

# Analýza hlavních technickoekonomických parametrů hnědouhelných parních bloků na výrobu elektřiny

*zpráva z řešení studie*

prosinec 2017



# OBSAH

1	Úvod	5
2	Technologie uhelných bloků	6
3	Ceny uhelných bloků	8
4	Ceny uhlí	10
5	Ceny emisních povolenek	11
6	Diskontní sazba	12
7	Základní parametry typového bloku	14
7.1	Technické parametry	14
7.2	Ekonomické parametry	14
7.3	Emisní parametry	16
8	Odvozené parametry typového bloku	17
9	Souhrn parametrů typového bloku	19
10	Analýza citlivosti	21
11	Srovnání se studií 2004	23
	Zdroje dat	24
	Zkratky	25



# 1 Úvod

Základním ukazatelem pro ekonomické hodnocení bloku pro výrobu elektřiny jsou výrobní náklady, které závisí na řadě parametrů. Parametry typového hnědouhelného bloku pro potřeby OP PIK byly naposledy zpracovány v roce 2004. Od té doby došlo k významným změnám cen komodit, důležitých pro výstavbu a provoz uhelných bloků. V Evropě včetně ČR byly uvedeny do provozu nové moderní uhelné bloky s vysokými technickými parametry a minimálními dopady na životní prostředí a jsou získávány první zkušenosti s jejich provozem. Vzhledem k těmto změnám je tedy vhodné provést aktualizaci dat typového bloku tak, aby odpovídala novým poznatkům z vlastních i zahraničních průzkumů a analýz.

V souvislosti s integrací evropského trhu s elektřinou došlo také k přehodnocení názorů na optimální velikost systémových bloků. Zatímco v roce 2004 jsme definovali typový blok o velikosti 300 MW, v současnosti se realizují bloky vyšších jednotkových výkonů, vzhledem k tomu, že při výběru optimální velikosti bloku se již nevychází z podmínek lokálního trhu s elektřinou, ale spíše z podmínek integrovaného evropského trhu. V této studii jsme proto zvolili blok o instalovaném výkonu 660 MW, což je i velikost nového bloku uváděného do provozu v elektrárně v Ledvicích. Nicméně ledvicový blok prozatím pracuje ve zkušebním provozu, a proto nejsou dosud k dispozici jeho provozní data a charakteristiky a tyto je nutno odhadovat na základě vyhodnocení dat ze zahraničních i vlastních průzkumů provozu obdobných bloků.

Ceny energetických bloků se mezi roky 2000 až 2008 významně zvýšily, díky rostoucím cenám komodit (železo, měď) a hlavně díky zvýšené globální poptávce po zdrojích elektřiny zejména v asijských zemích (Čína, Indie). Po roce 2008 ceny energetických bloků kolísají v užším pásmu s mírným růstovým trendem. Cena uhelných bloků je významně závislá na velikosti bloku, parametrech páry a také na druhu paliva.

Důležitým ekonomickým parametrem pro hodnocení bloku je cena paliva, která však může kolísat v relativně širokých mezích. Cena tuzemského energetického hnědého uhlí není veřejně dostupná a je zde odhadnuta na základě vývoje evropských cen energetického uhlí z dat EURACOAL a z vlastního odhadu poměru mezi cenou evropského uhlí a tuzemského energetického hnědého uhlí s nízkou výhřevností.

Výrobní náklady hnědouhelných bloků mohou být velmi významně ovlivněny cenou povolenek na emise skleníkových plynů (CO<sub>2</sub>). Při návrhu typového hnědouhelného bloku v roce 2004 nebyla cena povolenky vůbec zahrnuta vzhledem k tomu, že trh s povolenkami se v té době teprve rozbíhal a chyběla tedy věrohodná data pro odhad vývoje cen povolenek. V současnosti jsou ceny povolenek na velmi nízké úrovni kolem 5 EUR/t. Tato cena je nemotivující k omezování emisí skleníkových plynů a proto EU chystá opatření pro nápravu tohoto stavu. Otázkou tedy zůstává jakou cenu povolenek zde zvolit. Podle výsledků našich analýz odhadujeme, že cena povolenky v roce 2030 by se měla pohybovat na úrovni kolem 25 EUR/t a vykazovat růstový trend do budoucna i po roce 2030. Cena 25 EUR/t je zde zvolena jako základní pro výpočet výrobních nákladů typového bloku a dále je provedena analýza citlivosti výrobních nákladů na cenu povolenky.

Z metodického hlediska ještě poznamenáváme, že v roce 2004 jsme používali pojem „nákladová cena elektřiny“ zatímco zde důsledně používáme pojem „výrobní náklady“, který je běžnější. Pojem výrobní náklady označuje diskontované průměrné roční výrobní náklady. V této studii také neuvádíme dynamické parametry typového bloku, které jsou sice důležité při simulaci provozu bloku, ale pro potřeby OP PIK nejsou příliš podstatné.

## 2 Technologie uhelných bloků

Od 90. let minulého století se nové uhelné bloky staví po celém světě převážně ve dvou základních provedeních. Jedná se o bloky s fluidními kotli (FCB = Fluidised Bed Combustion) a bloky se spalováním práškového uhlí (PCB = Pulverized Coal Block).

Bloky FCB využívají spalování paliva ve fluidní vrstvě a byly vyvinuty pro spalování paliva v širokém pásmu kvality, což je jejich hlavní předností. Náplň fluidní vrstvy tvoří palivo, odsiřovací aditivum (většinou vápenec) a aditivum pro stabilitu fluidní vrstvy (inertní materiál – např. písek). Nevýhodou fluidního spalování je zvýšená citlivost na zrnitost a tudíž na kvalitu přípravy paliva před spalováním. Z tohoto důvodu jsou fluidní kotle spíše menších výkonů.

Jako příklad lze uvést, že v letech 1995 až 1998 realizoval ČEZ v rámci ekologizace svých zdrojů program výstavby fluidních kotlů ve čtyřech elektrárnách na sedmi blocích:

- Tisová 86 MW (1995)
- Hodonín 60 MW (1997)
- Poříčí 55 MW (1996)
- Hodonín 45 MW (1997)
- Tisová 86 MW (1997)
- Ledvice 110 MW (1998)
- Poříčí 55 MW (1998)

Blok 110 MW v Ledvicích je největší blok s fluidním kotlem v ČR. Dále se fluidní kotle využívají pro menší teplárny či výtopy nebo spalovny odpadu. V poslední době byly postaveny fluidní kotle například v teplárnách na Kladně a v Třinci, ale zde se jedná o jednotky menších výkonů a ani v zahraničí se běžně nestaví jednotky větších elektrických výkonů (nad 100 MW<sub>e</sub>).

Na druhé straně jednotky PCB jsou nejběžnějším typem pro uhelné parní elektrárny nejvyšších instalovaných výkonů. Moderní jednotky na práškové uhlí se ve světě (např. Německo) staví o výkonech i nad 1000 MW a pracují s nadkritickými parametry páry. Nadkritické parametry páry jsou provozní tlaky nad tzv. kritickým bodem, tj. tlakem 22,1 MPa a teplotou 374,15 °C, kdy sytá voda přechází přímo v sytou páru, aniž by při tom vznikla dvoufázová směs označovaná jako mokrá pára. Důvodem zvyšování parametrů páry je snaha o dosažení maximálně možné termodynamické účinnosti. Zvyšování účinnosti nadkritickými parametry páry využívají velké moderní jednotky, které obvykle pracují s teplotou kolem 600 °C a tlakem i nad 28 MPa na vstupu do turbíny. Vyvíjí se jednotky s ultra nadkritickými parametry páry pracující s teplotou kolem 700 °C a tlakem i nad 30 MPa. V anglicky psané technické literatuře se takové jednotky označují SPCB (Supercritical) resp. USPCB.

