



Konferencia  
**ENERGETICKÝ AUDIT V PRAXI**

**29. – 30. november 2011, Hotel Slovan, Tatranská Lomnica**

***Kombinovaná výroba elektriny a tepla***  
***Koľko a kedy je vysoko účinná?***

Dr. Ing. Kvetoslava Šoltésová, CSc.

Ing. Slavomír Cifra

*Slovenská inovačná a energetická agentúra*



## ÚVOD

### Súčasný stav KVET na Slovensku (2010)

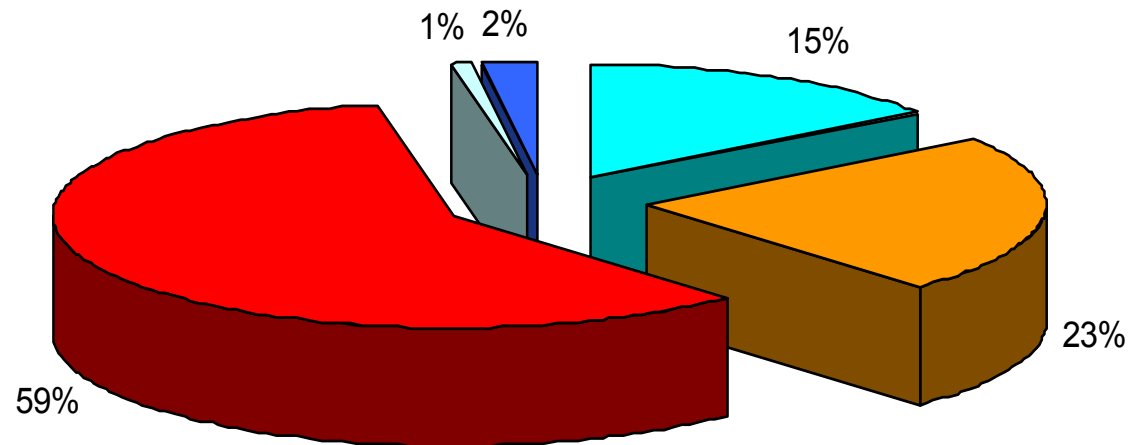
| Typ zariadenia na kombinovanú výrobu elektriny a tepla | Celkový inštal. výkon [MW] | Elektrina KVET [MWh] | Využitelné teplo [MWh] |
|--|----------------------------|----------------------|------------------------|
| Paroplynové cykly                                      | 398                        | 705 000              | 1 080 000              |
| Plynové (spaľovacie) turbíny                           | 25                         | 135 000              | 303 000                |
| Parné kondenzačné turbíny                              | 1 544                      | 1 250 400            | 3 716 600              |
| Parné protitlakové turbíny                             | 596                        | 1 430 000            | 5 538 000              |
| Spaľovacie motory                                      | 58                         | 278 000              | 359 000                |
|  |                            |                      |                        |
| <b>Spolu</b>   | <b>2 621</b>               | <b>3 798 400</b>     | <b>10 996 600</b>      |

*Zdroj: Správa o pokroku smerom k zvýšeniu podielu vysoko účinnej kombinovanej výroby, SIEA, 2011*

