

# PRINCIP IZVOĐENJA OPCIJA NA TRŽIŠTU ELEKTRIČNE ENERGIJE

## THE PRINCIPLE OF EXERCISING OPTIONS ON THE ELECTRICITY MARKET

Mr. sc. Vedran Uran,  
A. Kovačića 20, 51000 Rijeka, Hrvatska

Rizik od stalnih promjena cijena moguće je umanjiti korištenjem različitih financijskih instrumenata. U tu skupinu instrumenata spadaju ugovori o opcijama, odnosno opcije. Po njima kupac otkupljuje pravo na ugovorene cijene nekog predmetnog sredstva, na primjer električne energije. S obzirom na varljivost cijena kupac ne mora izvesti opciju. Tada je njegov jedini gubitak otkupljeno pravo ili premija, što odgovara vrijednosti jedne opcije. Matematički modeli za određivanje vrijednosti opcija razvijaju se već više od sto godina. No, svoj procvat doživljaju sedamdestih godina 20. stoljeća zahvaljujući formuli Black-Scholes kojom se određuje teoretska vrijednost opcija. U članku se daje podjela opcija po različitim kriterijima, opisuju načini njihovog izvođenja te prati povijesni razvoj modela za određivanje vrijednosti opcija. Izložen je primjer izvođenja opcije na najvećoj srednjoeuropskoj burzi električne energije EEX uz primjenu margina. Continual price fluctuations are possible to hedge by using various financial instruments, including options. An option buyer buys the right to the settlement price of an underlying asset such as electricity. Due to the volatility of the asset price, the buyer is not obliged to exercise the option. In such a case, the buyer's only loss is the purchased right or the option premium, which is equal to the option price. Mathematical models for option pricing have been developed in the last hundred years. These models were very popular during the 1970s, owing to the application of the Black-Scholes formula for the calculation of theoretical option prices. In this article, options are distinguished according to various criteria, specific exercising methods are described and the historical development of option pricing models is reviewed. An example of option exercising with closing out of the margins on the largest Middle European electricity exchange, EEX, is presented.

**Ključne riječi: električna energija, opcija, tržište**  
**Key words: electricity, market, option**



## 1 UVOD

Sudionici tržišta upravljaju rizicima koristeći se različitim financijskim instrumentima. Među njima su terminski ugovori (*futures* i *forwards*), ugovori o zamjeni jedne vrste imovine za drugu (*swaps*) i ugovori o opcijama, odnosno opcije (*options*). Navedeni ugovori razlikuju se po obvezama koje se nameću sudionicima tržišta te po načinu prebijanja potraživanja i obveza. Dok terminski ugovor obvezuje kupca i prodavatelja na njegovo izvođenje, dotle je u tom pogledu opcija obvezna samo za njenog prodavatelja.

Ideja o korištenju opcija u trgovini nije nova. Nju su na svojstven način koristili stari Rimljani, Grci i Feničani. Kao financijski instrument opcija predstavlja sporazum između dviju strana u kojoj jedna strana ima pravo, ali ne i obvezu da nešto učini, na primjer da kupi ili proda neko određeno predmetno sredstvo (*asset*) ili vrijednosnicu (*security*). Imati prava bez obveza daje neku određenu financijsku vrijednost. Stoga se ta prava radi izbjegavanja obveza kupuju. Vrijednost tog prava proizlazi iz vrijednosti predmetnog sredstva ili vrijednosnice. Na tržištu električne energije to je terminska cijena (*future price*) koja se određuje na temelju sklopljenog terminskog ugovora. Iz tog razloga opcija spada u red financijskih derivata.

Kupac opcije (*option holder*) može dotičnu opciju izvoditi do dana njenog dospjeća (*exercise day*). Prodavatelj opcije (*option writer*) obavezan je uvažiti sve stavke iz ugovora o dotičnoj opciji. Kako kupac ima pravo a prodavatelj obvezu, tada kupac prodavatelju plaća premiju (*option premium*) što predstavlja cijenu ili vrijednost opcije. Matematički modeli za određivanje vrijednosti opcija razvijaju se već više od sto godina. No, svoj procvat doživljaju sedamdestih godina 20. stoljeća zahvaljujući formuli Black-Scholes kojom se određuje teoretska vrijednost opcija. Nakon toga se razvijaju ostali matematički modeli poput modela binomnog stabla i kasnije modela Monte Carlo. Težnja je da se utvrde vrijednosti opcija na što realnijoj osnovi [1], [2] i [3].

Ovaj je članak organiziran na sljedeći način: nakon uvoda u drugom poglavlju slijedi opis različitih tipova opcija te načini njihovog izvođenja. U trećem poglavlju daje se kratka povijest razvoja modela za određivanje vrijednosti opcija, s naglaskom na formule Black-Scholes i Black 76. Četvrto poglavlje izlaže primjer realizacije opcije na burzi EEX (*European Electricity Exchange*) uz primjenu margina. Nakon toga slijedi zaključak.

## 1 INTRODUCTION

Market players manage certain risks by using various financial instruments, such as futures, forwards, swaps and options. These instruments differ according to the obligations imposed upon the market players as well the offsetting of receivables and liabilities. While exercising futures and forwards is the obligation of both the buyer and the seller, exercising options is solely the obligation of the seller.

The idea of exercising options on the market is not new. Such instruments were exercised by the Romans, Greeks and Phoenicians in a certain manner. As a financial instrument, an option represents an agreement between two parties in which one party has the right but not the obligation to do something, e.g., to buy or sell an underlying asset or a security. Having a right but not an obligation represents a specific financial value. The right to avoid the obligation must be purchased. The value of the right is derived from the value of the underlying asset or security, such as the future price settled by a future contract on the electricity market. For this reason, options belong to the group of financial derivatives.

An option buyer (or an option holder) can exercise the option until the expiry day. An option seller (or an option writer) is obliged to accept all the conditions from the option contract. Since the buyer has the right and the seller has the obligation, the seller receives an option premium from the buyer, which represents the price or value of the option. Mathematical models for option pricing have been developed in the last hundred years. These models were very popular during the 1970s, owing to the application of the Black-Scholes formula for the calculation of theoretical option prices. Subsequently, other option pricing models, such as the binomial tree model and later the Monte Carlo model, were developed. The general tendency has been to seek a model for defining option price with greater emphasis on real option value [1], [2] and [3].

This article is organized into several chapters. Following the introductory chapter, in the second chapter several option types and ways of exercising them are described. In the third chapter, a short historical overview of option pricing model development is provided, with a detailed elaboration of the Black-Scholes and Black 76 formulae. The fourth chapter presents an example of exercising and margining options on the EEX bourse, followed by the conclusion.

## 2 TIPOVI OPCIJA I NAČINI NJIHOVOG IZVOĐENJA

Izvođenje opcije moguće je ako su zadani parametri pomoću kojih se može izračunati vrijednost opcije. Predmetno sredstvo koje čine temelj opcije mogu biti dionice, vrijednosnice, obveznice, indeksi, valuta, raznorazna roba poput zemnog plina i električne energije itd. Za odnose na tržištu opcijama potrebno je razlučiti sljedeće:

- pozicije zauzete prilikom trgovanja opcijama – *long*, odnosno duga pozicija ili *short*, tj. kratka pozicija,
- oblike trgovanja opcijama – *call* opcija ili *put* opcija,
- tipove opcija – realne opcije, tržišne opcije, standardne ili *plain-vanilla* opcije i egzotične opcije,
- trenutak za izvođenje opcija – dijeli se na američki, europski i bermudski tip opcija,
- klase opcija – po kalendaru (godišnje, tromjesečno, mjesečno), načinu isplaćivanja (financijski ili fizički), te spot robi (opcije sa fiksnom cijenom predmetnog sredstva, odnosno dnevne opcije i opcije s plivajućom cijenom predmetnog sredstva, odnosno indeksne ili novčane opcije).

Prilikom ugovaranja potrebno je utvrditi cijenu (*exercise price* ili *strike*) po kojoj će se neko predmetno sredstvo neke određene opcije kupovati ili prodavati. Ta se cijena kao zadani parametar razlikuje od tekuće cijene tog istog predmetnog sredstva na spot ili future tržištu. Isto tako je potrebno utvrditi količinu tog predmetnog sredstva koja će biti obuhvaćena dotičnom opcijom. Na primjer, jednim se ugovorom može obuhvatiti sto dionica, ili se pak jednim ugovorom može utvrditi kupnja, odnosno prodaja od 100 MWh električne energije.

### 2.1 Oblici i pozicije kod trgovanja opcijama

Kupac za stjecanje prava prodavatelju isplaćuje premiju. U tom slučaju kupac zauzima *long* ili dugu poziciju, a prodavatelj *short* ili kratku poziciju prilikom određenog trgovanja opcijom. Najčešći oblik opcija su [1] i [2]:

- *call* opcija,
- *put* opcija.