Nadkritické jednotky vyžadují použití speciálních odolných materiálů pro kotle a zejména turbíny, takže takové jednotky jsou investičně dražší než podkritické jednotky, ale dosahují výrazně vyšší účinnosti (nad 43 % při spalování černého uhlí), takže jsou ekonomicky i ekologicky zajímavé. Zhruba lze říci, že velké jednotky od cca 500 MW se staví jako nadkritické a menší jednotky bývají podkritické. Nejvíce uhelných jednotek v Evropě je v Německu, kde také pracují, nebo jsou stavěny, nejmodernější uhelné jednotky nejvyšších výkonů. Příkladem mohou být elektrárna Datteln 4 (společnost E.ON) na černé uhlí, kde blok o výkonu 1100 MW, která má dosahovat účinnosti kolem 45 % a elektrárna Neurath (společnost RWE) na hnědé uhlí o výkonu 1100 MW, která má dosahovat účinnosti kolem 43 %.

V ČR zahájila provoz elektrárna Ledvice s nadkritickým blokem 660 MW. Na tuto investiční akci vyčlenila Skupina ČEZ více než 30 miliard korun (45 mil. CZK/MW resp. 1,8 mil. EUR/MW), přičemž jde o nejmodernější zařízení na výrobu elektrické energie spalováním hnědého uhlí v České republice a jedno z nejmodernějších ve střední Evropě vůbec.

### Typový blok

Pro účely OP PIK doporučujeme použít typový blok SPCB s nadkritickými parametry páry na hnědé uhlí o instalovaném výkonu 660 MW s účinností 42 %.

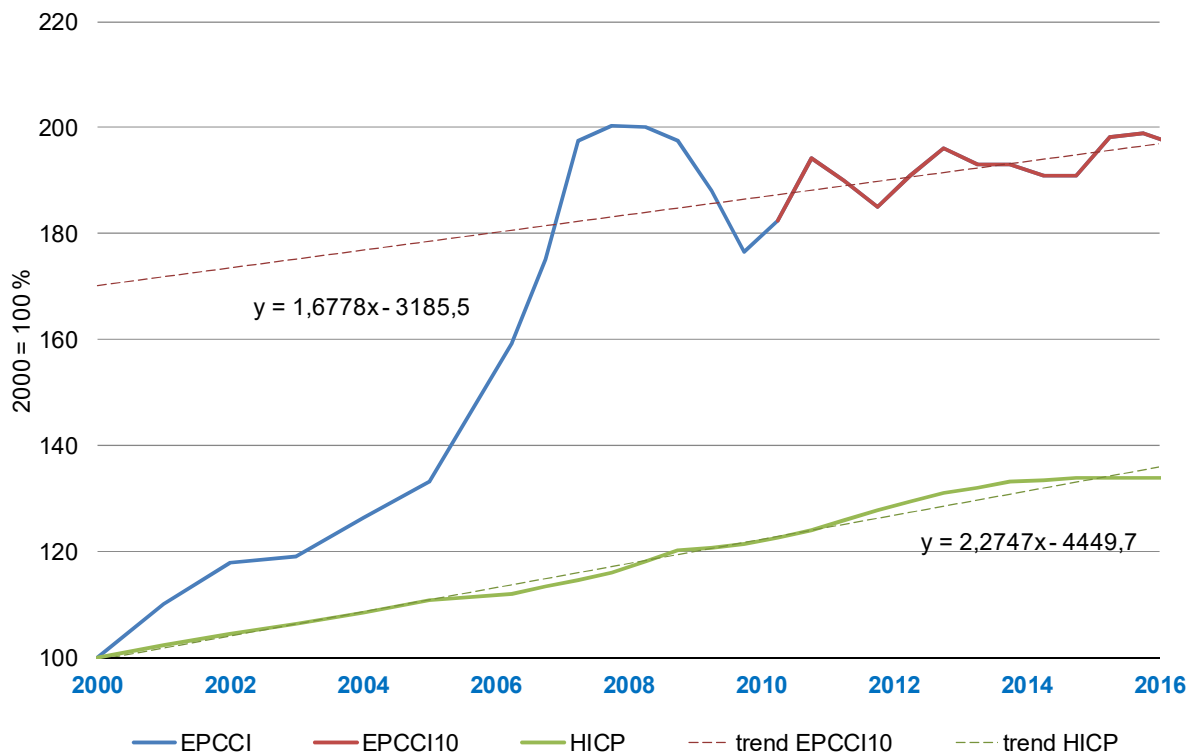
Pro orientační odhady vlivu změny paliva a parametrů páry lze použít následující doporučení:

- Při spalování černého uhlí je cena bloku nižší o 5 % a účinnost vyšší o 2 p.b. oproti blokům na hnědé uhlí.
- Při podkritických parametrech páry je cena bloku nižší o 10 % a účinnost nižší o 7 p.b, oproti blokům s nadkritickými parametry páry při srovnatelné velikosti bloku.

### 3 Ceny uhelných bloků

Cenou uhelného bloku se zde rozumí investiční náklady na výstavbu, vybavení technologií a uvedení do provozu, vztahené na jednotku instalovaného výkonu. Cena zahrnuje náklady dodávky i náklady vlastníka (pozemek, vyvedení výkonu), ale nezahrnuje finanční náklady (úroky z úvěrů).

**Obrázek 3.1** Index investičních nákladů evropských elektráren



V první dekádě 21. století došlo celosvětově k výraznému zvýšení cen všech komodit, které ovlivňují cenu bloku. Došlo také ke zvýšení globální poptávky po nových blocích na výrobu elektřiny, zejména v asijských zemích (Čína, Indie). V důsledku uvedeného vývoje se výrazně zvýšily i průměrné ceny bloků. Po roce 2008 se situace změnila a ceny bloků od té doby kolísají s mírným růstovým trendem. Cenový vývoj výrobních bloků elektřiny v Evropě sleduje např. společnost IHS Markit, Ltd. jejíž index EPCCI<sup>1</sup> (European Power Capital Costs Index) je na předchozím grafu. Podle uvedeného grafu jsou současné ceny v průměru o téměř 80 % vyšší oproti roku 2000, ale ceny po roce 2010 již rostou jen mírně, zhruba stejným tempem jak se vyvíjí průměrná evropská inflace vyjádřená indexem HICP podle EUROSTAT.

V Evropě bylo zaznamenáno zejména výrazné zvýšení investičních nákladů realizovaných projektů jaderných elektráren, které se oproti původním předpokladům zvýšily více než dvojnásobně. Zvýšení cen v poněkud menším rozsahu bylo zaznamenáno i u plynových jednotek, zatímco u jednotek větrných a zejména fotovoltaických elektráren naopak došlo k významnému poklesu cen.

<sup>1</sup> V grafu je zkratkou EPCCI10 označen index od roku 2010.



