

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA

OBOR PODNIKÁNÍ A ADMINISTRATIVA

KATEDRA STATISTIKY



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Časová řada spotřeby paliv a energií v ČR

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jan Grosz

Vypracoval: Milan Jakl

Praha © 2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Milan Jakl

obor Podnikání a administrativa

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Časová řada spotřeby paliv a energií v ČR**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Analýza spotřeby paliv v energetice v roce 2007
4. Závěr
5. Seznam použitých zdrojů
6. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

ARLT, Josef, ARLTOVÁ, Markéta. Ekonomické časové řady. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 285 str. ISBN 978-80-247-1319-9.

HEBÁK, Petr, SVOBODA, Libor. Statistika v SPSS. 1.vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994. 139 str. ISBN 80-7079-233-7

Kolektiv autorů. Statistická ročenka České republiky 2007. 1.vyd. Praha: Scientia, 2008. 783 str. ISBN 978-80-250-1515-5.

LIBRA, Martin. Zdroje a využití energie. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 str. ISBN 978-80-213-1647-8

SVATOŠOVÁ, Libuše, KÁBA, Bohumil. Statistické metody. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 132 str. ISBN 978-80-213-1672-0

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Jan Grosz**

Termín odevzdání bakalářské práce: březen 2011

Koko

.....
Vedoucí katedry



[Handwritten signature]

.....
Děkan

V Praze dne: 8. 6. 2010

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma ČASOVÁ ŘADA SPOTŘEBY PALIV A ENERGÍ V ČR vypracoval samostatně a použil jsem prameny, které uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze

Poděkování

Dovoluji si touto cestou poděkovat vedoucímu své bakalářské práce RNDr. Janu Groszovi za odborné vedení a rady, které mi pomohly k vypracování této bakalářské práce.

ČASOVÁ ŘADA SPOTŘEBY PALIV A ENERGIÍ V ČR

Shrnutí

Předkládaná bakalářská práce se zabývá spotřebou paliv a energií v České republice. Práce se konkrétně zaměřuje na spotřebu hnědého uhlí a elektrické energie, a to především z hlediska faktorů podílejících se na vývoji spotřeby. V práci je zároveň obsažena analýza spotřeby hnědého uhlí v energetice v roce 2007 a statistická analýza časové řady spotřeby elektrické energie v letech 2000-2009.

Klíčová slova: palivo, energie, spotřeba, analýza, časová řada, energetika

TIME SERIES OF FUEL AND ENERGY CONSUMPTION IN THE CR

Summary

The presented bachelor's thesis deals with consumption of fuels and energies in the Czech Republic.

The paper focuses on consumption of lignite and electric energy, especially in light of factors participating in the development of consumption. This study also contains an analysis of lignite consumption in energetics in the year 2007 and a statistical analysis of the time series of electricity consumption in the years 2000-2009.

Keywords: fuel, energy, consumption, analysis, time series, energetics

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce a metodika	10
2.1	Cíl práce.....	10
2.2	Metodika	10
2.2.1	Časové řady.....	10
2.2.2	Elementární charakteristiky časových řad	11
2.2.3	Odhad trendové funkce časové řady	12
2.2.4	Stanovení vhodnosti modelu trendu	13
2.2.5	Testování významnosti strukturálních parametrů.....	15
3	Literární rešerše	16
3.1	Spotřeba hnědého uhlí v České republice.....	16
3.1.1	Charakteristika hnědého uhlí	16
3.1.2	Těžební lokality v ČR.....	16
3.1.3	Územně ekologické limity těžby	16
3.1.4	Spotřeba hnědého uhlí v energetice	17
3.1.5	Pozitiva a negativa uhelné energetiky	18
3.2	Spotřeba elektrické energie v České republice	19
3.2.1	Důvody rostoucí spotřeby elektrické energie	20
4	Vlastní analýza.....	22
4.1	Analýza spotřeby hnědého uhlí v energetice v roce 2007	22
4.2	Statistická analýza časové řady.....	24
4.2.1	Elementární charakteristiky	25
4.2.2	Odhad lineárního trendu	28
4.2.3	Prognóza spotřeby vývoje elektrické energie	32
4.3	Zhodnocení výsledků.....	34
5	Závěr	36
6	Seznam literatury	38

1 Úvod

Vysoká spotřeba fosilních paliv v České republice se stává častěji diskutovaným tématem, neboť poukazuje na možná rizika.

Česká republika disponuje značnými zásobami hnědého uhlí, které zároveň spotřebovává na výrobu elektrické energie v uhelných elektrárnách. Jiná fosilní paliva nevlastní ČR v takové míře, je proto závislá na dovozu ropy, plynu, jaderných paliv. Uhelne elektrárny se podílí téměř z 60 % na výrobě celkové elektrické energie. I přes modernizaci spalovacích kotlů k dosažení efektivní účinnosti při výrobě elektřiny, schopností elektráren regulovat výrobu elektrické energie, se tento podíl snižuje. Důvodem je zejména negativní dopad na životní prostředí, způsobený povrchovou těžbou uhlí a produkovanými emisemi. Vytěžitelné zásoby hnědého uhlí klesají a další těžba je omezena usnesením vlády o územně ekologických limitech. Česká energetika musí hledat východiska pro prolomení těchto limitů, alespoň do té doby, než chybějící produkci uhelné energetiky, nahradí jiný nebo dosavadní zdroj.

Spotřeba fosilních paliv je především podmíněna poptávkou po elektrické energii, která se nejen v ČR, ale i ve světě nadále zvyšuje.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Bakalářská práce se zaměřuje na spotřebu hnědého uhlí a na spotřebu elektrické energie v České republice. Výběr komodit byl zvolen v souvislosti s aktuálními problémy české energetiky, zejména s klesajícími zásobami hnědého uhlí na území ČR a s rostoucí spotřebou elektrické energie.

Cílem bakalářské práce je charakteristika spotřeby hnědého uhlí a elektrické energie, a to především z hlediska faktorů podílejících se na vývoji spotřeby. Analýza spotřeby hnědého uhlí v energetice roce 2007 a následně statistická analýza časové řady spotřeby elektrické energie v ČR v letech 2000-2009.

2.2 Metodika

Teoretická část je zpracována na základě prostudování uvedené literatury a internetových zdrojů. Analýza časové řady spotřeby elektrické energie byla zpracována pomocí statistických metod.

2.2.1 Časové řady

Časovou řadu lze chápat jakou množinu pozorování kvantitativní charakteristiky, uspořádanou z hlediska času ve směru minulost-budoucnost. [1]

Časové řady se člení dle určitých charakteristik na:

- okamžikové,
- intervalové,
- krátkodobé,
- dlouhodobé.

Okamžikové časové řady se skládají z ukazatelů, které jsou vztaženy k určitému časovému okamžiku.