*Call* opcija daje kupcu pravo da kupi neko predmetno sredstvo po određenoj cijeni. *Put* opcija pak kupcu daje pravo da proda neko predmetno sredstvo po određenoj cijeni. Nadovezujući se na dugu, odnosno kratku poziciju, mogući su različiti odnosi između kupca i prodavatelja opcije. Tako prodavatelj *call* opcije zauzima kratku poziciju te

## 2 TYPES OF OPTIONS AND THE EXERCISE THEREOF

The exercising of an option is possible if certain informations are known as well as the parameters for calculating the option price. The types of underlying assets on which options are based can be shares, securities, bonds, indices, foreign currencies, and various kinds of goods such as natural gas and electricity. For option trading, the following relations can be distinguished:

- option positions – long or short positions,
- option forms – call options or put options,
- types of options – real options, traded options, plain-vanilla options and exotic options,
- exercise period – European options, American options as well as Bermudan options,
- option classes – calendar-year options (yearly, quarterly, monthly), option exercise payoffs (financially settled options and physically settled options), options on spot commodities (fixed-strike options or daily options and floating-strike options or index/cash options).

During the agreement procedure, it is necessary to settle the exercise price or the strike price of the underlying asset of the option which will be purchased or sold. This price differs from the current price of the underlying asset on the spot and future markets. It is also necessary to define the quantity of the underlying asset of the option. For example, an agreement can hold one hundred stocks or the buying and selling of 100 MWh of electricity can be also an issue of an agreement.

### 2.1 Option forms and positions

To gain a right, an option buyer has to pay the option premium to an option seller. In this situation, the buyer takes a long position while the seller takes a short position. The two most common forms of options are as follows [1] and [2]:

- call option,
- put option.

A call option gives its holder the right to buy the underlying asset at a fixed price. A put option gives to its holder the right to sell the underlying asset at a fixed price. Combining both positions, long and short, it is possible to have several option relations between the buyer and the seller. Thus, the call option seller takes a short position with the obligation to sell the underlying asset to the call option buyer, who takes a long position. On the other side, the put option seller takes a short position with the obligation to buy the underlying

ima obvezu da proda neko predmetno sredstvo kupcu dotične *call* opcije koji pak zauzima dugu poziciju. S druge strane, prodavatelj *put* opcije zauzima kratku poziciju i ima obvezu da kupi neko predmetno sredstvo od kupca te iste *put* opcije, koji u tom slučaju zauzima dugu poziciju.

Odnosi na tržištu *call* i *put* opcija s dugom ili kratkom pozicijom mogu se kombinirati na sljedeći način [1]:

### Dugi *call* (Long Call)

Sudionik tržišta, koji pretpostavlja rast cijene predmetnog sredstva na tržištu, otkupljuje pravo za kupnju tog sredstva radije nego da ga kupuje samog. To znači da kupac opcije neće imati obvezu kupiti to sredstvo, nego pravo kupovati sve do datuma dospjeća dotične opcije. Ukoliko cijena predmetnog sredstva u međuvremenu postane viša od njegove utvrđene cijene za više nego što je plaćeno to pravo za kupnju, odnosno premija, tada će kupac opcije profitirati. U suprotnom, ako cijena predmetnog sredstva bude padala, kupac opcije opciju neće izvesti, pa će u tom slučaju izgubiti samo na premiji koju je platio za stjecanje prava kupnje predmetnog sredstva po utvrđenoj cijeni. Krivulje koje pokazuju trend kretanja isplate i dobiti iz duge *call* opcije prikazane su na slici 1.

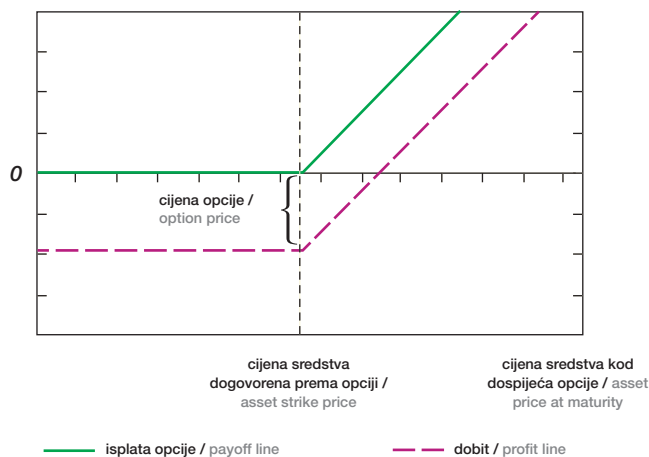
asset from the put option buyer, who takes a long position.

The relations on the call/put option market with both positions, long and short, can be combined in the following manner [1]:

### Long Call

A market participant who believes that the price of an underlying asset will increase may buy the right to purchase the underlying asset rather than just buy the underlying asset. The option buyer would have no obligation to buy the underlying asset, only the right to do so until the expiry date. If the price of the underlying asset increases over the exercise price by more than the premium paid, the option buyer will make a profit. If the price of the underlying asset decreases, the option buyer will allow the call contract to expire as worthless and only lose the amount of the premium. The payoffs and profits lines of a long call are shown in Figure 1.

**Slika 1**  
Pravci isplate i dobiti iz duge *call* opcije  
**Figure 1**  
Payoffs and profits from a long call



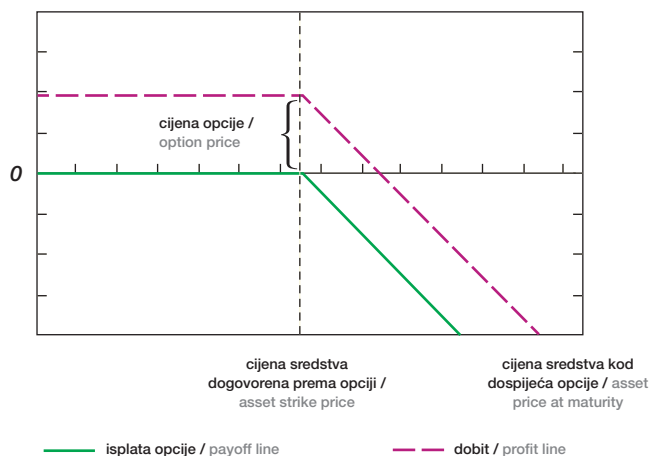
### Kratki *call* (Short Call)

Sudionik tržišta može prodati predmetno sredstvo, ili pak prodati pravo kupcu da kupi to isto sredstvo. Ako tržišna cijena predmetnog sredstva bude padala, kratka će pozicija prodavatelju opcije donijeti dobit u vrijednosti jedne premije. Ukoliko ta cijena bude rasla iznad utvrđene cijene za iznos veći od premije, prodavatelj opcije će imati gubitak. Krivulje koje pokazuju trend kretanja isplate i dobiti iz kratke *call* opcije prikazane su na slici 2.

### Short Call

A market participant can sell an underlying asset or sell a buyer the right to buy the same underlying asset. If the price of the underlying asset decreases, the short call position will make a profit to the option seller in the amount of the premium. If the price of the underlying asset increases over the exercise price by more than the amount of the premium, the option seller will lose money. The payoffs and profits lines of a short call are shown in Figure 2.





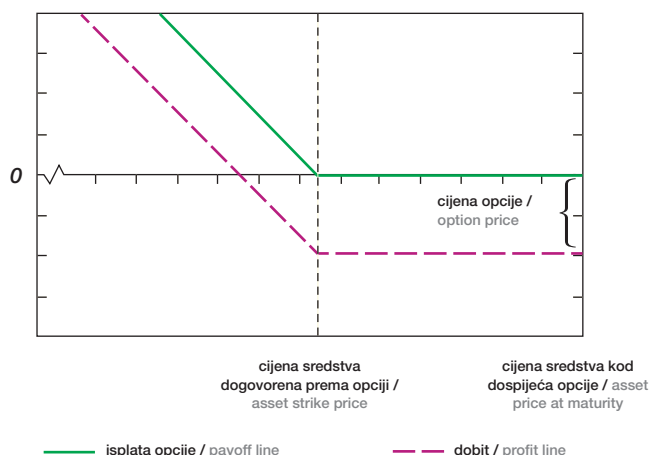
**Slika 2**  
Pravci isplate i dobiti iz kratke *call* opcije  
Figure 2  
Payoffs and profits of a short call

### Dugi put (Long Put)

Sudionik tržišta koji predviđa pad tržišne cijene predmetnog sredstva može otkupiti pravo na prodaju tog sredstva po fiksnoj cijeni. To znači da kupac opcije neće imati obvezu prodati predmetno sredstvo, nego samo da zadrži to pravo sve do dospjeća opcije. U slučaju pada tržišne cijene ispod utvrđene cijene za više od iznosa plaćene premije kupac opcije će profitirati. Ako tržišna cijena bude rasla, kupac opcije opciju neće izvesti i izgubit će samo plaćenu premiju. Krivulje koje pokazuju trend kretanja isplate i dobiti iz duge *put* opcije prikazane su na slici 3.