U uhelných bloků ceny bloků vzrostly méně než u jaderných bloků a současné ceny jsou sice oproti roku 2000 vyšší, ale v podstatě odpovídají vývoji cen, jaký byl ve studii z roku 2004 zahrnutý navýšením investic o 30 %. V dalším vývoji se očekává, že zvyšování cen uhelných bloků bude probíhat zhruba na úrovni průměrné inflace, takže reálné ceny uhelných bloků zůstanou na současné úrovni.

Ceny bloků obecně závisí na velikosti bloku. Zvýšením velikosti bloku o 1 MW poklesne jeho cena v průměru o cca 10 tis. CZK/MW. Při zvýšení výkonu o 100 MW dojde k poklesu ceny o 1 mil. CZK/MW; to znamená, že u bloku 660 MW se výkon zvýší o 15 % a cena poklesne o 2 %

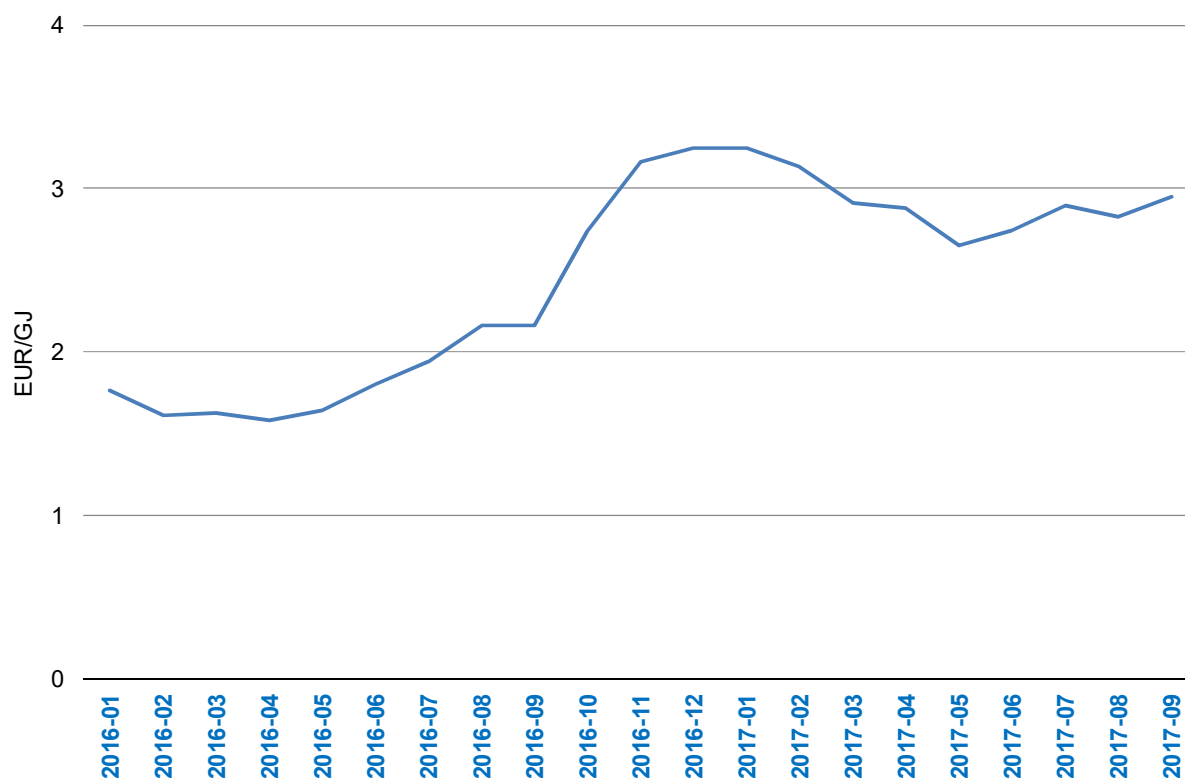
Jak již bylo řečeno, v roce 2004 jsme počítali s 30% navýšením očekávaných investičních nákladů. V této studii již toto navýšení nezahrnujeme do výpočtu, neboť do budoucna nepočítáme s významným růstem reálných cen bloků. To vychází z předpokladu, že evropská poptávka po nových uhelných blocích bude do budoucna spíše stagnovat nebo i klesat. Uvedený předpoklad z větší části kompenzuje navýšení investic vlivem nárůstu cen bloků, takže investice, které uvádíme v této studii, jsou oproti studii z roku 2004 vyšší pouze o necelých 10 %.

## 4 Ceny uhlí

Ceny tuzemského hnědého energetického uhlí nejsou veřejně dostupné, neboť toto uhlí se vesměs obchoduje na základě dvoustranných smluv. Pro odhad ceny paliva typového bloku proto musíme vyjít z průměrné měsíční ceny černého energetického uhlí na evropském trhu.

Srovnávací cena černého energetického uhlí v Evropě je určována cenou uhlí, dováženého do Evropy z Ruska nebo ze zámoří. Důvodem je fakt, že vlastní evropská těžba je minimální. Podle dat EURACOAL se cena černého uhlí pohybovala od počátku roku 2016 podle následujícího grafu.

**Obrázek 4.1** Vývoj průměrné měsíční ceny černého energetického uhlí na evropském trhu



Průměrná cena černého energetického uhlí se v daném období se pohybovala kolem 2,5 EUR/GJ. Předpokládáme-li že cena českého energetického hnědého uhlí o výhřevnosti kolem 12,5 GJ se pohybuje na úrovni kolem 60 % průměrné evropské ceny černého energetického uhlí a použijeme kurz 25 CZK/EUR, pak lze pro typový blok považovat za referenční cenu 35 CZK/GJ.

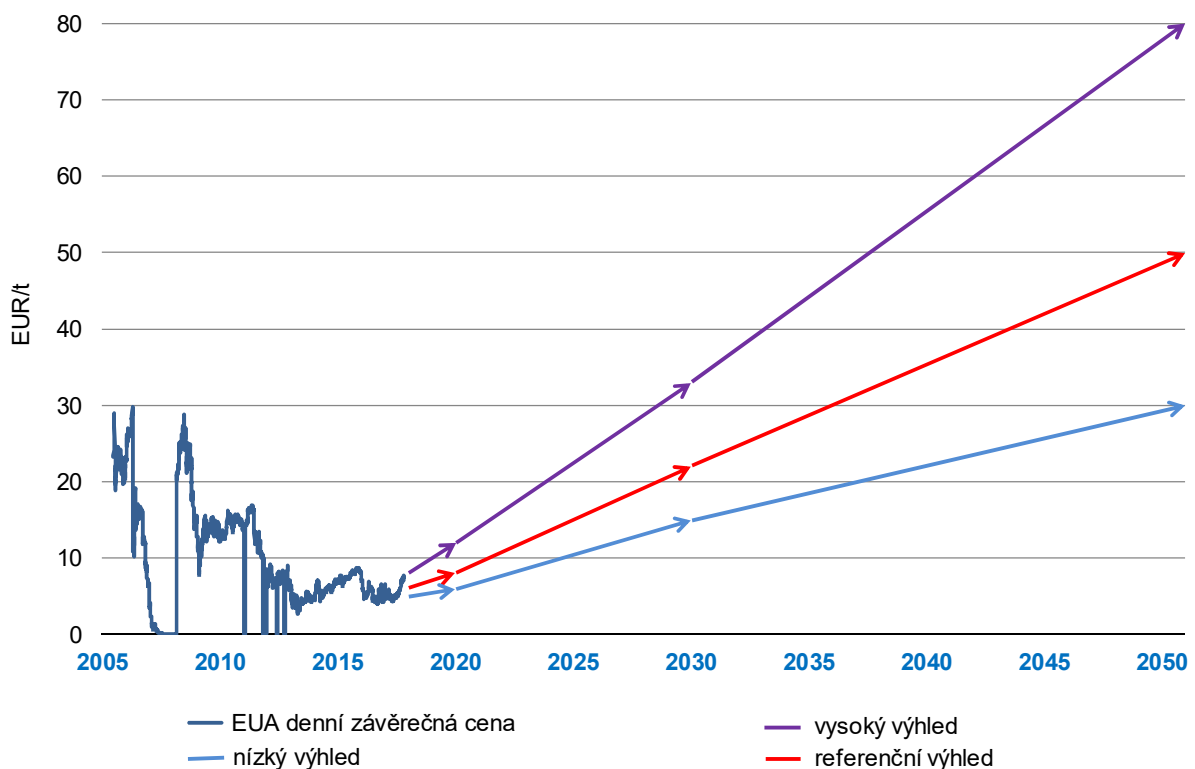
Vzhledem k tomu, že uvedený předpoklad je diskutabilní je účelné provést analýzu citlivosti výrobních nákladů na změnu ceny hnědého uhlí (viz kapitola 10).