Intervalové časové řady vyjadřují, kolik případů, věcí, událostí vzniklo, nahromadilo se, spotřebovalo se nebo zaniklo za určitý časový interval.

Krátkodobé časové řady zaznamenávají údaje v týdenních, měsíčních, čtvrtletních periodách. Periodicita u krátkodobých časových řad musí být menší než jeden rok.

Dlouhodobé časové řady se zabývají obdobím, kde periodicita je nejméně roční. [2]

2.2.2 Elementární charakteristiky časových řad

Elementární charakteristiky obvykle slouží k orientačnímu popisu časových řad a vytváří prvotní představu o charakteru procesu, který řada představuje.

Tyto charakteristiky se konkrétně používají pro charakterizování dynamiky vývoje časové řady a pro zkoumání rychlosti změn hodnot sledovaného ukazatele v závislosti na čase. [2]

Elementární charakteristiky se dělí na:

- *absolutní* – pomocí těchto charakteristik je umožněno absolutní porovnání jednotlivých členů časových řad,
- *relativní* – jsou bezrozměrnými veličinami, vyjadřují velikost jednoho jevu na měrnou jednotku jiného jevu. [2]

Mezi absolutní charakteristiky patří:

- *první absolutní diference* – charakterizují absolutní přírůstek nebo úbytek zkoumaného ukazatele v určitém období proti období bezprostředně předcházejícímu,

$$d_{1i} = y_i - y_{i-1},$$

- *průměrný absolutní přírůstek* – je aritmetickým průměrem prvních absolutních diferencí,

$$\bar{d}_{1i} = \frac{y_n - y_1}{n-1}, \quad \bar{d}_{1i} = \frac{\sum d_{1i}}{n},$$

- *druhá absolutní diference* – charakterizuje zrychlení, respektive zpomalení vývoje ve zkoumané časové řadě,

$$d_{2i} = d_{1i} - d_{1(i-1)}.$$

Mezi relativní charakteristiky patří:

- *koeficient růstu (řetězový index)* – charakterizuje relativní postupnou rychlost změn hodnot v časové řadě. Vyjádříme-li koeficient růstu v procentech, hovoříme o *tempu růstu*,

$$k_i = \frac{y_i}{y_{i-1}},$$

- *relativní přírůstek (1. relativní diference)* – po vynásobení 100 vyjadřuje, o kolik procent se liší aktuální hodnota oproti hodnotě předchozí,

$$r_i = \frac{d_{1i}}{y_{i-1}} = \frac{y_i - y_{i-1}}{y_{i-1}} = \frac{y_i}{y_{i-1}} - 1,$$

- *bazický index* – po vynásobení 100 udává, o kolik procent se liší aktuální hodnota oproti hodnotě bazické,

$$\frac{y_i}{y_0},$$

- *průměrný koeficient růstu* – je vyjádřen jako geometrický průměr jednotlivých koeficientů růstu,

$$\bar{k} = n - \sqrt[n]{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \dots k_n} = n - \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_1}}. [2]$$

2.2.3 Odhad trendové funkce časové řady

Ke stanovení dynamiky vývoje neperiodických časových řad se používají nejčastěji tyto trendové funkce:

- Lineární, $T_t = a + bt$,
- kvadratická, $T_t = a + bt + ct^2$,
- logaritmická, $T_t = a + b \log t$,
- exponenciální, $T_t = ab^t$,
- mocninná, $T_t = at^b$,
- odmocninná, $T_t = a + b\sqrt{t}$,
- kombinovaná, $T_t = a + bt + c\sqrt{t}$,

- logistická,
$$T_t = \frac{k}{1 + e^{a+bt}} \cdot [2]$$

Strukturální parametry trendových funkcí se odhadnou pomocí metody nejmenších čtverců. Metoda předpokládá minimální součet čtverců odchylek jednotlivých hodnot časové řady:

$$\sum_{i=1}^n (y_t - y'_t)^2 = \min ,$$

kde $y_t, t = 1, \dots, n$ jsou pozorované hodnoty časové řady,

$y'_t, t = 1, \dots, n$ jsou očekávané hodnoty sledované veličiny. [2]

Aplikací metody nejmenších čtverců, v případě lineárního trendu, vznikne soustava normálních rovnic ve tvaru:

$$\begin{aligned} na + b \sum t_i &= \sum y_i \\ a \sum t_i + b \sum t_i^2 &= \sum y_i t_i . \end{aligned}$$

Řešením soustavy normálních rovnic se získají následující odhady parametrů lineárního trendu:

$$\begin{aligned} b &= \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum t_i \cdot \sum y_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \cdot [2] \\ a &= (\sum y_i) / n - b \cdot (\sum t_i) / n \end{aligned}$$

2.2.4 Stanovení vhodnosti modelu trendu

Míra souladu modelu se zjištěnými empirickými údaji se určuje pomocí následujících ukazatelů:

- *index determinace* – nabývá hodnot v uzavřeném intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Čím jsou hodnoty indexu determinace blíže jedné, tím model lépe popisuje dynamiku zkoumané řady,

$$I^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_t - y'_t)^2}{\sum_{i=1}^n (y_t - \bar{y})^2},$$

- *index korelace* – interpretace je obdobná jako u indexu determinace, hodnoty blíže jedné představují větší míru souladu modelu se zjištěnými údaji,

$$I = \sqrt{I^2},$$

- *relativní chyba prognózy* – udává odchylku odhadu se skutečnou hodnotou a vhodnost modelu k vytváření prognóz,

$$rp = \frac{|y_i - y'_i|}{y_i} \cdot 100. [2]$$

Mezi další možná kritéria k posouzení vhodnosti modelu patří:

- střední chyba odhadu ME (Mean Error),

$$ME = \frac{\sum (y_i - y'_i)}{n},$$

- střední procentuální chyba MPE (Man Percent Error),

$$MPE = \frac{100}{n} \sum \left(\frac{y_i - y'_i}{y_i} \right),$$

- střední čtvercová chyba MSE (Mean Squared Error),

$$MSE = \sum \frac{(y_i - y'_i)^2}{n - k},$$

- druhá odmocnina ze střední čtvercové chyby RMSE (Root Mean Squared Error),

$$RMSE = \sqrt{MSE},$$

- střední absolutní chyba MAE (Mean Absolute Error),

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |y_i - y'_i|,$$

- střední absolutní procentuální chyba MAPE (Mean Absolute Percent Error),

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|y_i - y'_i|}{y_i} \cdot 100. [2]$$

K posouzení použitelnosti jednotlivých modelů pro různé časové řady se používá relativní míra, která je nezávislá na měrných jednotkách analyzovaných ukazatelů, a to především střední absolutní procentuální chyba M.A.P.E.. Aby byl model vhodný,

musí střední absolutní procentuální chyba vykazovat maximálně 10 %. Modely s M.A.P.E. do 5 % jsou označovány jako velmi vyhovující. [2]

2.2.5 Testování významnosti strukturálních parametrů

Statistická významnost koeficientů je nezbytná ke zhodnocení použitelnosti zvoleného modelu.