### Long Put

A market participant who believes that the price of the underlying asset will decrease can buy the right to sell the underlying asset at a fixed price. The option buyer will be under no obligation to sell the underlying asset but has the right to do so until the expiry date. If the price of the underlying asset decreases below the exercise price by more than the premium paid, the option buyer will profit. If the price of the underlying asset increases, the option buyer will just let the put contract expire as worthless and only lose the premium he paid. The payoffs and profit lines of a long put are shown in Figure 3.



**Slika 3**  
Pravci isplate i dobiti iz duge *put* opcije  
Figure 3  
Payoffs and profits of a long put

### Kratki put (Short Put)

Sudionik tržišta koji prognozira rast tržišne cijene predmetnog sredstva može prodati pravo na prodaju tog sredstva po fiksnoj cijeni. Taj sudionik tržišta ima obvezu kupiti predmetno sredstvo po fiksnoj cijeni. Ako tržišna cijena tog sredstva bude rasla, od zauzete kratke pozicije

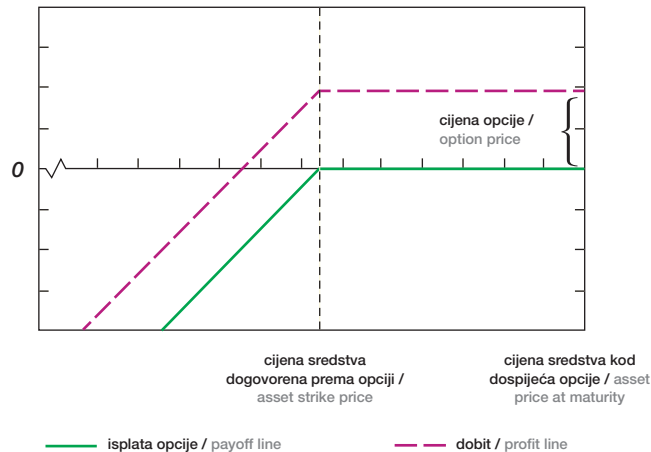
### Short Put

A market participant who believes that the price of the underlying asset will increase can sell the right to sell the underlying asset at a fixed price. The market participant now has the obligation to purchase the underlying asset at a fixed price. If the price of the underlying asset increases, the short

prodavatelj opcije će postići dobit u vrijednosti premije. Bude li tržišna cijena pala ispod utvrđene cijene za više nego što iznosi premija, prodavatelj opcije će izgubiti novac. Krivulje koje pokazuju trend kretanja isplate i dobiti iz kratke *put* opcije prikazane su na slici 4.

put position will make a profit to the option seller in the amount of the premium. If the price of the underlying asset decreases below the exercise price by more than the premium, the option seller will lose money. The payoff and profit lines of a short put are shown in Figure 4.

**Slika 4**  
Pravci isplate i dobiti iz kratke *put* opcije  
Figure 4  
Payoffs and profits of a short put



## 2.2 Tipovi opcija

Razlikuju se sljedeći tipovi opcija:

### Realne opcije

Spadaju u red jednostavnijih tipova opcija kada je investitoru bolji izbor ulagati svoj vlastiti kapital u proizvodnju ili pružanje usluga nego u ugovore financijske prirode. Takve se opcije izvode tako da njihov imatelj ima pravo proširivati proizvodnju ili opseg pružanja usluga, ili u krajnosti mijenjati svoju osnovnu djelatnost. Uobičajeno je da se s takvim opcijama ne trguje.

### Tržišne opcije

Pripadaju onim tipovima opcija po kojima se trguje na burzama. Ugovori su standardizirani, vrlo se brzo uspostavlja sustav određivanja vrijednosti tih opcija te ih je moguće izvoditi putem klirinških kuća kako bi se osigurala likvidnost burze, tj. ispunili uvjeti iz sklopljenih ugovora o opcijama. Predmetno sredstvo tih opcija mogu biti dionice, roba, obveznice, kamatna stopa itd.

### Standardne ili *plain-vanilla* opcije

Pripadaju tipu jednostavnih i lako razumljivih opcija.

### Složene ili egzotične opcije

Takve su opcije na primjer azijske opcije, retrospektivne (*lookback*) opcije, *barrier* opcije i *spread* opcije. Te potonje su najinteresantije za tržišta različitim energentima i tržišta električne energije. Posebnu važnost uzima podgrupa opcija koje se nazivaju *spark spread* opcijama. Njihova baza je (*spark*) *spread* ili razlika između tržišne cijene

## 2.2 Option types

Several option types can be distinguished:

### Real option

This is a simplified option when the investor has choice to invest in the production of goods or services rather than in financial contracts. This option type can be exercised in a manner whereby its holder has the right to expand his own production or services, or simply to change the core-business. This type of option is usually not tradable.

### Traded option

An option which can be traded on the exchange markets. As for other classes of exchange traded derivatives, a trade option has standardized contracts, quick systematic pricing, and is settled through a clearing house (to ensure fulfillment). Traded options include stock options, commodity options, bond options, interest rate options etc.

### Standard or plain-vanilla option

Simple and easy to understand type of option.

### Complex or exotic option

This is a less understandable and rather complex type of option. Asian options, look back options, barrier options and spread options are considered to be exotic. Spread options are the most interesting for the primary fuels market and electricity market. The subgroup of this options, i.e. spark spread options, is of special importance. The base of these options is the (spark) spread, which means the difference between the market price of primary

energenta koji pogoni energetska postrojenja (npr. loživo ulje, zemni plin, ugljen ili nuklearno gorivo) i tržišne cijene električne energije.

Cijena energenta ne izražava se po jedinici električne energije nego po jedinici topline koja je sadržana u energentu. Za izračunavanje cijene energenta po jedinici električne energije potrebno je znati koliki je specifični potrošak topline (*heat rate*), odnosno kolika je potrošnja energenta po jednom proizvedenom kilovatsatu električne energije. Taj specifični potrošak topline ovisi o tipu elektroenergetskog postrojenja [2].

### 2.3 Opcije u ovisnosti o trenutku njihovog izvođenja

Trenuci za izvođenje opcija utječu na njihovu vrijednost. U tom pogledu navodi se tri tipa opcija [2]:

#### Američki tip opcija

Omogućuje imatelju izvođenje opcije bilo koji dan prije dana njenog dospijea. Za određivanje njene vrijednosti koristi se model binomnog stabla.

#### Europski tip opcija

Omogućuje imatelju izvođenje opcije samo na dan njenog dospijea. Vrijednost ovakve opcije izračunava se formulama Black-Scholes i Black 76.

#### Bermudski tip opcija

Omogućuje imatelju izvođenje opcije na jedan od nekoliko prethodno odabranih dana prije dana dospijea opcije.

### 2.4 Klase opcija

Opcije se mogu izvesti samo jednom, no to ovisi o izboru klase opcija i njihovim kombinacijama, a one se dijele na [2]:

#### Opcije po vremenskoj klasi:

- mjesečne opcije – kupac ove klase opcija ima pravo, ali ne i obvezu zakupiti od prodavatelja, npr. električnu snagu od 50 MW. Tad će prodavatelj kupcu imati obvezu isporučivati električnu energiju npr. u razdoblju od 7 do 23 sata tijekom npr. lipnja po cijeni od npr. 500 HRK/MWh. Po ovim uvjetima opcija se mora izvesti najkasnije do 29. svibnja tekuće godine,
- tromjesečne opcije – isti uvjeti kao i kod mjesečne opcije osim što je prodavatelj dužan isporučivati električnu energiju u sljedeća tri ugovorena mjeseca,
- godišnje opcije – isti uvjeti kao i kod mjesečne opcije, osim što će se električna energija od strane prodavatelja isporučivati tijekom cijele godine.

fuel consumed by the power plants (e.g., heating oil, natural gas, coal or nuclear fuel) and the market price of electricity.

The price of primary fuel is not expressed in the unit of electricity but in the unit of the heat content. To calculate the price of primary fuel in the unit of electricity, it is necessary to know the heat rate, i.e. the amount of primary fuel consumption needed to produce one kilowatt hour of electricity in the power plant. The heat rate depends on the type of power plant [2].

### 2.3 Options and their exercise periods

The exercise periods of options have influence on their values. In this aspect, three option types can be considered [2]:

#### American option

An option holder has the right to exercise the option any day before the expiry date. The American options are pretty flexible in their exercising but it is rather difficult to define their prices. Therefore, the binomial tree model is usually applied for their pricing.

#### European option

An option holder has the right to exercise the option on the expiry date only. Therefore, this type of option is easy to calculate by using the Black-Scholes and Black 76 formulae.