## 5 Ceny emisních povolenek

Ceny emisních povolenek jsou v současnosti na velmi nízké úrovni kolem 7 EUR/t. Takové ceny nemotivují k investicím do nových nízkouhlíkových technologií, neboť výrobní náklady uhelných bloků zvyšují jen málo. Evropská komise proto připravuje reformu systému EU ETS. Podle analýz EGÚ Brno, by se měly ceny povolenek do budoucna vyvíjet podle trendů naznačených na následujícím grafu.

Pro typový blok doporučujeme použít referenční odhad a do výpočtu výrobních nákladů zahrnout cenu povolenky v roce 2030 ve výši 25 EUR/t.

**Obrázek 5.1** Odhad vývoje cen emisních povolenek



## 6 Diskontní sazba

Diskontní sazba se zde používá pro výpočet diskontovaných výrobních nákladů. Za předpokladu, že po celou dobu života jsou roční výroba elektřiny a roční provozní náklady bloku konstantní, lze aplikovat zjednodušený výpočet, kde se do výrobních nákladů vliv diskontování promítne jen do investiční složky.

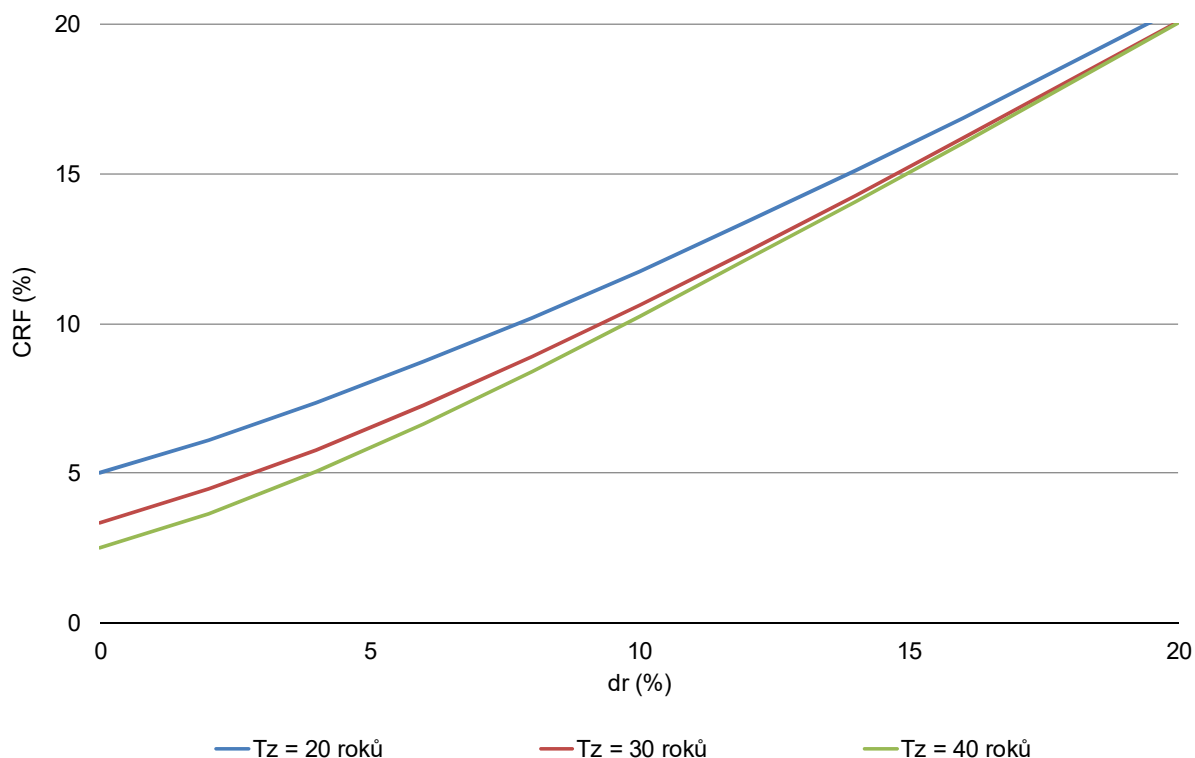
Ve zjednodušeném výpočtu se do výrobních nákladů místo odpisů započítává anuita pomocí anuitního koeficientu CRF (Capital Recovery Factor), pro který platí známý vztah:

$$CRF = \frac{dr}{1 - (1+dr)^{-Tz}}$$

kde  $dr$  je diskontní sazba a  $Tz$  doba splácení investice tj. doba života bloku.

Závislost CRF na velikosti diskontní sazby a na době života je ilustrována následujícím grafem.

**Obrázek 6.1** Závislost CRF na diskontní sazbě



Diskontní sazba zahrnuje do investiční složky výrobních nákladů kromě odpisů výnos z investice, jehož velikost ( $CRF - 1/Tz$ ) závisí na velikosti diskontní sazby a způsobuje, že již při hodnotách diskontní sazby kolem 5 % může být numerická hodnota výnosu větší než samotné odpisy.

Pro diskontní sazbu rovnou nule výše uvedený vztah konverguje k hodnotě  $1/Tz$  tj. k odpisům, výnos investice je nulový a za dobu technického života dojde jen k prosté návratnosti investice.

Pro volbu velikosti diskontní sazby neexistuje jednoduché obecně platné pravidlo. U konkrétních investičních projektů investor diskontní sazbu volí v závislosti na odhadované rizikovosti projektů, a podniky pro vlastní investice zpravidla obvykle volí diskontní sazbu rovnou váženému průměru nákladů na kapitál (WACC). U systémových studií v elektroenergetice se zpravidla nevolí diskontní sazba jedinou

hodnotou, ale alternativně 5 a 10 %. Zde jsme použili jiný postup, kde za základní sazbu volíme diskontní sazbu ve výši 5 % a následně provádíme analýzu citlivosti na změny diskontní sazby.

## 7 Základní parametry typového bloku

Základní parametry jsou výchozími daty pro výpočet výrobních nákladů bloku. Základní parametry typového bloku jsou stanoveny na základě analýzy dostupných dat o nových srovnatelných blocích v zahraničí a ČR. Seznam hlavních pramenů, z nichž byla data čerpána, je uveden na konci studie. V této a následující kapitole uvádíme stručný popis parametrů.