Lineární trend $T_t = a + bt$ je možné chápat jako odhad trendu $\mu_t = \alpha + \beta$, jenž je vztažen k základnímu souboru. Testováním významnosti strukturálních koeficientů a , b , je myšleno jako testování hypotéz $H_0: \alpha = 0$, $H_0: \beta = 0$. Za platnosti obou hypotéz má statistika Studentovo rozdělení o $f = n - 2$ stupních volnosti.

Testování významnosti koeficientu b :

- jestliže platí relace $|t| > t_\alpha(n - 2)$, nulová hypotéza $H_0: \beta = 0$ se zamítá ve prospěch alternativní hypotézy $H_A: \beta \neq 0$. Koeficient b je statisticky významný,

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_t - y'_t)^2}{n - k}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_t^2}{n - k}},$$

$$t_b = \frac{b}{s_b}, s_b = \frac{s}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t^2 - n\bar{t}^2}}.$$

Testování významnosti koeficientu a :

- jestliže platí relace $|t| > t_\alpha(n - 2)$, nulová hypotéza $H_0: \alpha = 0$ se zamítá ve prospěch alternativní hypotézy $H_A: \alpha \neq 0$. Koeficient a je statisticky významný,

$$t_a = \frac{a}{s_a}, s_a = s \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n t^2}{n \sum_{i=1}^n t^2 - (n\bar{t})^2}}. [2]$$

3 Literární rešerše

3.1 Spotřeba hnědého uhlí v České republice

V České republice se za období od roku 2000 až do roku 2009 v průměru každým rokem spotřebovalo 44 669 771 tun hnědého uhlí. [3] Vysoká spotřeba hnědého uhlí je především dána hlavně tím, že se jedná o vlastní surovinu, která je následně použita na výrobu elektrické energie v rozsáhlé síti uhelných elektráren.

3.1.1 Charakteristika hnědého uhlí

Hnědé uhlí je fytozenní kaustobiolit v nižším prouhelňovacím stadiu s obsahem uhlíku mezi 70% - 75 %, prchavé hořlaviny nad 50% a výhřevností na bezpopelové bázi menší než 24 MJ/kg. Celkové zásoby ve světě jsou odhadovány na více než 500 miliard tun, v České republice na 3,5 miliardy tun. Hnědé uhlí se používá především pro výrobu elektrické energie v uhelných elektrárnách, v menší míře v chemickém průmyslu. [4]

3.1.2 Těžební lokality v ČR

Nejrozsáhlejší naleziště hnědého uhlí se nachází v severozápadních Čechách. Surovina se v současnosti těží v povrchových dolech v těchto lokalitách:

- severočeská pánev,
- sokolovská pánev.

Severočeská pánev se podílí přibližně ze 79 % na celkové produkci hnědého uhlí v ČR, *sokolovská pánev* ze zbývajících 21 %. Z důvodu nízké kvality, je uhlí výhradně spalováno v kotlích uhelných elektráren. [4]

3.1.3 Územně ekologické limity těžby

Vývoj těžby hnědého uhlí je v současné době zásadně ovlivněn rozhodnutím vlády z roku 1991 o územně ekologických limitech těžby v severočeské hnědouhelné pánvi.

Extenzivní rozvoj těžby v povrchových dolech a spalování hnědého uhlí v elektrárnách vyžadoval rychlou úpravu nepříznivého stavu životního prostředí v severozápadních Čechách. Ty se odrazili nejen pozitivně v urychlené realizaci komplexního odsíření

uhelných elektráren, ale i negativně v usnesení vlády ČR z roku 1991 o útlumu uhelného hornictví s odvoláním na potřebnou diverzifikaci primárních energetických zdrojů pro výrobu elektřiny. Důsledkem tohoto rozhodnutí bylo vydání 3 vládních usnesení o územně ekologických limitech těžby pro severočeskou hnědouhelnou pánev, Sokolovskou pánev a pro lom Chabařovice. Jehož těžba byla ukončena v roce 1997. [5]

Územně ekologické limity zcela brání v otevření nových, rezervních a výhledových lokalit a dokonce se negativně promítají do životnosti činných velkolomů v těchto pánvích, které jsou největším hnědouhelným ložiskem v České republice a jedinými pánvemi, kde je možné zvýšit disponibilitu hnědouhelných zásob. [5]

Územně ekologické limity těžby blokují více než 3,5 miliardy tun využitelných zásob. Vytěžitelné zásoby přitom činí 1,3 miliardy tun hnědého uhlí. Životnost těžebních lomů je možno odhadnout v rámci ekologických limitů na období 30 až 40 let 21. století. V příštích 35 letech poklesne roční těžba hnědého uhlí ze 44 milionů tun na 6-8 milionů tun. [6]

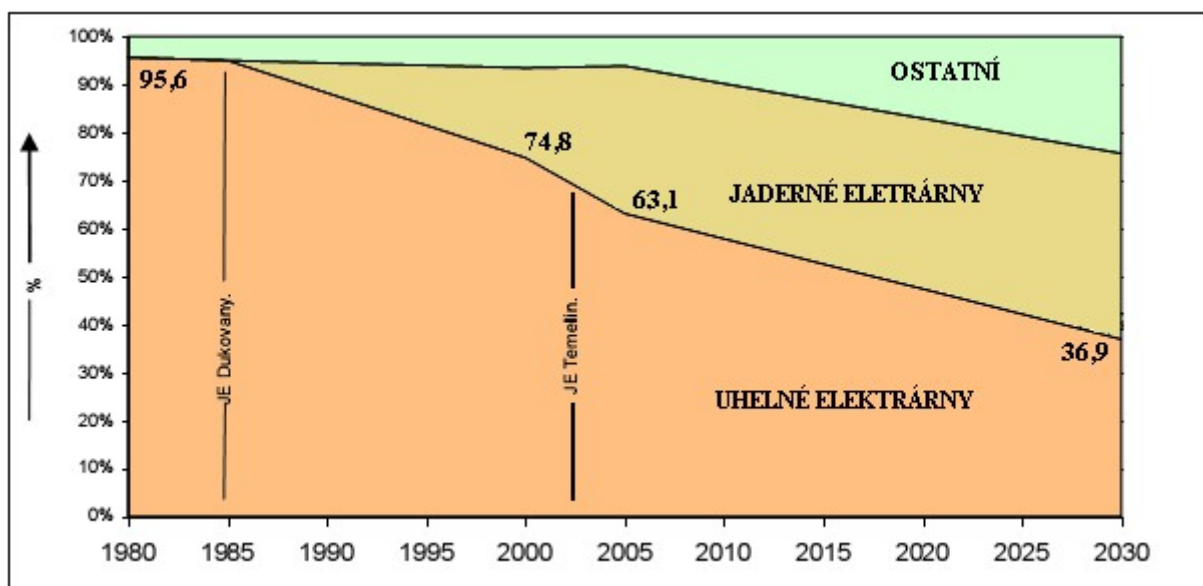
V případě, že nedojde k prolomení územně ekologických limitů, začnou se nedostatky paliva projevovat už v roce 2012. Problém se nejprve bude týkat tepláren. Produkci elektrické energie bude možné vyrovnat jadernou energetikou. Česká energetika musí hledat náhradní fosilní palivo. Jako substituční palivo může být použit zemní plyn, případně dřevní biomasa, ale za předpokladu ekonomicky náročné přestavby dosavadních spalovacích zařízení. Následně se všechny náklady za dražší palivo a přestavbu, promítnou do cen tepla a elektřiny. [6]