#### Bermudan option

An option holder has the right to exercise the option on the day chosen from previously selected dates before the expiry date.

### 2.4 Option classes

Options can be exercised only once, depending on the option classes and their combinations, which can be divided as follows [2]:

#### Calendar-year options:

- monthly options – a buyer of the option has the right but not the obligation to call the seller of the option to deliver for example 50 MW of power for each peak hour (from 7 a.m. until 11 p.m.) during the month of June at 500 HRK/MWh. Under these conditions, the option has to be exercised not later than May 29 of the current year,
- quarterly options – the same conditions as for the monthly options unless the seller is obliged to deliver the power in the next three months,
- yearly options – the same conditions as for the monthly options unless the seller is obliged to deliver the power during the entire current year.



### Opcije po klasi njene isplate:

- financijski utvrđena vrijednost predmetnog sredstva po kojoj će se opcija isplatiti – vrijednost se utvrđuje na osnovi prihvaćenog ili obračunatog tržišnog indeksa,
- fizički utvrđena vrijednost predmetnog sredstva po kojoj će se opcija isplatiti – npr. imatelj opcije ima pravo, ali ne i obvezu kupiti neku robu po utvrđenoj cijeni  $K$  kroz razdoblje od npr. jedan mjesec. Kako bi isplatio opciju njen kupac mora prodati robu na spot tržištu. Tad je opcija zapravo efektivna opcija koja se isplaćuje na osnovi prosječne cijene te robe na spot tržištu.

### Opcije po klasi spot cijene predmetnog sredstva:

- opcije po fiksno utvrđenoj cijeni (ili dnevne opcije) – opcije koje se izvode svakodnevno i dopuštaju kupcu donošenje odluke o njenoj kupnji (*call* opcija), odnosno prodaji (*put* opcija) na dnevnoj bazi,
- opcije s plivajućom cijenom (indeksne ili novčane opcije) – opcija koja se izvodi svakodnevno, a čiji tržišni indeks na mjesečnoj bazi predstavlja njenu vrijednost izvođenja. Osim toga kupcu dopušta da na dnevnoj bazi donosi odluke o kupnji ili prodaji robe, npr. zemnog plina ili električne energije, po njenoj cijeni izvođenja određenoj na početku mjeseca unutar kojeg će se ona izvesti, i to prema tržišnom indeksu na mjesečnoj bazi.

### 2.5 Utjecaj rizika na vrijednost opcija

Trgovanje opcijama nosi sa sobom određene rizike, kako za kupca tako i za prodavatelja opcija. Ti se rizici nešto razlikuju od rizika koji se pojavljuju zbog trgovanja određenim predmetnim sredstvom. Ukoliko se opcija ne realizira pravodobno, njena vrijednost može naglo pasti, što znači stvaranje gubitaka. Ovisno o rastu ili padu, opcije mogu poprimiti vrijednosti *in-the-money*, *at-the-money* ili *out-of-the-money*.

*Call* opcija *in-the-money* je ona čija je je vrijednost manja, a u slučaju *put* opcije veća od tekuće cijene predmetnog sredstva. Takve se *call* i *put* opcije preporuča realizirati ako odmah dospijevaju. *Call* ili *put* opcija *at-the-money* je po svojoj vrijednosti jednaka tekućoj cijeni predmetnog sredstva. Suprotno *call*, odnosno *put* opciji *in-the-money*, *call* opcija *out-of-the-money* je ona čija je vrijednost veća, a u slučaju *put* opcije manja od tekuće cijene predmetnog sredstva. Stoga nije preporučljivo izvoditi ovakve opcije ako one odmah dospijevaju.

### Option exercise payoffs:

- financially settled options – the price of the option is settled according to the accepted or settled financial index of the market,
- physically settled options – for example, an option holder has the right but not the obligation to buy the commodity at a fixed price,  $K$ , for the period of, let us say, one month. To realize the option payoff, the option holder must now sell the commodity at the spot price. The option is then effectively an option on the average spot price.

### Options on a spot commodity:

- fixed-strike options (or daily options) – an option exercised every day. It allows its holder to make daily decisions about buying (call option) or selling (put option),
- floating-strike options (index or cash options) – an option exercised every day with a specified monthly index as a strike price. It allows its holder to make daily decisions about buying or selling for example spot gas or power, at the strike price determined at the beginning of the month as a settled value of the monthly index.

### 2.5 Value-at-risk options

Option trading can carry a risk for an option buyer as well as for an option seller. These risks somehow differ from the risks assigned to the asset's trading procedure. If an option is not exercised in due time, its value can drop quickly and cause financial losses. Depending on their increasing or decreasing values, the options can be *in-the-money*, *at-the-money* and *out-of-the-money*.

The value of an *in-the-money* call option is smaller and the value of an *in-the-money* put option is greater than the current value of the underlying asset. In this case, it is recommended to exercise this call and put option if they are just about to expire. The value of an *at-the-money* call or put option is equal to the current value of the underlying asset. Unlike the *in-the-money* call and put options, an *out-of-the-money* call option has a greater value and an *out-of-the-money* put option has a smaller value than the current value of the underlying asset. Therefore, it is not recommended to exercise this options if they are just about to expire.

## 3 RAZVOJ MODELA ZA ODREĐIVANJE VRIJEDNOSTI OPCIJA

### 3.1 Povijesni razvoj

Modeli za određivanje vrijednosti opcija nastali na osnovi stohastičkog izračuna često se smatraju jednim od najsloženijih matematičkih oblika primijenjenih u financijama. Ti modeli vuku korijene još iz 19. stoljeća kada je Charles Castelli u svojoj knjizi *The Theory of Options in Stocks and Shares* predstavio koncepte hedgiranja i špekuliranja s opcijama. No, knjizi je nedostajala čvrsta matematička podloga na kojoj bi se ti modeli izgrađivali [4].

Dvadeset i tri godine kasnije francuski matematičar i profesor na Sorbonni Louis Bachelier u svojoj disertaciji *Theorie de la Speculation* objavljuje određena matematička rješenja koja nude analitičko vrednovanje opcije. Glede vrednovanja opcija Bachelier je bio na pravom tragu, no sve bi to na kraju rezultiralo negativnim cijenama opcija koje bi uvijek prelazile cijenu predmetnog sredstva. Inače je ovaj znameniti francuski matematičar poznat po tome što je prvi izveo model Brownovog gibanja [4].

Bachelierov rad zainteresirao je Paul A. Samuelsona, profesora u školi menadžmenta na MIT-u, koji je 1955. napisao neobjavljeni rad pod nazivom *Brownian Motion in the Stock Market* (Samuelson je inače dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju). Negdje iste godine Samuelsonov student, Richard Kruizenga, citirao je Bachelierov rad u svojoj disertaciji pod nazivom *Put and Call Options – A Theoretical and Market Analysis*. Godine 1962. još jedna disertacija, potpisnika A. James Bonessa, daje značajan doprinos u određivanju teoretske vrijednosti opcija [4].

Fischer Black i Myron Scholes su kao matematičku podlogu koristili rješenja iz Bonessove disertacije kako bi konačno 1973. godine predstavili svoj matematički model za određivanje vrijednosti opcija. Taj model vrijedi samo za spot cijenu predmetnog sredstva. No, već 1976. Fischer Black razvija modificiranu verziju formule Black-Scholes i dobiva formulu poznatu pod imenom Black 76 kojom se izračunava vrijednost opcije na osnovi terminske cijene predmetnog sredstva (Black i Scholes su inače dobitnici Nobelove nagrade za ekonomiju).

Formule Black-Scholes i Black 76 pogodne su za one opcije koje je moguće izvesti samo na dan njihovog dospijanja (kao što su to opcije europskog tipa). No, kad se radi o opcijama koje se mogu izvesti i na neki dan prije njihova dospijanja (američki tip opcija), tada su potrebni neki drugi

## 3 THE DEVELOPMENT OF OPTION PRICING MODELS

### 3.1 History of development

Option pricing models based on stochastic calculations are often considered among the most complex mathematical issues applied in finances. These models have their roots in a book entitled: *The Theory of Options in Stock and Shares*, written by Charles Castelli in 19<sup>th</sup> century, which presents the concepts of hedging and speculating with options. However, the book did not provide a firm mathematical foundation for the construction of such models [4].

Twenty-three years later a French mathematician and professor at the Sorbonne, Louis Bachelier, published mathematical solutions for analytical option pricing in his dissertation, entitled: *Theorie de la Speculation*. Regarding option pricing, Bachelier was on the right track but his research resulted in negative option prices and values that were always higher than the prices of the underlying assets. This eminent French mathematician was to become popular because he was the first to derive the Brownian motion model [4].