### 7.1 Technické parametry

#### Instalovaný výkon

Maximální výkon, trvale udržitelný v provozu jednotky. Jako parametr se uvádí hrubý (brutto) instalovaný výkon, tj, výkon na svorkách alternátoru. Čistý instalovaný výkon, je nižší o příkon vlastní spotřeby.

#### Využití instalovaného výkonu

Odhad průměrného ročního využití instalovaného výkonu daného druhu jednotky, za dobu života. Využití je nižší než 8760 hodin (trvání roku) o očekávanou dobu poruch (oprav), o dobu plánované údržby a o dobu kdy se jednotka neuplatní na trhu s elektřinou. Roční hrubá výroba elektřiny je definována součinem instalovaného výkonu a využití (v této studii se neuvádí).

#### Vlastní spotřeba

Podíl (procento) určující spotřebu elektřiny nutnou na zajištění výroby. Vztahuje se k elektřině vyrobené na svorkách alternátoru. Přibližně lze předpokládat, že energie i maximální výkon vlastní spotřeby jsou definovány stejným procentem.

#### Účinnost

Je definována jako poměr vyrobené elektřiny k energii primárního zdroje (paliva). Jedná se o odhad průměrné účinnosti jednotky za dobu života. Udávaná účinnost bývá nižší než účinnost naměřená v definovaných podmínkách, neboť způsob provozu jednotky (najíždění, odstavení a změny zatížení) má na účinnost výrazný vliv.

### 7.2 Ekonomické parametry

#### Doba výstavby

Průměrná doba od zahájení výstavby do zahájení zkušebního provozu bloku. Lze ji také považovat za dobu, po kterou jsou investovány prostředky do výstavby a zprovoznění jednotky. Celková doba přípravy energetického projektu (zahrnuje kromě doby výstavby i dobu na přípravné studie, povolovací a výběrové řízení, zpracování projektu) může být i více než dvojnásobkem doby výstavby.

#### Doba života

Bývá označována také jako „technická životnost“. V závislosti na kvalitě údržby výrobního bloku a na podmínkách trhu s elektřinou může být i výrazně vyšší než doba odepisování (ekonomická životnost). Při analýzách se předpokládá, že po skončení doby života dojde k likvidaci jednotky spojené s určitými jednorázovými náklady.

## Cena bloku

Je definována jako náklady dodávky na klíč (v anglických textech se tyto náklady označují často jako „Turnkey Engineering, Construction and Maintenance“) dělené instalovaným výkonem. Jedná se o celkové náklady investora, jakoby se projekt realizoval okamžitě, tj. jedná se o součet investičních nákladů v jednotlivých letech výstavby. Cena nezahrnuje finanční náklady tj. úroky z úvěrů ani náklady na likvidaci jednotky. Předpokládá se realizace „na zelené louce“.

## Náklady likvidace

Náklady na likvidaci výrobní jednotky po skončení doby života. Vyjadřují se procentem z ceny jednotky. Předpokládá se, že tyto náklady naběhnou v prvním roce po posledním roce provozu (technického života) výrobní jednotky.

## Podíl stálých provozních nákladů

Odhad ročních provozních nákladů výrobní jednotky nezávislých na velikosti výroby elektřiny. Udává se procentem z investičních nákladů. Stálé provozní náklady zahrnují:

- Personální náklady (náklady práce).
- Náklady na opravy a údržbu.
- Ostatní stálé provozní náklady (režie, pojištění, marketing, vzdělávání).

## Navýšení proměnných nákladů

Odhad proměnných nákladů na výrobu elektřiny. Tyto náklady nezahrnují palivové náklady ani náklady na emisní povolenky, ale pouze další proměnné provozní náklady jako:

- Chladicí a provozní vodu.
- Maziva.
- Aditiva pro odsíření a další.

Udává se procentem z palivových nákladů.

## Cena paliva

Odhad průměrné ceny paliva za dobu životnosti bloku. Předpokládá se spalování hnědého uhlí o výhřevnosti 12,5 GJ/t. Cena paliva se uvádí v Kč/GJ, přičemž pro přepočítání obchodní ceny v Kč/t se používá výhřevnost paliva.

## Cena emisní povolenky

Odhad ceny emisní povolenky v EUR/t se přepočítává směnným kurzem 25 Kč/EUR. Pro účely této studie je použit odhad ceny povolenky v roce 2030.

## Poplatek za emise škodlivin

Odhad poplatku za zpoplatněné škodliviny (prachové částice, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC). Pro účely této studie je použit odhad poplatku po roce 2021 podle zákona o ochraně ovzduší (201/2012 Sb.).

## Diskontní sazba

Diskontní sazba pro diskontování nákladů a výpočet anuity. V systémových studiích se obvykle volí v rozmezí 5 až 10 %. Pro tuto studii byla použita základní sazba 5 %, ale následně je prováděna analýza citlivosti.

## 7.3 Emisní parametry

### Emise CO<sub>2</sub>

Odhad velikosti emise skleníkových plynů při spálení 1 GJ paliva. Odhad se vychází z analýzy emisí skleníkových plynů z českých elektráren, které monitoruje ČHMÚ.

### Emise škodlivin

Odhad emisí prachových částic, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC při spálení 1 GJ paliva. Velikost emisí je ovlivněna technologií. Zde se předpokládá nejmodernější dostupná technologie odlučování prachových částic, odsíření a denitrifikace.



## 8 Odvozené parametry typového bloku

Počítají se ze základních parametrů a slouží k výpočtu výrobních nákladů na prahu elektrárny. Jednotlivé parametry jsou složkami výrobních nákladů, které jsou výsledným parametrem bloku.

### Měrná spotřeba paliva

Počítá se z účinnosti ( $\eta$ ) podle vztahu:

$$msp = \frac{360}{\eta}$$

Jednotkou je GJ/MWh.

### Investice

Počítají se z ceny bloku ( $cb$ ) a zahrnují úrok během výstavby a diskontovaný náklad na likvidaci jednotky ( $nl$ ) pro diskontní míru ( $dr$ ) dobu výstavby ( $Tv$ ) a dobu života ( $Tz$ ):

$$in = cb * \left(1 + \frac{dr}{100}\right)^{\frac{Tv}{2}} + cb * \frac{nl}{100} * \left(1 + \frac{dr}{100}\right)^{-Tz}$$

Jednotkou je CZK/kW.

### Odpisy

Nejedná se o účetní odpisy (jsou nižší než účetní odpisy). Počítají se z investic podle vztahu:

$$od = \frac{in}{Tz}$$

Jednotkou je CZK/kW.

### Anuita

Počítá se z investic podle vztahu:

$$an = in * \left(1 + \frac{dr}{100}\right) / \left(1 - \left(1 + \frac{dr}{100}\right)^{-Tz}\right)$$

Jednotkou je CZK/kW.

### Stálé provozní náklady

Počítají se z investic a podílu stálých provozních nákladů ( $psn$ )

$$sn = in * \frac{psn}{100}$$

Jednotkou je CZK/kW.