3.1.4 Spotřeba hnědého uhlí v energetice

Hnědé uhlí se na území ČR používá na výrobu elektřiny v 15 uhelných elektrárnách.

Většina z nich je situována z praktických důvodů v bezprostřední blízkosti severočeských dolů. Z celkové výroby elektřiny se hnědouhelné elektrárny podílí z téměř 60 %. Evropský průměr dosahuje oproti ČR pouhých 30 %. Předpokladem rozvoje uhelné energetiky je nutnost zdokonalovat výrobu, zejména v oblasti zvyšování energetické účinnosti. [7]

Obrázek č.1 – Podíl jednotlivých druhů elektráren na celkové výrobě elektřiny



Zdroj: Paliva, paliva.vscht.cz

Obrázek č.1 dokumentuje podíl a vývoj jednotlivých druhů elektráren. Z obrázku je patrné, že zastoupení uhelných elektráren se bude snižovat. Jedním z hlavních důvodů je pokles tuzemské těžby uhlí. Chybějící produkce uhelné energetiky bude v příštích 30 letech nahrazena jadernou energetikou v souvislosti s plánovaným rozšířením jaderné elektrárny Temelín a rostoucím podílem obnovitelných zdrojů energie. [8]

3.1.5 Pozitiva a negativa uhelné energetiky

Mezi hlavní negativa uhelné energetiky se řadí:

- devastace krajiny,
- emise skleníkových plynů.

Mezi nejzávažnější problém uhelné energetiky patří samotná těžba suroviny v povrchových dolech. Charakter původního rázu krajiny je následkem těžby nenávratně zničen. Rekultivace krajiny postižené těžbou trvá řadu let a vyžaduje množství financí.

Dalším problémem jsou emise škodlivých plynů. V nedávné minulosti se jednalo hlavně o emise oxidu siřičitého. Vznikající kyselé deště poškodily lesní porosty v Krušných horách, Jizerských horách a Krkonoších. Dnes je však nebezpečná produkce *skleníkových plynů*, které přispívají téměř k 75 % českých emisí. [9]

Mezi hlavní pozitiva uhelné energetiky se řadí:

- nezávislost na dovozu hnědého uhlí,
- stabilita uhelných elektráren.

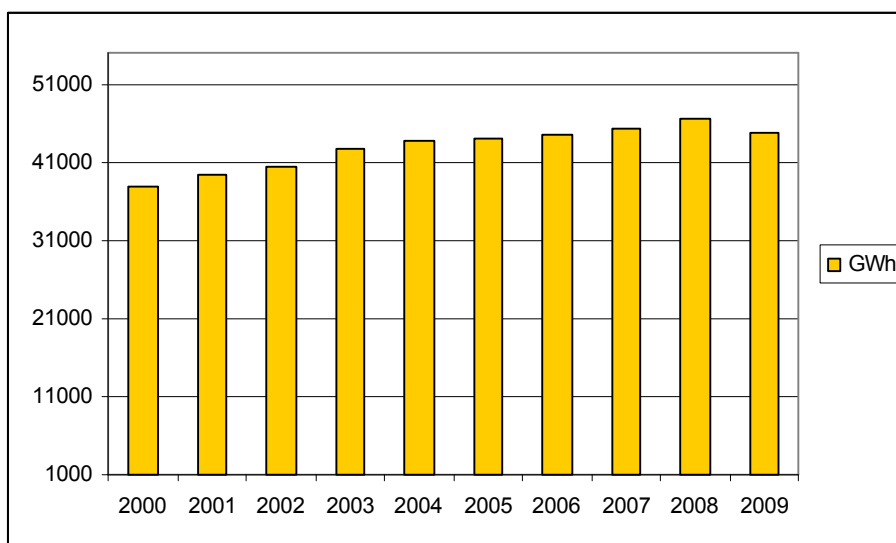
Uhelné elektrárny *nejsou závislé na dovozu* a mají výhodný přístup k palivu. Hlavně na základě rozmístění elektráren v okolí těžebních dolů, které se promítají v nízkých přepravních nákladech. Uhelné elektrárny jsou mimo své dominantní postavení ve výrobě elektrické energie, také velmi *stabilní*. Rozsáhlá síť je schopná díky svému počtu patnácti elektráren a možností regulovat chod bloků, dosahovat stabilního provozu.

3.2 Spotřeba elektrické energie v České republice

V České republice se za období od roku 2000 až do roku 2009 v průměru každým rokem spotřebovalo 42 893 446 MWh elektrické energie. [3]

Spotřeba elektrické energie v České republice, ale i ve světě stále roste. Tento trend spotřeby elektřiny je podmíněn zejména rostoucí životní úrovní obyvatelstva, technologickými pokroky, vyšší aktivitou průmyslu, dopravou.

Graf č.1 – vývoj spotřeby elektrické energie v ČR letech 2004 - 2009



Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Od roku 2000 do roku 2004 spotřeba elektrické energie ročně rostla o 3,6 %. Od roku 2004 do roku 2008 roční nárůst poklesl na 1,6 %. Na grafu č.1 je znázorněn pokles spotřeby v roce 2009. K poklesu vedlo snížení průmyslové produkce v důsledku finanční krize. [9]

3.2.1 Důvody rostoucí spotřeby elektrické energie

Mezi hlavní důvody rostoucí spotřeby elektrické energie v ČR patří:

- rozšíření ICT technologií,
- vyšší požadavky na bezpečnost,
- vyšší hygienické a zdravotní standardy,
- zvyšující se doprava,
- substituce jiných energií,
- vyšší aktivita průmyslu.