Bachelier's work interested Paul A. Samuelson, a professor at the M.I.T. Sloan School of Management, who wrote in 1955 an unpublished work entitled: *Brownian Motion in the Stock Market* (Samuelson was awarded the Nobel Prize in Economic Sciences). In the same year Samuelson's student, Richard Kruizenga, cited Bachelier's work in his dissertation: *Put and Call Options – A Theoretical and Market Analysis*. In 1962, another dissertation, written by A. James Boness, made a significant contribution in defining the theory of option value [4].

Fischer Black and Myron Scholes used Boness' dissertation and in 1973 finally issued their mathematical model of option pricing. The model is valid only for the spot prices of an underlying asset. In 1976, Fischer Black expanded the Black-Scholes model and derived his own model, which he called Black 76. This model can calculate any option price on the basis of the forward price of the underlying asset (Black and Scholes were awarded the Nobel Prize in Economic Sciences).

The Black-Scholes model and the Black 76 model are appropriate for those options which can be exercised on the day of their expiry date (i.e., European options). However, other option pricing models are necessary for options which can be exercised at any time before their expiry date (i.e., American options). Such a model is the binomial tree model, developed by Cox, Ross and Rubinstein

modeli za određivanje vrijednosti opcija. Takav je model binomnog stabla kojeg su 1979. prvi predstavili Cox, Ross i Rubinstein u svom radu *Option Pricing – A Simplified Approach* [5] i [6].

Vrijednosti opcije koje se sastoje od složenijih elemenata izračunavaju se pomoću metode Monte Carlo koja uključuje simulaciju slučajnih varijabli. Danas se ova metoda dosta često koristi i popularna je među matematičarima, s obzirom da se iz dana u dan pojavljuju sve jača računala.

### 3.2 Model za vrednovanje opcija po formulama Black-Scholes i Black 76

Model za vrednovanje opcija po Blacku i Scholesu čini poboljšanu verziju modela koju je prethodno razvio Boness u svojoj disertaciji na čikaškom sveučilištu. Fischer Black je prvi počeo raditi na razvoju modela za vrednovanje obveznica. Taj rad uključuje računanje derivata kojim se pokazuje variranje diskontne stope obveznice u odnosu na vrijeme i cijenu dionice. Rezultat tog matematičkog izvođenja sličan je jednadžbi za prijenos topline. Nakon tog otkrića Fischer Blacku se pridružuje Myron Scholes i zajednički započinju s razvojem modela za vrednovanje opcija. U odnosu na Bonessov model, Black-Scholes model daje nerizičnu kamatu u obliku diskontnog faktora.

Black-Scholes model zasniva se na sljedećim pretpostavkama [5]:

- cijena predmetnog sredstva  $S_t$  prati geometrijsko Brownovo gibanje s konstantnim poticajem  $\mu$  i volatilnosti  $\sigma$  :

$$dS_t = \mu \cdot S_t \cdot dt + \sigma \cdot S_t \cdot dW_t, \quad (1)$$

- postoji mogućnost prodaje predmetnog sredstva,
- ne postoje nikakve mogućnosti za arbitražu,
- trgovanje na burzi je kontinuirano,
- ne postoje nikakvi troškovi transakcije ili porezi,
- nerizična kamatna stopa postoji i konstantna je za vrijeme trgovanja opcijama.

Formula Black-Scholes u obzir uzima sve navedene pretpostavke i daje vrijednost *call* opcije za predmetno sredstvo (u njihovom slučaju dionice) po spot cijeni  $S$  i dogovorenoj cijeni za određenu opciju  $K$ , odnosno cijeni po kojoj će se kupovati predmetno sredstvo u toku budućeg razdoblja  $T$ . Konstantna je nerizična kamatna stopa  $r$  i volatilnost  $\sigma$  koja je odraz spot cijene predmetnog sredstva. Formula Black-Scholes za *call* opciju glasi [5]:

in their work: *Option Pricing – A Simplified Approach*, released in 1979 [5] and [6].

Option values with more complex elements are calculated with the Monte Carlo method using the simulation of random variables. This method is applied fairly often today and is very popular in the world of mathematicians, considering that increasingly powerful computers are coming to market every day.

### 3.2 The Black-Scholes and Black 76 Option Price Models

Option price models such as the Black-Scholes model represent an upgraded version of the model developed by Boness in his dissertation at the University of Chicago. Fischer Black had first started to work on developing a model of pricing bonds. His work involved the calculation of derivatives, demonstrating varying bond interest rates proportional to time and share price. The result of this mathematical derivation is similar to the heat transfer equation. Myron Scholes joined Fischer Black after this discovery and together they started to develop their option pricing model. Compared to the Boness model, the Black-Scholes model provides a risk-free interest rate in the form of a discount factor.

The key assumptions of the Black-Scholes model are as follows [5]:

- the price of the underlying asset  $S_t$  follows a geometric Brownian motion with constant drift  $\mu$  and volatility  $\sigma$  :

- it is possible to short sell the underlying asset,
- there are no arbitrage opportunities,
- trading in the exchange market is continuous,
- there are no transaction costs or taxes,
- a risk-free interest rate is present and constant for the option trading.

Given the above assumptions, the Black-Scholes model calculates the call option price of the underlying asset (stocks in their case) at the spot price  $S$  and strike price  $K$ , i.e. the price at which the underlying asset will be bought in period  $T$ . The risk-free interest rate  $r$  is constant as well as the volatility  $\sigma$  affected by the spot price of the underlying asset. The Black-Scholes equation for a call option is as follows [5]:

$$C(S, T) = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2), \quad (2)$$

a za *put* opciju:

while for a put option it is:

$$P(S, T) = K \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2) - S \cdot N(-d_1), \quad (3)$$

gdje su:

where:

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) \cdot T}{\sigma \sqrt{T}}, \quad (4)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}, \quad (5)$$

gdje je  $N$  funkcija normalne kumulativne distribucije. U programu Office Excel ta funkcija nosi naziv NORMDIST(...).

here  $N$  is function of normal cumulative distribution. In the program Office Excel, this function is called NORMDIST (...).

Za bolje razumijevanje modela Black-Scholes, potrebno je formulu (2) podijeliti na dva dijela. Prvi dio,  $S \cdot N(d_1)$ , je očekivana dobiti od izravnog kupovanja predmetnog sredstva. To se dobiva množenjem spot cijene predmetnog sredstva  $S$  s promjenom premije *call* opcije, tj. promjenom cijene predmetnog sredstva  $N(d_1)$ . Drugi dio,  $K \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$ , ukazuje na sadašnju vrijednost cijene opcije u trenutku njezinog dospijanja. Pravična tržišna vrijednost *call* opcije se računa tako da se oduzmu ta dva dijela formule Black-Scholes. Analogno vrijedi i za *put* opciju.

For a better understanding of the Black-Scholes model, it is necessary to divide the equation (2) into two parts. The first part,  $S \cdot N(d_1)$ , is the expected gain from buying the underlying asset directly. It is calculated by multiplying the spot price of the underlying asset  $S$  and the premium change of the call option, i.e. the changed price of the underlying asset  $N(d_1)$ . The second part,  $K \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$ , indicates the present value of the option price at its expiry day. The fair market value of the call option is calculated by subtracting these two parts of the Black-Scholes formula. It is also analogous for the put option.

Iz izvođenja svoje formule, Black i Scholes su svoj model proširili na mjere koje opisuju tržišnu osjetljivost opcije. Te se pojedine mjere označuju grčkim slovima pa se u financijama one popularno nazivaju Grcima (*The Greeks*). One su proizašle iz diferencijalnih jednadžbi za određivanje formule Black-Scholes. To su sljedeće mjere [5]:

Deriving their own formula, Black and Scholes extended it to measures that represent the market sensitivities of the options. These measures, indicated by Greek letters and popularly called "the Greeks" in the in the financial world, represent the derivation of differential equations for defining the Black-Scholes formula. The measures are as follows [5]:

- delta,  $\Delta$ , mjeri osjetljivosti na spot cijenu  $S$ ,
- gama,  $\Gamma$ , mjeri drugi red osjetljivosti na spot cijenu  $S$ ,
- vega, koja ne pripada grčkoj abecedi, mjeri osjetljivosti na volatilnost  $\sigma$  (neke trgovačke kuće umjesto vege ovu mjeru označuju sa kapa,  $\kappa$ , ili tau,  $\tau$ ),
- theta,  $\Theta$ , mjeri osjetljivost na protok vremena  $T$ ,
- rho,  $\rho$ , mjeri osjetljivost primjenjene kamatne stope  $r$ .

- Delta,  $\Delta$ , measures sensitivity to spot price  $S$ ,
- Gamma,  $\Gamma$ , measures second order sensitivity to spot price  $S$ ,
- Vega, which is not a Greek letter, measures sensitivity to volatility  $\sigma$  (some trading firms have used the term kappa,  $\kappa$ , or tau,  $\tau$ , instead of the term vega),
- Theta,  $\Theta$ , measures sensitivity to the passage of time  $T$ ,
- Rho,  $\rho$ , measures sensitivity to the applicable interest rate  $r$ .