### Proměnné provozní náklady

Zahrnují palivové náklady odpovídající ceně paliva ( $cp$ ) a navýšení proměnných nákladů ( $npn$ )

$$pn = cp * msp * (1 + \frac{npn}{100})$$

Jednotkou je CZK/MWh

### Platby za emisní povolenky

Počítají se z ceny povolenky ( $ep$ ) přepočtené na Kč směnným kurzem 25 Kč/EUR a emisí CO<sub>2</sub>, které jsou definovány emisním koeficientem ( $ec$ ) a měrnou spotřebou paliva

$$pep = ep * msp * ec$$

Jednotkou je CZK/MWh

### Platby za emise škodlivin

Počítají se z poplatků za emise ( $pp$ ) a emisí škodlivin, které jsou určeny emisním koeficientem ( $es$ ) a měrnou spotřebou paliva

$$pes = pp * msp * ec$$

Jednotkou je CZK/MWh

### Výrobní náklady bez vlastní spotřeby

Jsou součtem jednotlivých složek nákladů, přičemž stálé složky jsou přepočteny na roční výrobu elektřiny pomocí doby využití instalovaného výkonu ( $hr$ )

$$vnh = \frac{an + sn}{hr} * 1000 + pn + pep + pes$$

Jednotkou je CZK/MWh.

### Výrobní náklady

Započítávají do výrobních nákladů vlastní spotřebu elektřiny ( $vs$ )

$$vn = \frac{vnh}{(1 - \frac{vs}{100})}$$

Jednotkou je CZK/MWh

## 9 Souhrn parametrů typového bloku

Pro popis typového hnědouhelného bloku byl určen soubor základních parametrů uvedený v následující tabulce. Vzhledem k neurčitosti dat jsou uvedeny tři sloupce, přičemž sloupce označené min a max představují mezní odhady a sloupec označený střed představuje reprezentativní odhad.

**Tabulka 9.1** Základní parametry typového hnědouhelného bloku

		střed	min	max	
1	instalovaný výkon	MW	660	660	660
2	využití instalovaného výkonu	hod./rok	6 000	6 000	6 000
3	vlastní spotřeba	%	6,7	6	7,4
4	účinnost	%	42	43	41
5	doba výstavby	roků	4	3	5
6	doba života	roků	40	45	35
7	cena bloku	mil. CZK/MW	45	42	48
8	náklady likvidace	%	5	4	6
9	podíl stálých provozních nákladů	%	1,5	1,2	1,7
10	navýšení proměnných nákladů	%	12	11	13
11	cena paliva	CZK/GJ	35	33	37
12	cena emisní povolenky	EUR/t	25	20	30
13	poplatek za emise škodlivin	CZK/t	5 000	4 000	6 000
14	diskontní sazba	%	5,0	5,0	5,0
15	emise CO <sub>2</sub>	kg/GJ	99	97	100
16	emise škodlivin	g/GJ	228	200	256

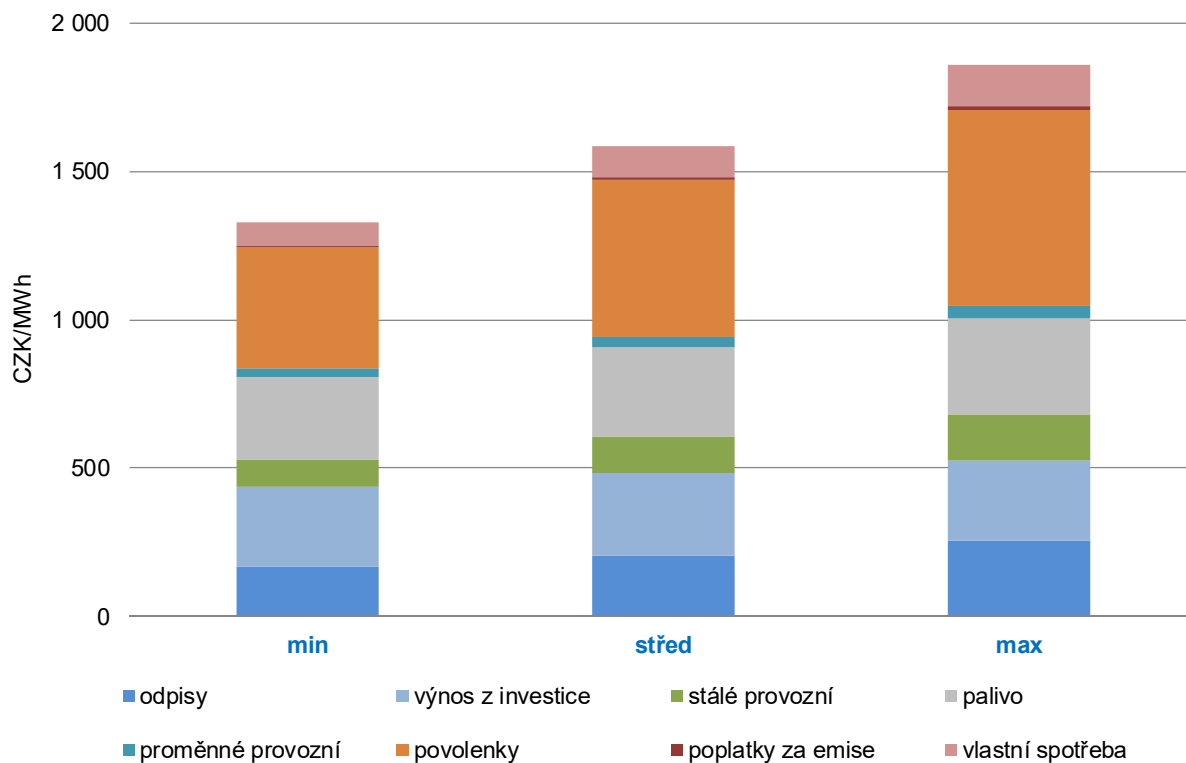
Ze základních parametrů, které jsou v předchozí tabulce, jsou v následující tabulce vypočteny odvozené parametry, včetně vypočtených výrobních nákladů.

Tabulka 9.2 Odvozené parametry typového hnědouhelného bloku

			střed	min	max
1	měrná spotřeba paliva	GJ/MWh	8,6	8,4	8,8
2	Investice	CZK/kW	49 613	45 189	54 227
3	Odpisy	CZK/kW	1 240	1 004	1 549
4	Anuita	CZK/kW	2 891	2 634	3 160
5	stálé provozní náklady	CZK/kW	744	542	922
6	proměnné provozní náklady	CZK/MWh	336	307	367
7	platby za emisní povolenky	CZK/MWh	528	406	660
8	poplatky za emise škodlivin	CZK/MWh	10	7	13
9	výrobní náklady bez vlastní spotřeby	CZK/MWh	1 480	1 249	1 721
<b>10</b>	<b>výrobní náklady</b>	<b>CZK/MWh</b>	<b>1 586</b>	<b>1 328</b>	<b>1 858</b>

Jednotlivé složky výrobních nákladů (odvozené parametry) jsou zobrazeny v následujícím grafu.