Česká republika poskytuje stále velký prostor pro *rozšiřování ICT technologií*. V rámci zkvalitňování komunikačních služeb, jsou ve velkém rozsahu vytvářeny datové sítě, informační tabule, rozšiřování platby kreditními kartami. Nutností informačního systému jsou záložní zdroje zamezující ztrátě dat.

S rostoucí životní úrovní souvisí *vyšší požadavky na bezpečnost*. Průmysl produkuje přístroje, stroje, automobily zkonstruované z kvalitnějších materiálů, s integrovanými bezpečnostními prvky. Výroba těchto dnes už standardních doplňků je velmi energeticky náročná.

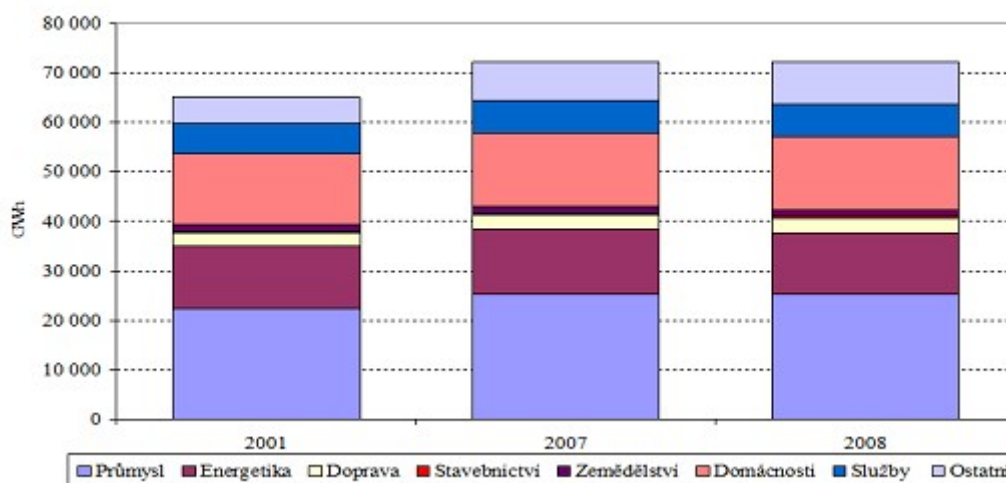
Se vstupem do EU bylo mnoho firem povinno zvýšit *hygienické standardy*. Vlivem zpřísněných norem v potravinářství, které se týkaly zejména chlazení, mražení a balení výrobků.

Zvyšující se železniční doprava ve velkých městech, rozvojem nových linek metra, tramvají.

Substituce jiných energií při vytápění budov, dopravě.

Vyšší aktivita průmyslu je podpořena výše zmíněnými důvody. [10]

Graf č.2 – struktura spotřeby energie



Zdroj: Vupek, vupek.cz

Mezi největší odběratele elektrické energie v ČR, jak je patrné z grafu č.2, patří průmysl, zejména zpracovatelský, strojírenský, chemický. [11]

4 Vlastní analýza

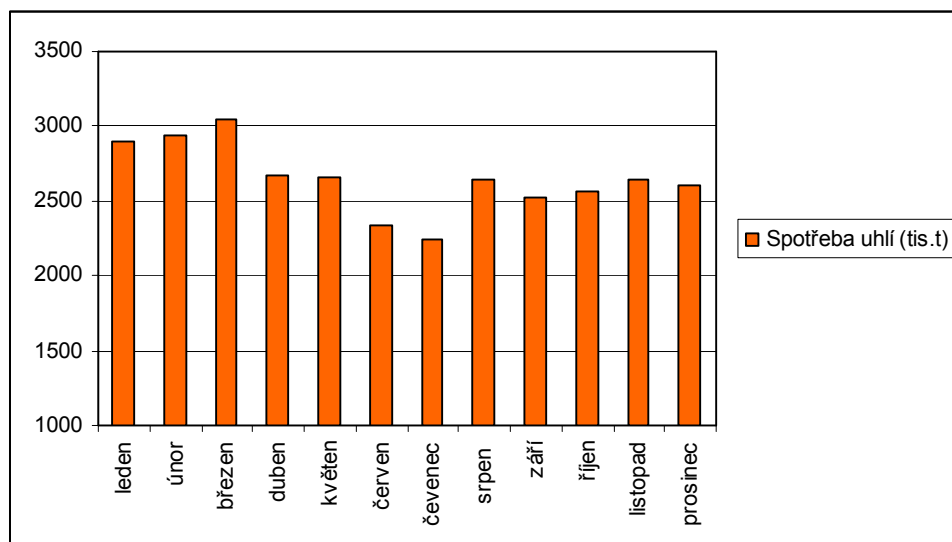
4.1 Analýza spotřeby hnědého uhlí v energetice v roce 2007

Elektrická energie se nedá vyrábět na sklad, produkovaná energie se v každém okamžiku musí rovnat spotřebě. Aby došlo k rovnosti mezi spotřebou a výrobou, je povinností uhelných elektráren, vypracovávat na základě údajů z předešlého období, roční podnikatelský plán výroby elektrické energie a tepla. Po stanovení ročního podnikatelského plánu, se s dodavateli dodatkem ke stávajícím smlouvám, objedná objem uhlí od těžebních společností a přepravní objemy od ČD Cargo. V tomto okamžiku je přibližně známa roční spotřeba paliv, která se dle skutečností mění.

Elektrárny spalující uhlí se podílí téměř z 60 % na celkové výrobě elektřiny a jsou schopny regulovat produkci elektrické energie v relativně krátkém časovém úseku. Z těchto okolností plyne, že lze sledovat výrazné změny ve spotřebě paliva během roku.

Do změn se promítá poptávka po elektřině. Měsíční hodnoty spotřebovaného paliva, je proto možné vysvětlit stejnými důvody, jako v případě spotřeby elektrické energie.

Graf č.3 – Spotřeba hnědého uhlí v energetice v jednotlivých měsících za rok 2007



Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Za celý rok 2007 se v energetice spotřebovalo 31 845 tisíc tun hnědého uhlí. Z grafu č.3 je vidět výrazný rozdíl spotřeby paliva v zimních a letních měsících. V období od listopadu do března průměrná spotřeba činila 2826 tisíc tun, zatímco období duben až říjen vykazovalo průměrnou spotřebu 2522 tisíc tun. Procentuální rozdíl mezi dvěma sledovanými obdobími je 10,76 %.

Za nejproduktivnější měsíc, z hlediska spotřeby se řadí březen, kdy spotřeba činila 3040 tisíc tun a naopak měsíc s nejnižší spotřebou 2247 tisíc tun je červenec. Pokles mezi měsícem s nejvyšší a měsícem s nejnižší spotřebou je 26 %.