## ÚVOD

### Zariadenia KVET podľa celkového inštalovaného výkonu (2010)

---



paroplynové cykly  
kondenzačné parné turbíny s odberom pary  
spaľovacie motory

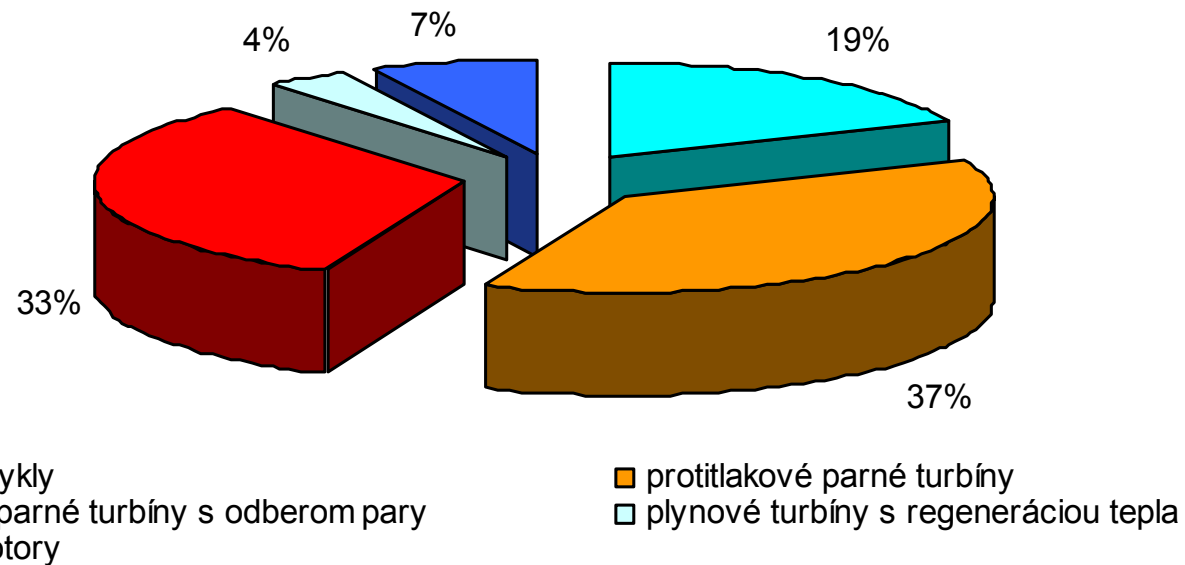
protitlakové parné turbíny  
plynové turbíny s regeneráciou tepla

*Zdroj: Správa o pokroku smerom k zvýšeniu podielu  
vysoko účinnej kombinovanej výroby, SIEA, 2011*

## ÚVOD

### Zariadenia KVET podľa výroby elektriny (2010)

---

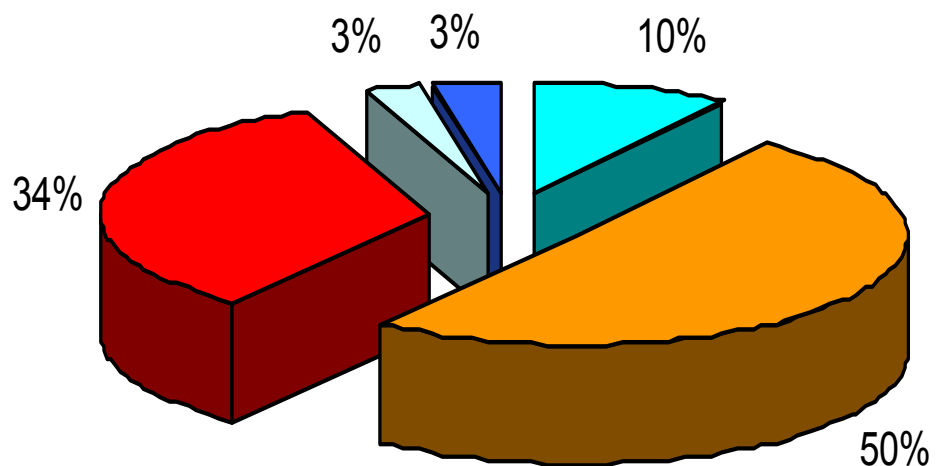


*Zdroj: Správa o pokroku smerom k zvýšeniu podielu  
vysoko účinnej kombinovanej výroby, SIEA, 2011*