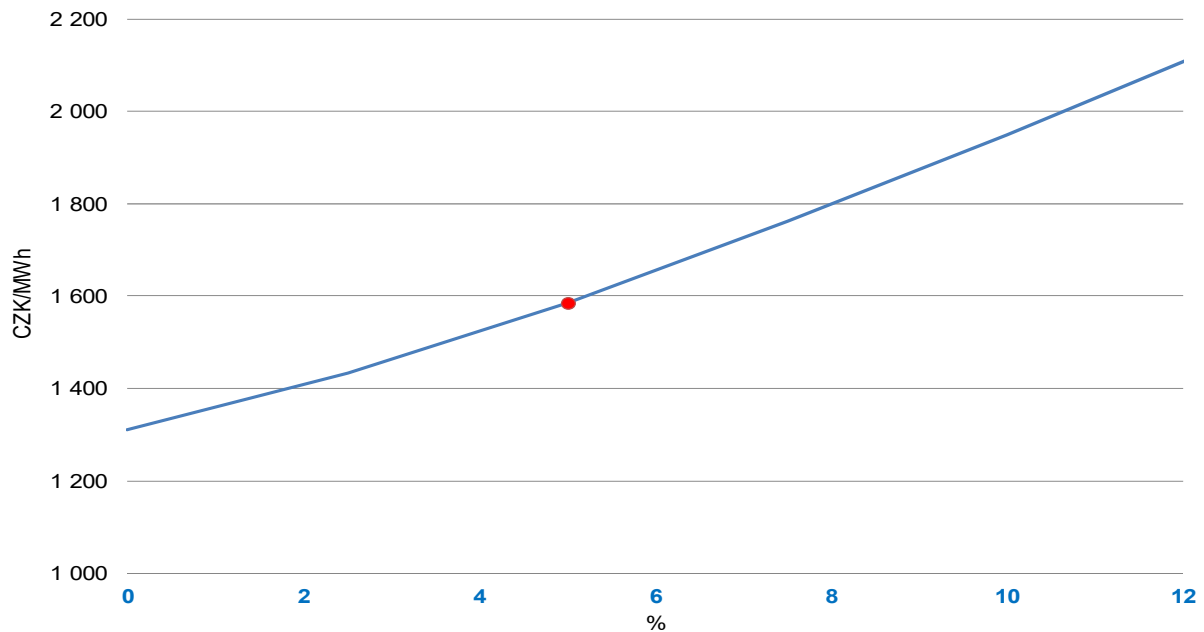
Obrázek 9.1 Struktura výrobních nákladů typového hnědouhelného bloku



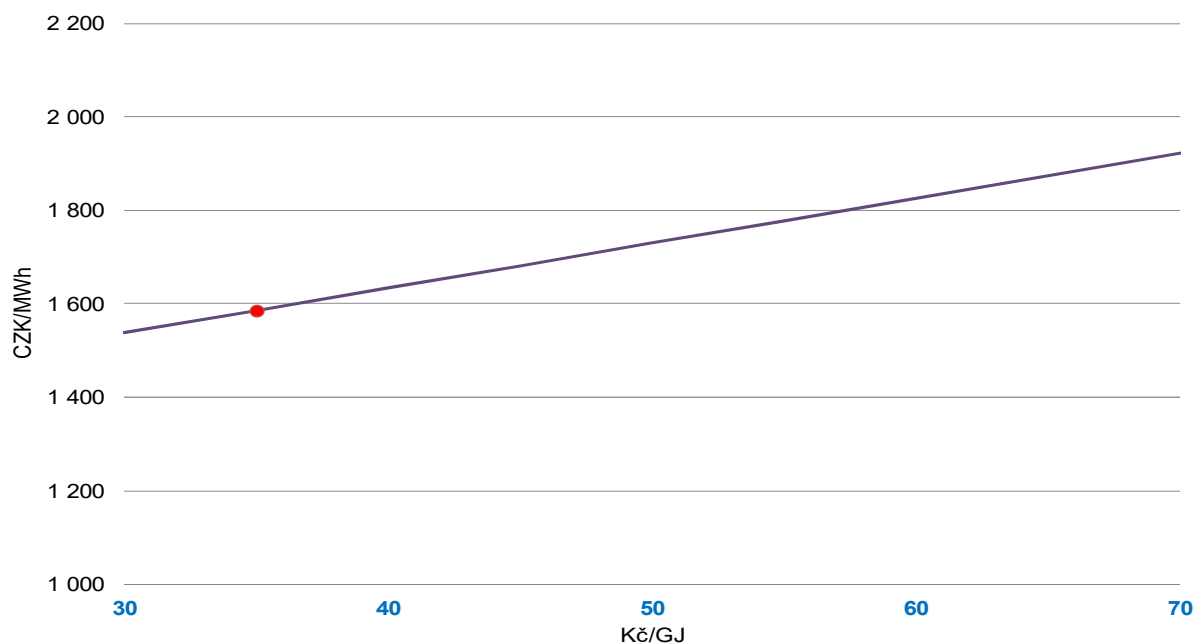
# 10 Analýza citlivosti

Vypočtené výrobní náklady jsou citlivé zejména na velikost diskontní sazby, cenu emisních povolenek a objem roční výroby elektřiny, který je dán využitím instalovaného výkonu. Při změně diskontní sazby z nuly na 5 % se výrobní náklady zvýší o 20 % a při změně z nuly na 10 % se výrobní náklady zvýší o téměř 50 %. To ilustruje následující graf.

