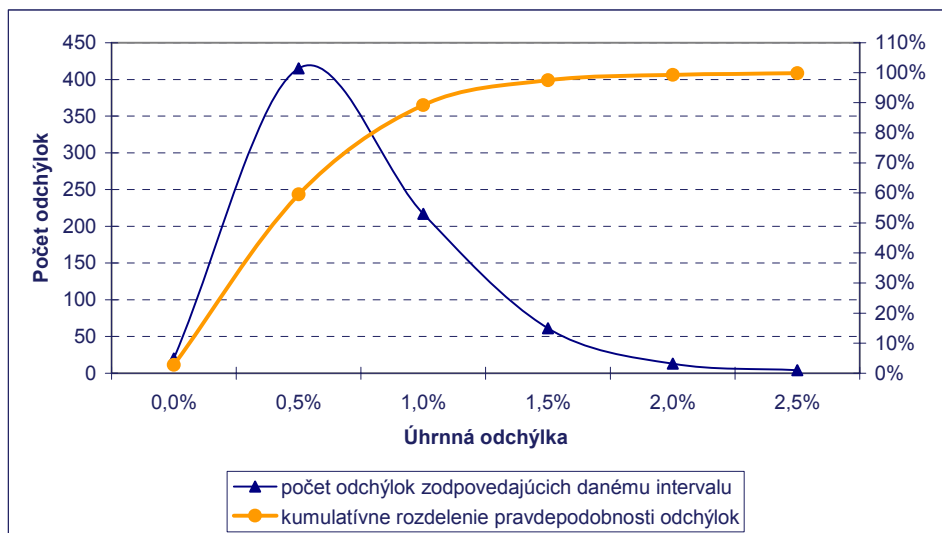
S c h é m a 7

Rozdelenie pravdepodobnosti existencie protistrany derivátu na počasie v závislosti od rozsahu ekonomickej aktivity spádového regiónu lokality, na ktorú sú deriváty na počasie fixované



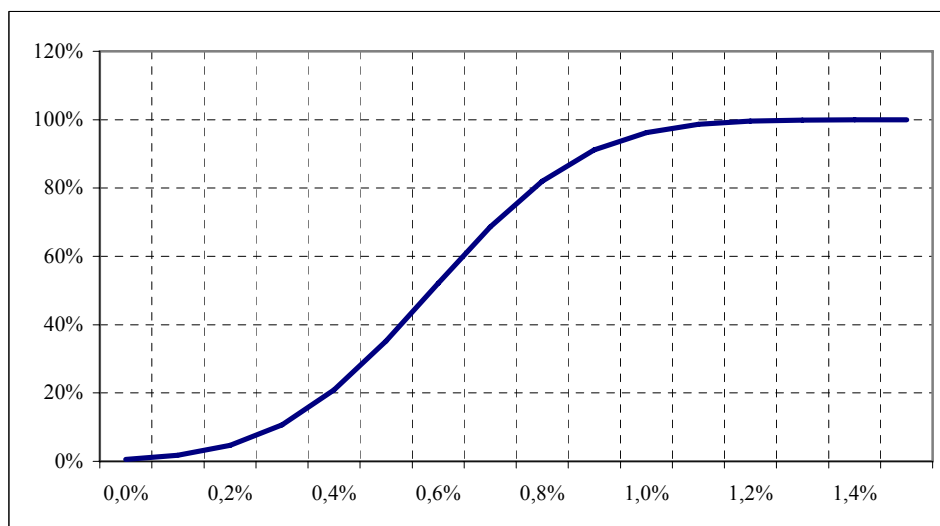
Prameň: Vlastné spracovanie.

S c h é m a 8
Pravdepodobnostné rozdelenie relatívnych odchýlok medzi klimatickými podmienkami v Prahe a v najbližšej lokalite, na ktorú sú fixované opcie na počasie (Berlín)



Prameň: Spracované za roky 1976 – 2005 na základe údajov nezištne poskytnutých pracovníkmi Českého hydrometeorologického ústavu.

S c h é m a 9
Kumulatívne rozdelenie pravdepodobnosti odchýlok meraní meteorologických staníc Praha-Karlov a Praha-Ruzyně



Prameň: Spracované za roky 1976 – 2005 na základe údajov nezištne poskytnutých pracovníkmi Českého hydrometeorologického ústavu.