Faktory ovlivňující spotřebu paliv v energetice během roku

Na změny ve spotřebě paliv během roku má zásadní vliv podnebí mírného pásu.

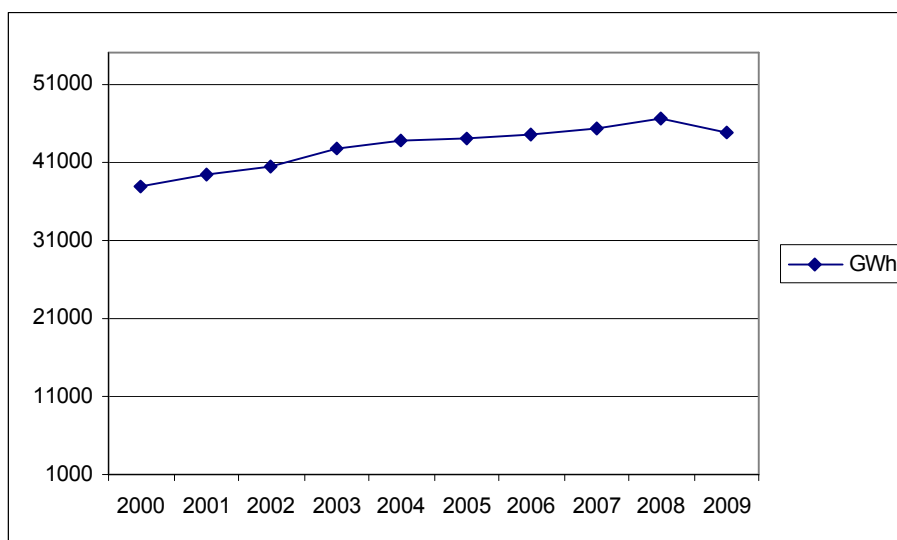
V zimních měsících jsou požadavky odběratelů elektrické energie významně vyšší než v měsících letních. Výrobní haly, domácnosti a ostatní bytové prostory jsou zásobeny vyrobeným teplem a nebo využívají k vytápění elektrickou energii. Větší odběr je z části způsoben i kratší dobou slunečního svitu během dne.

4.2 Statistická analýza časové řady

Analýza se zabývá vývojem spotřeby elektrické energie v letech 2000-2009.

Časová řada je nejprve zkoumána pomocí elementárních charakteristik. V dalším kroku je odhadnut lineární trend vývoje spotřeby elektrické energie. Lineární trend byl odhadnut na základě průběhu křivky znázorněné na Grafu č.4. Statistická analýza dále obsahuje výpočet strukturálních koeficientů lineární trendové funkce. Vhodnost zvolené modelu je ověřena pomocí koeficientu korelace a absolutní procentuální chyby M.A.P.E.. V analýze je taktéž posouzena statistická významnost strukturálních koeficientů a následně stanovena prognóza vývoje spotřeby pro rok 2012.

Graf č.4 – Vývoj spotřeby elektrické energie v ČR v letech 2000-2009



Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

4.2.1 Elementární charakteristiky

Tabulka č. 1 – Elementární charakteristiky vývoje spotřeby elektrické energie

Rok	Spotřeba (MWh)	d_{1i}	d_{2i}	k_i	r_i	$\frac{y_i}{y_0}$
2000	37 884 423	-	-	-	-	-
2001	39 262 712	1378289	-	1,03638141	0,03638141	1,0363814
2002	40 489 719	1227007	-151282	1,03125120	0,03125120	1,0687696
2003	42 648 747	2159028	932021	1,05332286	0,05332286	1,1257594
2004	43 679 080	1030333	-1128695	1,02415857	0,02415857	1,1529562
2005	44 101 487	422407	-607926	1,00967069	0,00967069	1,1641061
2006	44 433 291	331804	-90603	1,00752364	0,00752364	1,1728644
2007	45 196 810	763519	431715	1,01718349	0,0171834	1,1930183
2008	46 543 680	1346870	583351	1,02980011	0,02980011	1,2285704
2009	44 694 513	-1849167	-3196037	0,96027028	-0,03972971	1,1797596
Celkem	428934462	1378289	-	x	x	x

Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

První absolutní diference

$$d_{1i} = y_i - y_{i-1}$$

$$d_{1i} = 44\,694\,513 - 46\,543\,680 = -1849167 \text{ MWh}$$

Spotřeba elektrické energie se v roce 2009 snížila oproti roku 2008 o -1849167 MWh.

Průměrný absolutní přírůstek

$$\bar{d}_{1i} = \frac{y_n - y_1}{n - 1} = 137828,9 \text{ MWh}$$

$$\bar{d}_{1i} = \frac{\sum d_{1i}}{n} = 137828,9 \text{ MWh}$$

Spotřeba elektrické energie se v průměru každoročně zvýšila

v letech 2000-2009 o 137828,9 MWh.

Druhá absolutní diference

$$d_{2i} = d_{1i} - d_{1(i-1)}$$

$$d_{21} = -151282 \text{ MWh}$$

Koeficient růstu (řetězový index)

$$k_i = \frac{y_i}{y_{i-1}}$$

$$k_1 = \frac{44694513}{46543680} = 0,960270288$$

Spotřeba elektrické energie se v roce 2009 snížila oproti roku 2008 na 96,03 %.

Relativní přírůstek (1. relativní diference)

$$r_i = \frac{d_{1i}}{y_{i-1}} = \frac{y_i - y_{i-1}}{y_{i-1}} = \frac{y_i}{y_{i-1}} - 1$$

$$r_1 = \frac{-1849167}{46543680} = -0,039729712$$

Spotřeba elektrické energie se v roce v 2009 snížila oproti roku 2008 o 3,97 %.

Bazický index

$$\frac{y_i}{y_0}; y_0 = \text{rok 2000}$$

$$\frac{y_{2001}}{y_{2000}} = 1,0363814$$

$$\frac{y_{2008}}{y_{2000}} = 1,2285$$

Průměrný koeficient růstu

$$\bar{k} = n^{-1} \sqrt[k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \dots k_n]{y_n} = n^{-1} \sqrt{\frac{y_n}{y_1}}$$

Za celé období

$$\bar{k}_{2000-2009} = \sqrt[9]{\frac{44694513}{37884423}} = 1,0185$$

Za roky 2000-2008

$$\bar{k}_{2000-2008} = \sqrt[8]{\frac{46543680}{37884423}} = 1,0260$$

Za roky 2000-2004

$$\bar{k}_{2000-2004} = \sqrt[4]{\frac{43679080}{37884423}} = 1,0362$$

Za roky 2004-2008

$$\bar{k}_{2004-2008} = \sqrt[4]{\frac{46543680}{43679080}} = 1,0160$$

Spotřeba elektrické energie se v letech 2000-2009 v průměru každým rokem zvyšovala o 1,8 %. Nejvyšší roční nárůst byl mezi lety 2000-2004 a to 3,6 %. Naopak v letech 2004-2008 pouze 1,6 %. Rozdílný růst spotřeby elektrické energie je patrný z grafu č.4.