U tablici 1 dan je popis svih formula za određivanje Grka, posebno za *call* i posebno za *put* opciju.

A list of all the equations for calculating the Greeks, particularly for call and put options, is provided in Table 1.

Tablica 1 – Izrazi za mjerenje tržišne osjetljivosti *call* i *put* opcija [5]  
Table 1 – Formulas for measuring the market sensitivity of call and put options [5]

	<i>Call</i> opcija / Call option	<i>Put</i> opcija / Put option
delta / delta $\Delta$	$N(d_1)$	$N(d_1) - 1$
gama / gamma $\Gamma$	$\frac{\varphi(d_1)}{S \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}}$	$\frac{\varphi(d_1)}{S \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}}$
vega / vega	$S \cdot \varphi(d_1) \cdot \sqrt{T}$	$S \cdot \varphi(d_1) \cdot \sqrt{T}$
theta / theta $\Theta$	$-\frac{S \cdot \varphi(d_1) \cdot \sigma}{2 \cdot \sqrt{T}} - r \cdot K \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$	$-\frac{S \cdot \varphi(d_1) \cdot \sigma}{2 \cdot \sqrt{T}} + r \cdot K \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2)$
ro / rho $\rho$	$K \cdot T \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$	$-K \cdot T \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2)$

U tablici 1  $\varphi$  predstavlja funkciju normalne vjerojatnosti. Uočava se da su gama i vega jednaki za *call* i *put* opciju.

In Table 1,  $\varphi$  is the standard normal probability function. Note that the gamma and vega formulas are the same for call and put options.

Fischer Black je 1976. stvorio vlastiti model za vrednovanje opcija, koje umjesto o spot cijeni ovise o terminskoj cijeni predmetnog sredstva. Iz tog proizlaze sljedeće formule za određivanje vrijednosti *call* odnosno *put* opcije [7]:

Fischer Black created in 1976 his own option pricing model, which is based on the forward price of the underlying asset instead of the spot price. The equations of the call and put options are as follows [7]:

$$C(F, T) = e^{-rT} \cdot (F \cdot N(d_1) - K \cdot N(d_2)), \quad (6)$$

$$P(F, T) = (K \cdot N(-d_2) - F \cdot N(d_1)), \quad (7)$$

gdje je:

- $r$  – nerizična kamatna stopa,
- $F$  – terminska cijena predmetnog sredstva na dan dospjeća opcije,
- $\sigma$  – volatilnost terminske cijene i
- $N(\dots)$  – funkcija normalne kumulativne distribucije.

where:

- $r$  – risk-free interest rate,
- $F$  – forward price of the underlying asset at expiry day,
- $\sigma$  – volatility of the forward price, and
- $N(\dots)$  – function of normal cumulative distribution.

Additionally, two more equations are given [7]:

Nadalje slijede još dvije jednačbe [7]:



$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \frac{\sigma^2 \cdot T}{2}}{\sigma \cdot \sqrt{T}}, \quad (8)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}. \quad (9)$$

Pretpostavke i način izvođenja formule Black 76 jednake su kao i kod izvođenja formule Black-Scholes, osim što je spot cijena predmetnog sredstva zamijenjena s terminskom cijenom koja pak predstavlja očekivanu buduću vrijednost diskontiranu za nerizičnu stopu.

The assumptions and derivation of the Black 76 formula are the same as those of the Black-Scholes formula, unless the spot price of the underlying asset is replaced by the forward price, which represents the expected future value discounted by a risk-free interest rate.

## 4 PRIMJER REALIZACIJE OPCIJE NA BURZI EEX UZ PRIMJENU MARGINA

## 4 AN EXAMPLE OF EXERCISING AND MARGINING FOR AN OPTION ON THE EEX BOURSE

### 4.1 Opći uvjeti trgovanja opcijama na burzi EEX

EEX, burza sa sjedištem u Leipzigu jedna je od rijetkih tržišta električne energije na kojoj se može trgovati opcijama. Ovisno o tome je li potražnja za električnom energijom bazna ili vršna burza EEX nudi trgovanje sa Phelix Base opcijama i Phelix Peak opcijama (u riječi Phelix dio koji se odnosi na Phel znači fizičku isporuku električne energije).

### 4.1 General conditions of the option trading on the EEX bourse

The EEX, a bourse located in Leipzig, is one of rare electricity markets in which is possible to trade with options. Depending on the electricity demand, whether off-peak or on-peak, the EEX bourse offers option types such as Phelix Base and Phelix Peak to trade with (the word Phelix refers to the term Phel and means the physical delivery of electricity).

Opcije se na ovoj burzi mogu izvoditi tako da sudionik tržišta zauzme određenu future poziciju. Drugim riječima, temelj opcije čini terminska cijena električne energije i njoj pridružen future ugovor. Na primjer, u slučaju izvođenja *call* opcije (opcije koja se kupuje), duga pozicija po ugovoru tipa Phelix Base Year Future za godinu 2005. otvorena je za kupca opcije, dok je kratka pozicija po tom istom ugovoru otvorena za prodavatelja opcije, i to po odgovarajućoj cijeni opcije koja dopijeva samo na posljednji dan trgovanja, u razdoblju između 9 sati i 15 sati. To znači da su opcije na burzi EEX europskog tipa [8].

In this bourse, options can be exercised after a market participant takes a particular future position. In other words, the base of an option is the forward price of the electricity settled by the futures. For example, in the case of the exercise of a call option (buying option), the long position to the Phelix Base Year Future for year 2005 is opened for an option buyer, while the short position to the same futures is opened for an option seller and only for the price of the option, which expires on the last trading day, between 9 a.m. and 3 p.m. This rule indicates that the option type accepted by the EEX bourse is the European option [8].

Po pravilima trgovanja, kupac opcije mora platiti premiju da bi stekao pravo na njeno izvođenje. Osim toga premijom se kupac opcije zaštićuje od tržišnog rizika. Nadalje, taj kupac koji je isplatio premiju nije dužan ništa više plaćati, kao na primjer pokrivati margine u slučaju da terminska cijena električne energije počne padati. To je obveza prodavatelja opcije koji njenom prodajom treba pokrivati premijski i dodatnu marginu. Veličina tih margina ovisi o poziciji na kojoj se imatelj opcije trenutačno nalazi. Ako je prodavatelj opcije prisiljen da se odmakne od pozicije tada on

Due to trading rules, an option buyer must pay the premium to receive the right to exercise the option. Moreover, the buyer is hedged from market risk by the premium. The buyer is not obliged to make additional payments, i.e. to close out the margins if the forward price of the electricity starts to decrease. Closing out the margins is the obligation of the option seller, i.e. closing out both the premium and additional margins. The value of these margins depends on the particular position taken by the seller. If the seller is forced

prilikom prodaje opcije mora pokriti premijsku marginu koja se zatim usklađuje s novom cijenom opcije na dnevnoj bazi. Dodatna margina koristi se za pokrivanje gubitaka koji su mogući zbog nepovoljnog kretanja cijene opcije. Kako je opcijama temelj terminska cijena električne energije, to znači da se za njeno vrednovanje koristi formula Black 76. Cijene za realizaciju opcija kotiraju u eurima po kilovatsatima, obračunate na najviše tri decimale, s promjenom od najmanje 0,001 EUR/kWh [8] i [9].

Moguće je trgovanje opcijama na temelju pet Phelix Base Month Futures ugovora (što je pridruženo opciji tipa Phelix Base Month Option), šest Phelix Base Quarter Futures ugovora (što je pridruženo opciji tipa Phelix Base Quarter Option) te tri Base Load Year Futures ugovora (opcija tipa Base Load Year Option) [8].

Prema pravilima burze EEX opcije obično dospijevaju u trenutku kada se njima može trgovati po posljednji put. Tako posljednji dan trgovanja opcijom tipa Phelix Base Year Option pada na drugi četvrtak u prosincu. Za opcije tipa Phelix Base Month Option po kojoj je isporuka električne energije u siječnju i Phelix Base Quarter Option što se odnosi na prvi kvartal u godini posljednji dan trgovanja pada na treći četvrtak u prosincu. Posljedni dan trgovanja svim ostalim opcijama tipa Phelix Base Quarter Options i Phelix Base Month Options je četiri dana prije početka isporuke električne energije [8].

Ukupan broj *call* i *put* opcija raspoloživih za trgovanje po istoj cijeni njihovog izvođenja, datumom dospijeaća i tipom električne energije naziva se serija opcija. Za isti tip električne energije, za isti datum dospijeaća, ali s različitim cijenama izvođenja može biti utrživo najmanje tri serije opcija.