Literatúra

- [1] ALATON, P. – DJEHICHE, B. – STILLBERGER, D.: On Modelling and Pricing Weather Derivatives. <www.energyforum.net/downloads/reports/fat_1.pdf> 2002.
- [2] ARLT, J. – ARLTOVÁ, M.: Finanční časové rady. Praha: Grada 2003.
- [3] BARRIEU, P. – KAROUI, N.: Optimal Design of Weather Derivatives. Algo Research Quarterly, 5, 2002, č. 1, s. 79 – 92.
- [4] BLACK, F. – SCHOLES, M.: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. Journal of Political Economy, 81, 1973, s. 637 – 659.
- [5] Bureau for Economic Analysis: Current Dollar and „Real“ Gross Domestic Product. <<http://www.bea.gov/bea/dn/gdplev.xls>>.
- [6] CAMBELL, S. D. – DIEBOLD, F. X.: Weather Forecasting for Weather Derivatives. Philadelphia: University of Pennsylvania, Wharton School Center for Financial Institutions 2002.
- [7] CAO, M. – WEI, J.: Pricing Weather Derivatives: An Equilibrium Approach. Toronto: University of Toronto, Rotman School of Management 1999.
- [8] CIPRA, T.: Kapitálová primeranosť vo financiách a solventnosť v poisťovníctve. Praha: Ekopress 2002.
- [9] CME: An Introduction to CME Weather Products. Chicago: CME 2005.
- [10] D'ARCY, S.: Don't Focus on the Tail: Study the Whole Dog. Risk Management and Insurance Review, 2, 1999, s. 4 – 14.
- [11] DAVIS, M.: Pricing Weather Derivatives by Marginal Value. Quantitative Finance, 1, 2001, s. 305 – 308.
- [12] DISCHEL, B. Black-Scholes Won't Do. Energy and Power Risk Management, October 1998.
- [13] DUTTON, J.: Opportunities and Priorities in a New Era for Weather and Climate Services. Bulletin of the American Meteorological Society, September 2002.
- [14] ELLITHORPE, D. W.: Hedging Business Risks with Weather Derivatives. Wichita: Koch Industries 2000.
- [15] FUSARO, P.: Weather Derivatives Starting to Rocket. EnergyHedge, 1, 2005, č. 10.
- [16] GARCIA, A. F. – STURZENEGGER, F.: Hedging Corporate Revenues with Weather Derivatives: a Case Study. Lausanne: EHEC 2001.
- [17] CHOVAN, P.: Komerčné poisťovníctvo. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm 1998.
- [18] IAS 39 – Financial Instruments: Recognition and Measurement. London: IASCF 2006.
- [19] JAIMUNGAL, S.: From Discrete Time to Continuous Time Modeling. Toronto: University of Toronto 2004.
- [20] LAZOU, Ch.: ECMWF hosts Workshop on Teracomputing for Meteorology. <<http://www.hoise.com/primeur/00/articles/weekly/CL-PR-12-00-1.html>>.
- [21] MAYERS et al.: On the Corporate Demand for Insurance: Evidence from the Reinsurance Market. Journal of Business, 55, 2000, č. 2, s. 281 – 296.
- [22] McINTYRE, R.: Whether to Use VAR? Weather to use PAR. Environmental Finance, July/August 2000.
- [23] MODIGLIANI, F. – MILLER, M. H.: The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. American Economic Review, 48, 1958, č. 3, s. 261 – 297.
- [24] NELKEN, Y.: Weather Derivatives – Pricing and Hedging. Mundelein: Super Computer Consulting 2000.
- [25] NEUMANN, G. – PIERSON, W. J.: Principles of Physical Oceanography. Englewood: Prentice-Hall 1966.
- [26] POLAVKOVÁ, K. – MAJTÁNOVÁ, A.: Poisťovníctvo v SR – súčasť finančného trhu EÚ. In: Európske financie – teória, politika a prax. [Zborník.] Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela 2004.

- [27] SHUKLA, J.: *Predicability in the Midst of Chaos: A Scientific Basis for Climate Forecasting*. Science (282). Washington: American Association for the Advancement of Science 1998, s. 728 – 731.
- [28] STELL, J.: *Results of the PWC 2005 Survey*. PWC. Weather Risk Management Association: 2005. <<http://www.wrma.org/wrma/library/PwCSurveyPresentationNov92005.ppt>>.
- [29] STIX, G.: *A Calculus of Risk*. Scientific American, May 1998, s. 92 – 97.
- [30] ŠLOSÁROVÁ, A. – ŠLOSÁR, R.: *Deriváty v účtovníctve podnikateľov (1)*. Účtovníctvo, audítorstvo, daňovníctvo v teórii a praxi s prílohou, XI, 2003, č. 6, s. 214 – 216.
- [31] ZENG, L.: *Pricing Weather Derivatives*. Journal of Risk Finance, Spring 2000.
- [32] <<http://www.movable-type.co.uk/scripts/LatLong.html>>.
- [33] <<http://www.wetterzentrale.de/klima/twien.html>>.
- [34] <<http://www.wetter-center.de/station/>>
- [35] *Údaje Českého hydrometeorologického ústavu o dennej teplote v meteorologických staniach. Praha-Karlov a Praha Ruzyně za roky 1976 – 2005.*