4.2.2 Odhad lineárního trendu

Odhad parametrů lineární trendové funkce pomocí metody nejmenších čtverců

$$y'_i = a + b \cdot t_i$$

Aplikací metody nejmenších čtverců, v případě lineárního trendu, vznikne soustava normálních rovnic ve tvaru:

$$na + b \sum t_i = \sum y_i$$

$$a \sum t_i + b \sum t_i^2 = \sum y_i t_i.$$

Tabulka č. 2 – Vývoj spotřeby elektrické energie (MWh)

Rok	y_i	t_i	t_i^2	$Y_i * t_i$
2000	37 884 423	1	1	37 884 423
2001	39 262 712	2	4	78 525 424
2002	40 489 719	3	9	121 469 157
2003	42 648 747	4	16	170 594 988
2004	43 679 080	5	25	218 395 400
2005	44 101 487	6	36	264 608 922
2006	44 433 291	7	49	311 033 037
2007	45 196 810	8	64	361 574 480
2008	46 543 680	9	81	418 893 120
2009	44 694 513	10	100	446 945 130
Celkem	428 934 462	55	385	2 429 924 081

Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Řešením soustavy normálních rovnic se získají následující odhady parametrů lineárního trendu:

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum t_i \cdot \sum y_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$
$$a = (\sum y_i) / n - b \cdot (\sum t_i) / n$$

$$10a + 55b = 428\,934\,462$$

$$55a + 385b = 2\,429\,924\,081$$

$$a = 38174476,89$$

$$b = 857994,42$$

Lineární trendová funkce časové řady má následující podobu:

$$y'_i = 38174476,89 + 857994,42t_i$$

Stanovení vhodnosti modelu

Vyjádření teoretických hodnot, vypočtených pomocí trendové funkce a průměru řady.

Tabulka č. 3 – Vývoj spotřeby elektrické energie (MWh)

y_i	t_i	y'_i	$ y_i - y'_i $	$\frac{ y_i - y'_i }{y_i}$	$(y_i - y'_i)^2$	$\left(y_i - \bar{y}\right)^2$
37 884 423	1	39032471,31	1148048,31	0,030304	1,31801E+12	2,50903E+13
39 262 712	2	39890465,73	627753,73	0,0159885	3,94075E+11	1,54156E+15
40 489 719	3	40748460,15	258741,15	0,0063903	66946982703	1,63942E+15
42 648 747	4	41606454,57	1042292,43	0,024439	1,08637E+12	1,81892E+15
43 679 080	5	42464448,99	1214631,01	0,0278081	1,47533E+12	1,90786E+15
44 101 487	6	43322443,41	779043,59	0,0176648	6,06909E+11	1,94494E+15
44 433 291	7	44180437,83	252853,17	0,0056906	63934725579	1,97432E+15
45 196 810	8	45038432,25	158377,75	0,0035042	25083511695	2,04275E+15
46 543 680	9	45896426,67	647253,33	0,0139064	4,18937E+11	2,16631E+15
44 694 513	10	46754421,09	2059908,09	0,0460886	4,24322E+12	1,9976E+15
428934462	55			0,1917844	9,69882E+12	1,70588E+16

Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Vhodnost modelu posouzena pomocí koeficientu korelace r_{yt} a pomocí M.A.P.E. .

$$r_{yt} = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_i - y'_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$r_{yt} = 0,9997$$

$$\text{M.A.P.E.} = \frac{1}{n} \sum \frac{|y_i - y'_i|}{y_i} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

M.A.P.E. = 1,91%

Z hodnoty koeficientu korelace se dá říct, že lineární trend pro tuto řadu je velmi vyhovující. Hodnota absolutní procentuální chyby M.A.P.E. vykazuje 1,91 %, což hovoří ve prospěch zvoleného modelu.

Test významnosti strukturálních parametrů lineární trendové funkce

Výpočet reziduální směrodatné odchylky:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2}{n - k}}$$

s = 1101068,799

Test významnosti koeficientu b:

Platí relace $|7,07| > t_{0,05} 8$, nulová hypotéza $H_0: \beta = 0$ se zamítá ve prospěch alternativní hypotézy $H_A: \beta \neq 0$. Koeficient b je statisticky významný.

$$t_b = \frac{b}{s_b}, s_b = \frac{s}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t^2 - n\bar{t}^2}}$$

Test významnosti koeficientu a:

Platí relace $|50,75| > t_{0,05} 8$, nulová hypotéza $H_0: \alpha = 0$ se zamítá ve prospěch alternativní hypotézy $H_A: \alpha \neq 0$. Koeficient a je statisticky významný.

$$t_a = \frac{a}{s_a}, s_a = s \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n t^2}{n \sum_{i=1}^n t^2 - (n\bar{t})^2}}$$

Strukturální koeficient a i koeficient b jsou statisticky významné na 5 % hladině významnosti. Dle toho kriteria lze zvolený lineární trend považovat za vhodný.

4.2.3 Prognóza spotřeby vývoje elektrické energie

Posouzení vhodnosti prognózy se stanovuje pomocí pseudoprognózy. Časová řada je zkrácena o jeden nebo více údajů. Na základě zkrácené časové řady se vyjádří trend a vypočte prognóza pro známé údaje. Rozdíly mezi skutečnými a prognózovanými údaji se hodnotí pomocí relativní chyby prognózy.

Tabulka č. 4 – Vývoj spotřeby elektrické energie (MWh)

y_i	t_i	y'_i
37 884 423	1	38574714
39 262 712	2	39604367
40 489 719	3	40634021
42 648 747	4	41663674
43 679 080	5	42693328
44 101 487	6	43722981
44 433 291	7	44752635
45 196 810	8	45782288
46 543 680	9	46811941

Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Odhad parametrů lineární trendové funkce pomocí metody nejmenších čtverců a stanovení prognózy

$$9a+45b=384\,239\,949$$

$$45a+285b=1\,982\,978\,951$$

$$a= 37545060,5$$

$$b= 1029653,43$$

Trendová funkce zkrácené řady:

$$y'_i = 37545060,5 + 1029653,43t_i$$

Prognóza na rok 2009 :

$$y_{10} = 37545060,5 + 1029653,43 \cdot 10$$

$$y'_{10} = 47841595$$

V případě, že se lineární trend nezmění, odhadovaná spotřeba zkrácené časové řady vykazuje 47 841 595 Mwh.