**Obrázek 10.1** Růst výrobních nákladů při zvyšování diskontní sazby

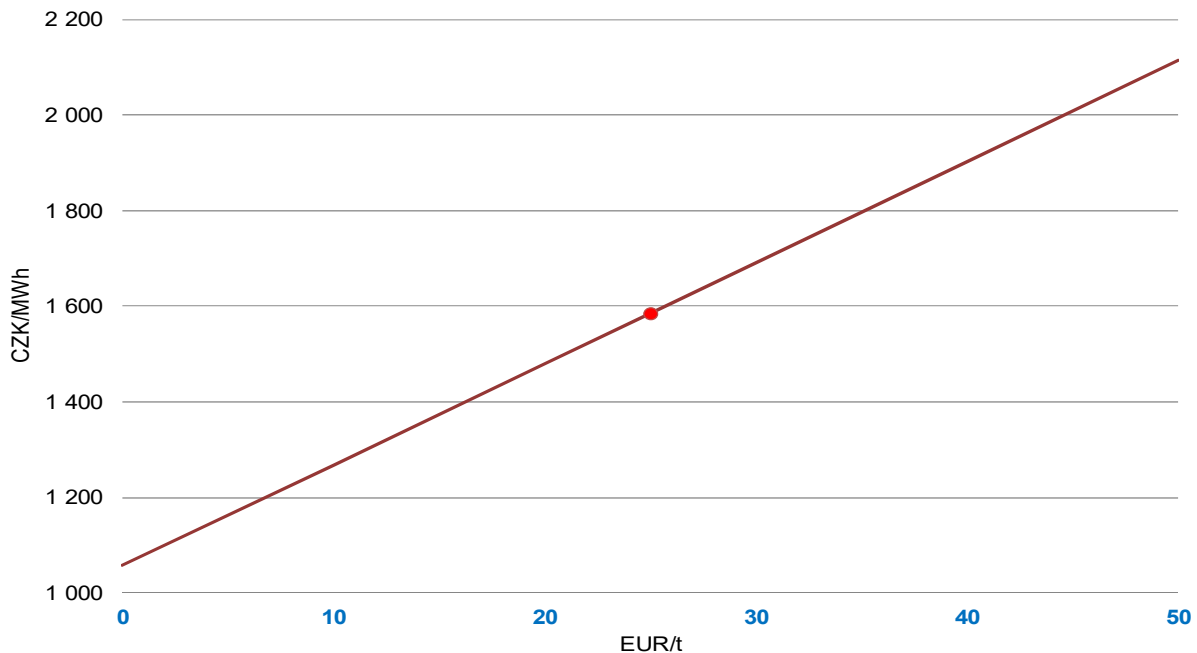


**Obrázek 10.2** Zvyšování výrobních nákladů při růstu ceny paliva

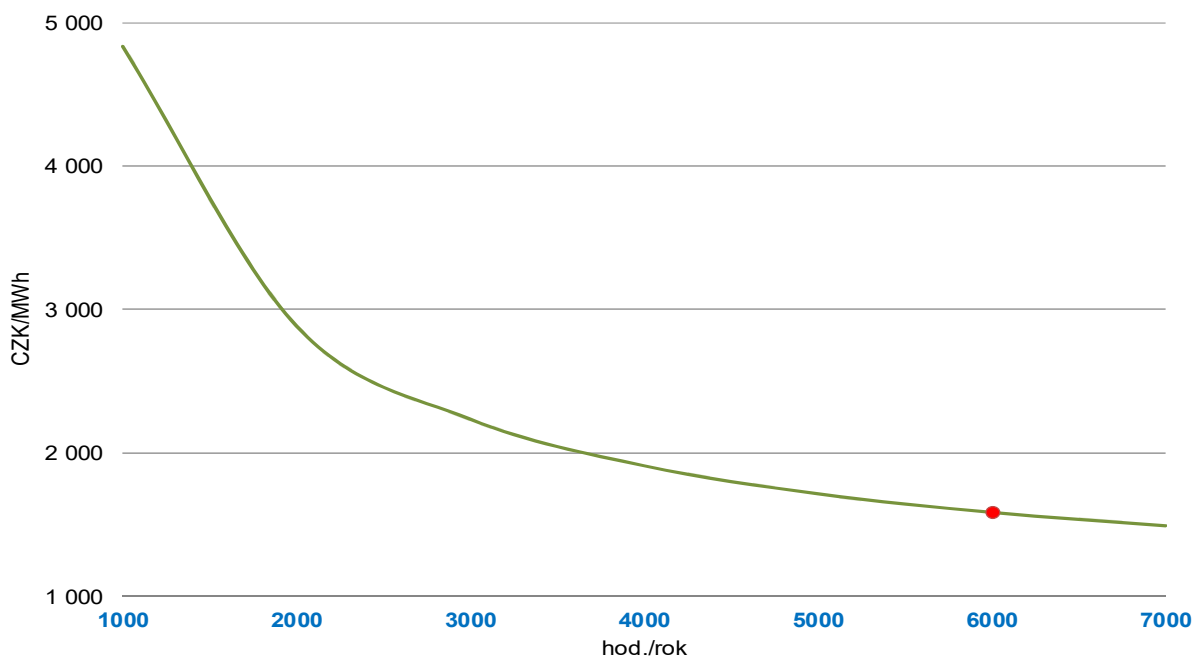


Poněkud méně jsou výrobní náklady citlivé na cenu paliva, jak to ilustruje graf 10.2. Při zvýšení ceny paliva o 100 % se výrobní náklady zvýší o zhruba 20 %. Vysoce citlivé jsou výrobní náklady na změnu ceny emisní povolenky. Při zvýšení ceny povolenky z nuly na 20 EUR/t se výrobní náklady zvýší o 40 % a při nárůstu ceny povolenky na 50 EUR/t se výrobní náklady zvýší téměř o 100 %, jak to ilustruje následující graf. Významný vliv může mít i využití instalovaného výkonu (obr. 10.4). Výrobní náklady rostou především při snížení využití na méně než polovinu.

**Obrázek 10.3** Zvýšení výrobních nákladů při růstu ceny povolenky



**Obrázek 10.4** Růst výrobních nákladů při snižování využití instalovaného výkonu



# 11 Srovnání se studií 2004

Oproti studii *Typový hnědouhelný blok pro ES ČR z roku 2004* byla aktualizována a změněna data typového bloku tak, aby odpovídala současnému stavu poznání.

- Významnou změnou je zvýšení instalovaného výkonu typového bloku. Zatímco v roce 2004 jsme odhadovali velikost bloku na 300 MW, což vycházelo z lokálních podmínek ČR, v současnosti doporučujeme uvažovat velikost 660 MW, což lépe odpovídá současným podmínkám evropského trhu s elektřinou.
- Zvýšení instalovaného výkonu je obvykle provázeno snížením ceny bloku, takže odpisy resp. anuita by měly nyní být oproti roku 2004 výrazně nižší. Ve skutečnosti tomu tak není v důsledku prudkého růstu cen komodit před rokem 2008, který se promítl i do zdražování výrobních zařízení a technologií, takže současný odhad ceny bloku a investic se významně neliší od ceny z roku 2004. Že tento odhad není podhodnocený, potvrzují data nových uhelných elektráren a také výhledové studie ze zahraničí.
- Zásadním rozdílem oproti studii 2004 je zahrnutí nákladů na emisní povolenky. Zatímco v roce 2004 náklady na povolenky nebyly vůbec uvažovány, v současné době odhadujeme jejich vliv částkou 528 Kč/MWh pokud bychom tuto částku zahrnuli do odhadu výrobních nákladů z roku 2004 (992 Kč/MWh), tak dojdeme téměř ke stejnému číslu jako současný odhad.
- Změnilo se také rozpětí neurčitosti odhadu. Zatímco v roce 2004 jsme doporučovali respektovat rozpětí  $\pm 45\%$ , v současnosti odhadujeme toto rozpětí na méně než  $\pm 20\%$ . Za tímto zúžením intervalu neurčitosti je postupné zpřesňování a stabilizace dat na základě realizovaných projektů i výhledových studií.

## Zdroje dat

- Studie IEA „Projected Costs of Generating Electricity“  
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/projected-costs-of-generating-electricity-2015-edition.html>
- Studie EIA „Capital Cost Estimates“  
<https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/>
- Studie BEIS „Electricity generation costs“  
<https://www.gov.uk/government/publications/beis-electricity-generation-costs-november-2016>
- Data realizovaných projektů  
<http://www.spininvest.cz/files/Ledvice.pdf>  
<https://www.power-technology.com/projects/datteln-4-coal-fired-power-plant/>
- Index EPCCI  
<https://www.ihs.com/info/cera/ihsindexes/index.html>
- Ceny uhlí  
<https://euracoal.eu/library/coal-market-reports/>
- Diskontní sazba  
<https://www.gov.uk/government/publications/nera-2015-hurdle-rates-update-for-generation-technologies>



## Zkratky

CRF	anuitní faktor
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
EIA	Agentura pro energetické informace (USA)
E.ON	německá nadnárodní energetická společnost
EPCCI	index investičních nákladů elektráren
EU ETS	evropský systém pro obchodování s emisními povolenkami
EUA	emisní povolenka
EUR	Euro
EURACOAL	Asociace evropských dodavatelů uhlí
EUROSTAT	statistický úřad EU
FCB	uhelný blok s fluidním kotlem
HICP	harmonizovaný index spotřebitelských cen
IEA	Mezinárodní energetická agentura
OP PIK	Operační program pro inovace a konkurenceschopnost
PCB	uhelný blok s práškovým kotlem
RWE	německá nadnárodní energetická společnost
SPCB	nadkritický uhelný blok s práškovým kotlem
USPCB	ultranadkritický uhelný blok s práškovým kotlem
WACC	vážený průměr nákladů na kapitál