#### 4.2 Primjer pokrivanja margina tijekom trgovanja opcijama na burzi EEX

Kupac i prodavatelj future ugovora obvezni su pokrivati margine kojima se osigurava likvidnost burze [10]. Kod trgovanja opcijama jedino prodavatelj opcije je obvezan pokrivati određene margine, dok kupac prodavatelju plaća premiju. Po zahtjevu klirinške kuće koja predstavlja posebnog člana burze odgovornog za prikupljanje sredstava za pokrivanje margina prodavatelj opcije dužan je pokriti premijsku marginu i dodatnu marginu. Premijska margina pokriva gubitke nastale od premalo naplaćene premije, a dodatna margina od promjenjive vrijednosti te premije. Te se margine obračunavaju po metodi mark-to-market, odnosno metodi usklađivanja vrijednosti premije sa tržišnom vrijednošću opcije. Zahvaljujući toj metodi burza osigurava svoju daljnju likvidnost.

to go forward from the current position, then he must close out the premium margins, which will be rated with new option prices on a daily basis. The additional margin is proportional, so that it covers additional losses under the assumption of the most unfavorable price movement in the option price. Since the forward price of the electricity is essential for the option, the Black 76 formula is usually applied to calculate the option price. The option prices are quoted in Euros per kilowatt-hour, mostly to three decimal places and with a minimum change of 0,001 EUR/kWh [8] and [9].

Option trading is possible on the basis of the next five Phelix Base Month Futures (assigned to the Phelix Base Month Option), the next six Phelix Base Quarter Futures (assigned to the Phelix Base Quarter Option) and the next three Phelix Base Year Futures (assigned to the Base Load Year Option) [8].

Due to the rules of the EEX bourse, the options expire at the moment of their last trading day. Hence, the second Thursday in December is the last trading day for the Phelix Base Year Option. The third Thursday in December is the last trading day for both the January Phelix Base Month Option and the first quarter Phelix Base Quarter Option. Four days before the beginning of the delivery of electricity is the last trading day for all other options, such as the Phelix Base Quarter Options and the Phelix Base Month Options [8].

The total number of call and put options available for trading, with the same exercise price, expiry date and electricity type is called the option series. At least three option series can be traded if the type of electricity and expiry date are the same but the exercise price is different.

#### 4.2 An example of margining for options in the EEX bourse

Futures buyers and sellers are obliged to close-out the margins in order to ensure the liquidity of the bourse [10]. In the case of option trading, the seller must close out the margins, while the buyer pays the option premium. The clearing house, a special member of the bourse, requests the seller to close the premium margin as well as the additional margin. The premium margin covers all the losses from the underpaid premium, while the additional margin covers losses from the volatile premium value. Both margins are calculated with the help of the mark-to-market method, which means leveling the premium rate with the market value of the option. Thanks to this method, the further liquidity of the market is ensured.

Premijska margina odgovara premiji za kupovanje opcije te se računa na sljedeći način [9]:

The premium margin corresponds to the premium of option buying and can be calculated in the following manner [9]:

---

$$\text{Premijska margina/Premium margin (EUR)} = \text{Pozicija/Position} \times \text{Ugovorena količina/Contracted volume (MWh)} \times \text{Obračunata cijena opcije/Settlement price of the option (EUR/MWh)}. \quad (10)$$

---

Premijskom marginom se konačno obračunava pozicija koja se odnosi na tekuću tržišnu cijenu električne energije.

Finally, the position referring to the current price of electricity is calculated by this premium margin.

Dodatna margina odraz je najnepovoljnijeg kretanja cijene opcije te se u skladu s tim računa na sljedeći način [9]:

The additional margin is a reflection of the most unfavorable price movements in the option pricing and therefore can be calculated as follows [9]:

---

$$\text{Dodatna margina/Additional margin (EUR)} = \text{Pozicija/Position} \times \text{Ugovorena količina/Contracted volume (MWh)} \times \text{Najnepovoljnije kretanje cijene opcije/Most unfavorable option price movements (EUR/MWh)}. \quad (11)$$

---

Ovom je marginom moguće uspostaviti gornju i donju granicu očekivane buduće cijene električne energije. Projicirana vrijednost opcije određuje se formulom Black 76.

The additional margin can establish the minimum and maximum prices expected for the electricity. The projected option price is calculated by the Black 76 formula.

Primjer računanja premijske i dodatne margine prikazan je u tablici 2.

An example of calculating the premium and additional margins is shown in Table 2.

Model računanja margina iz tablice 2 ne može biti održiv ako je vrijednost opcije znatno manja od svoje realne vrijednosti tj. *out-of-the-money*. U tom slučaju burza EEX podešava vrijednosti kratke opcije prema sljedećoj formuli [9]:

The margin calculation model from Table 2 cannot be sustainable if the option value is significantly lower than its real value, i.e. *out-of-the money*. In this case, the EEX bourse is in charge of short option adjustment according to the following equation [9]:

---

$$\text{Podešavanje vrijednosti opcije/Short option adjustment (EUR/MWh)} = \text{Stupanj pad vrijednosti opcije/Out-of-the money minimum (\%)} \times \text{Parametar dodatne margine/Additional margin parameter (EUR/MWh)} + \text{Obračunata cijena opcije/Settlement of the option price (EUR/MWh)}. \quad (12)$$

---

Tablica 2 – Primjer računanja premijske i dodatne margine [9]

Table 2 – Example regarding the calculation of the premium and the additional margin [9]

Ugovor / Contract	C (Call) O1BY (Phelix Base Year Option) JAN08 25,00 (EUR/MWh)	
Ugovorena količina električne energije / Contract volume	366 dana / days x 24 sata / hours x 1 MW = 8 784 MWh	
Parametar dodatne margine / Additional margin parameter	2,50 EUR/MWh	
Pozicija / Position	25 L (Long) ili 25 S (Short)	
Obračun cijena opcije na dnevnoj bazi / Daily settlement price of the option	0,800 EUR/MWh	
Obračunata cijena električne energije na dnevnoj bazi / Daily settlement price of electricity	25,10 EUR/MWh	
Premijska margina / Premium margin		
Duga pozicija / Long position		Kratka pozicija / Short position
Premijska margina / Premium margin = - 25 x 8 784 MWh x 0,800 EUR/MWh = - 175 680 EUR (dobitak / profit)	Premijska margina / Premium margin = 25 x 8 784 MWh x 0,800 EUR/MWh = 175 680 EUR (gubitak / loss)	
Dodatna margina / Additional margin		
Duga pozicija / Long position		Kratka pozicija / Short position
	Future (predmet trgovanja) / Future (undelying asset)	
Projekcija / Projection	Obračunata cijena električne energije na dnevnoj bazi / Daily settlement price	Projekcija / Projection
22,60 EUR/MWh	← 25,10 EUR/MWh →	27,60 EUR/MWh
	Opcija / Option	
Projekcija / Projection	Dnevno obračunata cijena opcije / Settlement price	Projekcija / Projection
0,200 EUR/MWh	← 0,800 EUR/MWh →	2,800 EUR/MWh
Najlošiji slučaj: cijena opcije je pala za 0,600 EUR/MWh, od 0,800 EUR/MWh na 0,200 EUR/MWh / Worst case: Option price falls by 0,600 EUR/MWh from 0,800 EUR/MWh to 0,200 EUR/MWh	Najlošiji slučaj: cijena opcije je narasla za 2,000 EUR/MWh, od 0,800 EUR/MWh na 2,800 EUR/MWh / Worst case: Option price rises by 2,000 EUR/MWh from 0,800 EUR/MWh to 2,800 EUR/MWh	
Dodatna margina / Additional margin = 25 x 8 784 MWh x 0,600 EUR/MWh = 131 760 EUR (gubitak / loss)	Dodatna margina / Additional margin = 25 x 8 784 MWh x 2,000 EUR/MWh = 439 200 EUR (gubitak / loss)	
Ukupna margina / Total margin		
Duga pozicija / Long position		Kratka pozicija / Short position
Premijska margina / Premium margin	- 175 680 EUR	Premijska margina / Premium margin
		175 680 EUR
Dodatna margina / Additional margin	131 760 EUR	Dodatna margina / Additional margin
		439 200 EUR
Marginski kredit / Margin loan	- 43 920 EUR	Potrebno za pokriti marginu / Total margin to be furnished
		614 880 EUR
Mogućnost prebacivanja marginskog kredita na drugu poziciju koja pripada istoj marginskoj klasi / The margin loan can be set off against margin for same margin class	Prodavatelj opcija je obvezan uložiti 614 680 EUR kako bi pokrio marginu / The seller has to deposit for margin in the amount of 614 680 EUR	

S obzirom da opcija terminske cijene električne energije predstavlja predmet trgovanja, to znači da se opcija nadovezuje na future ugovor. Imatelj opcija i future ugovora zauzima dvije dodjeljene pozicije. Razlika je samo u obvezama koje proizlaze iz trgovanja opcijama odnosno future ugovorima. Da ne bi za svaku posebnu poziciju pokrивao margine, imatelj opcije i future ugovora može kompenzirati te margine međusobno ih zbrajajući. Margina proizašla iz trgovanja opcijom i margina proizašla iz trgovanja future ugovorom pripadaju istoj marginjskoj klasi.