Skutečnost roku 2009: 44694513

Rozdíl mezi skutečným obdobím a obdobím odhadovaným, stanovený pomocí relativní chyby prognózy r_p :

$$r_p = \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \cdot 100 (\%),$$

$r_p = 7,04\%$.

Relativní chyba prognózy činí 7,04%, což svědčí o poměrně malé odchylce a model je tedy vhodný i z hlediska prognózy.

Odhad spotřeby pro rok 2012

$$y'_{12} = 37545060,5 + 1029653,43 \cdot 12$$

$$y'_{12} = 49900902$$

V případě, že se dosavadní trend nezmění, odhadovaná spotřeba pro rok 2012 bude činit 49 900 902 MWh.

4.3 Zhodnocení výsledků

Spotřeba hnědého uhlí v energetice během roku je nepochybně různá. Spotřeba hnědého uhlí se v zimních měsících, oproti měsícům letním, lišila téměř o 11 %. Rozdíl spotřeby v březnu a červenci činil 26 %. Cílem analýzy bylo především poukázat na důležitost uhelné energetiky v České republice.

Statistická analýza časové řady potvrdila rostoucí trend spotřeby elektrické energie. Zkoumanou časovou řadu je možné rozdělit na 3 období z hlediska vývoje. Prvním je období od roku 2000-2004, kdy průměrný roční nárůst vykazoval 3,6 %. Obdobím dalším jsou roky 2004-2008, kde byl průměrný roční nárůst už je 1,8 %. Třetím obdobím je zlomový bod roku 2008. Propad spotřeby v roce 2009 oproti roku 2008 činil 3,97 %.

5 Závěr

Teoretická část práce byla zaměřena na charakteristiku spotřeby hnědého uhlí a elektrické energie, a to především z hlediska faktorů podílejících se na vývoji spotřeby. Vlastní analýza se zabývala spotřebou hnědého uhlí v energetice za rok 2007 a následně za pomoci statistických metod, uvedených v metodice, byla vypracována statistická analýza časové řady spotřeby elektrické energie v letech 2000-2009.

V posledních deseti letech Česká republika spotřebovala každým rokem v průměru přes 44 milionů tun hnědého uhlí. Vysoká spotřeba je způsobena hlavně tím, že ČR disponuje vlastními zásobami hnědého uhlí, které jsou následně použity pro výrobu elektrické energie v patnácti uhelných elektrárnách. Uhelná energetika se podílí téměř z 60 % na celkové produkci elektřiny v ČR. Technologie spalování uhlí se neustále zefektivňuje, emise jsou nižší než v minulých letech a účinnost výroby elektrické energie a tepla je vyšší. Navzdory těmto okolnostem dochází ke snižování výroby elektrické energie a tepla, v důsledku poklesu vytěžitelných zásob hnědého uhlí. Pokračující těžba je omezena vládním usnesením o územně ekologických limitech, které byly stanoveny následkem negativního dopadu těžby a produkce škodlivých plynů na životní prostředí. Česká energetika se v souvislosti s omezením těžby potýká s problémem, jak nahradit chybějící podíl hnědouhelných elektráren, a to především při výrobě tepla. Jednou z možností může být nahrazení uhlí jiným palivem, například dnes už využívanou biomasou a nebo jiným fosilním palivem. Další možností je hledání cest k prolomení územně ekologických limitů. Produkce elektrické energie bude, na základě plánovaného rozšíření jaderné elektrárny Temelín, v příštích 35 letech nahrazena jadernými elektrárnami a alternativními zdroji energie.

Spotřeba elektrické energie v České republice, ale i ve světě, stále roste. Tento trend spotřeby elektřiny je podmíněn zejména rostoucí životní úrovní obyvatelstva, technologickými pokroky, vyšší aktivitou průmyslu, dopravou. Mezi největší odběratele patří průmysl, který má zásadní vliv na změny ve spotřebě elektrické energie, dále energetika, doprava, domácnosti.

V energetice se za rok 2007 spotřebovalo 31 845 tisíc tun hnědého uhlí. V jednotlivých měsících se spotřeba paliva, v závislosti na poptávce po elektrické energii, liší. Spotřeba

hnědého uhlí v energetice se v zimních měsících, oproti měsícům letním, lišila téměř o 11 %. Rozdíl spotřeby v březnu a červenci činil 26 %.

Na základě statistických metod, uvedených v metodice, byla vypracována statistická analýza časové řady spotřeby elektrické energie v letech 2000-2009. Nejprve byly vypočteny elementární charakteristiky. Dále byl odhadnut lineární trend a vypočteny parametry lineární trendové funkce pomocí metody nejmenších čtverců. Následovalo stanovení vhodnosti modelu pomocí absolutní procentuální chyby M.A.P.E. a koeficientu korelace, testování statistické významnosti strukturálních koeficientů. Z nízké hodnoty M.A.P.E. 1,91 % a statistické významnosti strukturálních koeficientů, byl zvolený lineární trend považován za velmi vhodný. Prognóza vývoje spotřeby elektrické energie byla posouzena pomocí relativní chyby prognózy, která vykazovala 7,04 %. Zvolený trend byl vhodný i z hlediska prognózy. Statistická analýza potvrdila rostoucí trend spotřeby elektrické energie.

6 Seznam literatury

- [1] ARTL, Josef, ARTLOVÁ, Markéta. Ekonomické časové řady. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 285 str. ISBN 978-80-247-1319-9.
- [2] SVATOŠOVÁ, Libuše; KÁBA, Bohumil. Statistické metody II. Vyd.1. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 105 s. ISBN 978-80-213-1736-9.
- [3] Český statistický úřad [online]. 2010 [cit. 2011-01-13]. Dostupné z WWW: <www.czso.cz>.
- [4] Geofond [online]. 2009 [cit. 2011-02-24]. Dostupné z WWW: <www.geofond.cz>
- [5] Vývoj hnědouhelného hornictví v ČR. Paliva 1 [online]. 2009, 1, [cit. 2011-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://paliva.vscht.cz/>>. ISSN 1804-2058.
- [6] PRO-ENERGY.2.Praha : OptiMWH, 2010. 80 s. ISSN 1802-4599.
- [7] Skupina CEZ [online]. 2011 [cit. 2011-02-3]. Dostupné z WWW: <www.cez.cz>.
- [8] PRO-ENERGY.1.Praha : OptiMWH, 2009. 80 s. ISSN 1802-4599.
- [9] PRO-ENERGY. 3. Praha : OptiMWH, 2009. 80 s. ISSN 1802-4599.
- [10] PRO ATOM [online]. 2006 [cit. 2010-08-25]. Dostupné z WWW: <<http://proatom.luksoft.cz/>>.
- [11] VUPEK [online]. 2010 [cit. 2011-03-4]. Dostupné z WWW: <<http://www.vupek.cz/poznatky.html>>.