## ÚVOD

### Zariadenia KVVET podľa výroby využiteľného tepla (2010)

---

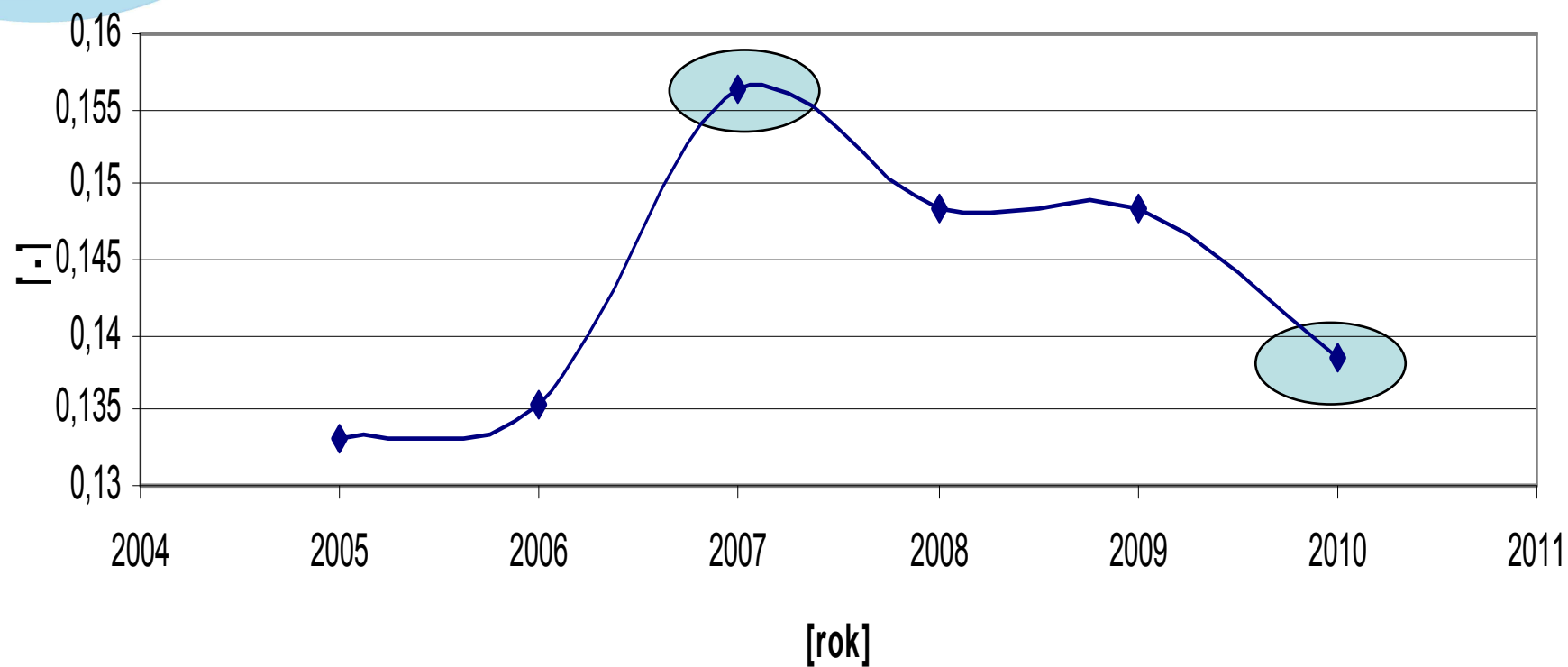


- paroplynové cykly
- kondenzačné parné turbíny s odberom pary
- spaľovacie motory
- protitlakové parné turbíny
- plynové turbíny s regeneráciou tepla

*Zdroj: Správa o pokroku smerom k zvýšeniu podielu vysoko účinnej kombinovanej výroby, SIEA, 2011*