Dobitak, odnosno gubitak, nastao iz pozicije trgovanja po future ugovoru računa se na sljedeći način:

---


$$\begin{aligned} \text{Dobitak/gubitak/Profit/loss (EUR)} = & \text{Pozicija/Position} \times \text{Ugovorena} \\ & \text{količina/Contracted volume (MWh)} \\ & \times (\text{Projecirana terminska cijena/} \\ & \text{Projected price of the future} - \\ & \text{Ugovorena terminska cijena/} \\ & \text{Settlement price of the future}) \\ & \text{(EUR/MWh),} \end{aligned} \quad (13)$$


---

dok se dobitak odnosno gubitak proizišao iz pozicije trgovanja po opciji izračunava kao:

---


$$\begin{aligned} \text{Dobitak/gubitak/Profit/loss (EUR)} = & \text{Pozicija/Position} \times \text{Ugovorena} \\ & \text{količina/Contracted volume (MWh)} \\ & \times \text{Projecirana cijena opcije/} \\ & \text{Projected price of the option} \\ & \text{(EUR/MWh).} \end{aligned} \quad (14)$$


---

I u ovom slučaju burza EEX koristi formulu Black 76 za izračunavanje vrijednosti opcije, pri tom uzimajući u obzir impliciranu volatilnost koja se izvodi iz tekućih ugovorenih cijena opcije.

U tablici 3 prikazan je primjer obračunavanja margina koje pripadaju istoj marginjskoj klasi.

Since the option of the forward price of electricity represents an object of trade, this indicates that the option is connected to the future contract. A holder of options and of futures is also a holder of the assigned positions. The only difference is the obligations that ensue from the option trading or futures trading. To avoid the closing out of each margin, it is possible for the holder to compensate for all the margins by simply adding them together. Margins for options and futures belong to the same margin class.

The profits and losses of positions in futures are calculated in the following manner:

while the profits and losses of positions in options are calculated as follows:

The EEX bourse calculates the option values by the Black 76 formula and uses the implied volatility derived from the current settlement of the option.

In Table 3, an example of the calculation of margins from the same margin class is presented.



Tablica 3 – Primjer obračunavanja margina iste marginske klase [9]  
Table 3 – Example regarding the calculation of the margins from the same margin class [9]

Predmetno sredstvo marginske klase (Phelix Base Year Future za 2008. godinu) / Underlying asset of the margin class (Phelix Base Year Future for year 2008)				F1BY JAN08		
Prva pozicija (Short Call Phelix Base Year Option za 2008. godinu) / 1 <sup>st</sup> position (Short Call Phelix Base Year Option for year 2008)				5S C 01BY JAN08 25,00		
Druga pozicija (Long Phelix Base Year Option za 2008. godinu) / 2 <sup>nd</sup> position (Long Phelix Base Year Option for year 2008)				25L F 1BY JAN08		
Ugovorena količina električne energije (366 dana x 24 sata x 1 MW) / Contract volume (366 days x 24 hours x 1 MW)	MWh			8 784		
Parametar dodatne margine / Additional margin parameter	EUR/MWh			2,50		
Obračunata cijena predmetnog sredstva na dnevnoj bazi / Daily settlement price of the underlying asset	EUR/MWh			25,10		
Obračunata cijena prve pozicije na dnevnoj bazi / Daily settlement of 1 <sup>st</sup> position	EUR/MWh			0,731		
Obračunata cijena druge pozicije na dnevnoj bazi / Daily settlement price of 2 <sup>nd</sup> position	EUR/MWh			25,10		
Marginski interval / Marginal interval	Projicirana cijena predmetnog sredstva / Projected price in underlying asset (EUR/MWh)	5S C 01BY JAN08 25,00		25L F1BY JAN08		Ukupni dobitak/gubitak / Total profits/loss (EUR)
		Projicirana cijena / Projected price (EUR/MWh)	Dobitak/gubitak / Profit/loss (EUR)	Projicirana cijena / Projected price (EUR/MWh)	Dobitak/gubitak / Profit/loss (EUR)	
(+2,50 EUR/MWh)	27,60	2,744	120 516,48	27,60	-549 000,00	-428 483,52
	27,00	2,321	101 938,32	27,00	-417 240,00	-315 301,68
Obračunata cijena na dnevnoj bazi / Daily settlement price	26,00	1,402	61 575,04	26,00	-197 640,00	-136 064,16
	25,10	0,731	32 105,52	25,10	0,00	32 105,52
	25,00	0,679	29 821,68	25,00	21 960,00	51 781,68
	24,00	0,453	19 895,76	24,00	241 560,00	261 455,76
	23,20	0,283	12 429,36	23,20	417 240,00	429 669,36
(-2,50 EUR/MWh)	22,60	0,256	11 243,20	22,60	549 000,00	560 243,52

## 5 ZAKLJUČAK

Opcijama se koriste oni sudionici tržišta koji su spremni platiti pravo da kupe ili prodaju električnu energiju po nekoj utvrđenoj cijeni koja vrijedi do dana dospijeca opcije. Ukoliko se radi o pravu na kupnju električne energije, tada kupac opcije može računati na zaradu u slučaju rasta buduće tržišne cijene električne energije. Ako se pak radi o pravu na prodaju električne energije, tada kupac profitira na račun pada tržišne cijene električne energije. Ne ostvare li se navedeni scenariji o rastu i padu cijena električne energije, kupac neće izvesti svoju opciju, odnosno snosit će gubitak u iznosu kupljenog prava ili premije.

## 5 CONCLUSION

Options are utilized by those market players who are willing to purchase the right of buying or selling electricity at a fixed price that is valid until the expiry day of the option. In the case of buying electricity, the buyer can count on a profit if the expected market price of electricity increases. In a case of selling electricity, the seller can profit from the decreasing market price of electricity. If the market price of electricity neither increases nor decreases, the buyer will not exercise his option, i.e. he will have a loss equal to the value of the right or the premium that he has purchased.

Kupac opcije je samo naočigled u boljoj poziciji nego njen prodavatelj. Naime, kupac prodavatelju opcije plaća premiju, i ništa više, odnosno nije obvezan svojim novcem, vrijednosnicama ili garancijama pokrivati margine u slučaju naglog povećanja budućih tržišnih cijena električne energije. Za razliku od kupca, prodavatelj opcije treba pokrivati margine jer se na taj način osigurava trajna likvidnost burze. S druge strane prodavatelj odmah zarađuje na premiji koju je naplatio kupcu opcije.

The option buyer is apparently in a better position than the option seller. Namely, the buyer pays the premium to the seller and nothing more, i.e. he is not obliged to close out the margins with his own cash, securities or guarantees if the expected market price of electricity increases sharply. Unlike the buyer, the option seller must close out the margins in order to ensure the liquidity of the exchange market. On the other hand, the seller immediately makes a profit on the premium that he collects from the buyer.

---

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] HULL, J., Options, Futures and Other Derivates, 6<sup>th</sup> ed., Prentice Hall, 2005
- [2] EYDELAND, A., WOLYNIEC, K., Energy and Power: Risk Management, John Wiley & Sons, New Jersey, 2003
- [3] DENG, S.J., OREN, S.S., Electricity Derivates and Risk Management, Energy, 31(2006) 6-7
- [4] DAVIS, M., Mathematics of Financial Markets, work supported by the Austrian Science Foundation (FWF) under grant Wittgenstein Prize Z36-MAT, September, 2000, ([www.ma.ic.ac.uk/~mdavis/docs/math2001.pdf](http://www.ma.ic.ac.uk/~mdavis/docs/math2001.pdf))
- [5] BLACK, F., SCHOLES, M., The Pricing of Options and Corporate Liabilities, Journal of Political Economy, 81(1973) 3
- [6] COX, J., ROSS, S., RUBINSTEIN, M., Option Pricing, a Simplified Approach, Journal of Financial Economics, 7(1979) 3
- [7] BLACK, F., The Pricing of Commodity Contracts, Journal of Financial Economics, 3(1976) 1-2
- [8] EEX Derivatives Market Concept (Futures and Options), European Electricity Exchange, October 2004, (<http://www.eex.de>)
- [9] EEX Margining, European Electricity Exchange, May 2006, (<http://www.eex.de>)
- [10] URAN, V., Tehnika izvođenja terminskih ugovora uz primjenu hedging metode, Energija, 55(2006), br.5.
- [11] ZGOMBIĆ, H., Business Dictionary (English – Croatian), IV. Izdanje, Faber & Zgombić Plus, Zagreb, 2002.

---

Uredništvo primilo rukopis:  
2006-11-29

Manuscript received on:  
2006-11-29

Prihvaćeno:  
2007-01-15

Accepted on:  
2007-01-15