## ÚVOD

### Podiel elektriny KVET na celkovej výrobe elektriny (podľa jednotlivých zariadení)

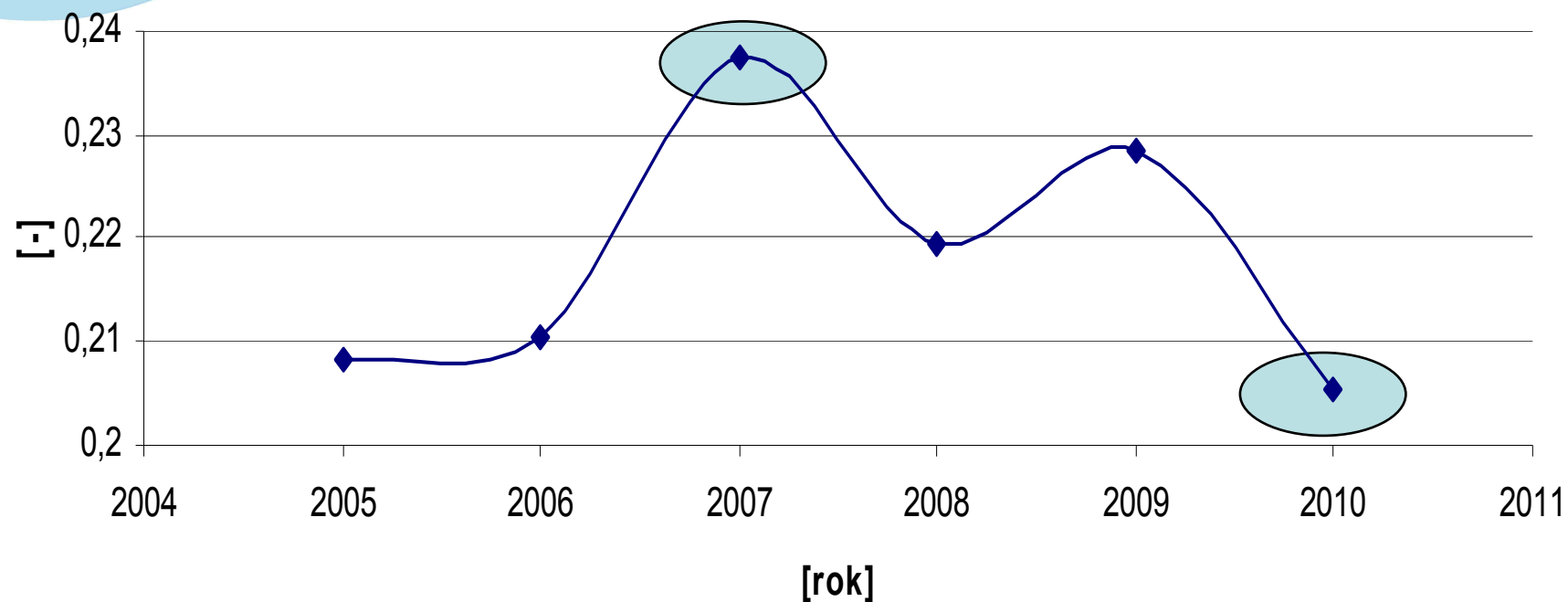


*Zdroj: Správa o pokroku smerom k zvýšeniu podielu  
vysoko účinnej kombinovanej výroby, SIEA, 2011*

## ÚVOD

### Podiel elektriny KVET na celkovej výrobe elektriny

(s použitím štatistických ukazovateľov – napr. „c“)



Zdroj: Správa o pokroku smerom k zvýšeniu podielu  
vysoko účinnej kombinovanej výroby, SIEA, 2011

## LEGISLATÍVNE PROSTREDIE

### Zákon č. 657/2004 Z. z. o tepelnej energetike


---

☐ § 15 odsek 2:

(2) Držiteľ povolenia na výrobu tepla a rozvod tepla, ktorý vyrába kombinovanou výrobou elektrinu a teplo,<sup>12c)</sup> okrem povinností uvedených v odseku 1, je povinný dodržiavať povinnosti ustanovené osobitným predpisom.<sup>14a)</sup>

*12c) § 2 ods. 2 písm. b) zákona č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov.*

***Definícia kombinovanej výroby ako technologický proces, pri ktorom súčasne prebieha výroba:***

- 1. elektriny a tepla,*
  - 2. mechanickej energie a tepla,*
  - 3. mechanickej energie, tepla a elektriny.*
- 



## LEGISLATÍVNE PROSTREDIE

### Zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby

---

☐ *14a) § 4 ods. 5 zákona č. 309/2009 Z. z.*

(5) Výrobca elektriny kombinovanou výrobou je povinný

- a) vykonávať mesačnú bilanciu výroby a dodávky elektriny, výroby a dodávky tepla a využitie mechanickej energie vyrobenej kombinovanou výrobou,
- b) predložiť sumárne ročné údaje získané z mesačných bilancií podľa písmena a) Ministerstvu hospodárstva Slovenskej republiky (ďalej len „ministerstvo“) a úradu každoročne najneskôr do 25. januára za predchádzajúci kalendárny rok

Vykonávacie predpisy – výpočet množstva elektriny KVET



## LEGISLATÍVNE PROSTREDIE

### Zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby

---

#### ☐ technológia kombinovanej výroby

1. spaľovacia turbína s kombinovaným cyklom,
2. protitlaková parná turbína,
3. kondenzačná parná turbína s odberom pary,
4. spaľovacia turbína s regeneráciou tepla,
5. spaľovací motor,
6. mikroturbína,
7. Stirlingov motor,
8. palivový článok,
9. Rankinove organické cykly alebo
10. iný typ technológie, prostredníctvom ktorej je zabezpečená kombinovaná výroba

# VÝPOČET MNOŽSTVA ELEKTRINY KVET

## Všeobecne záväzné právne predpisy

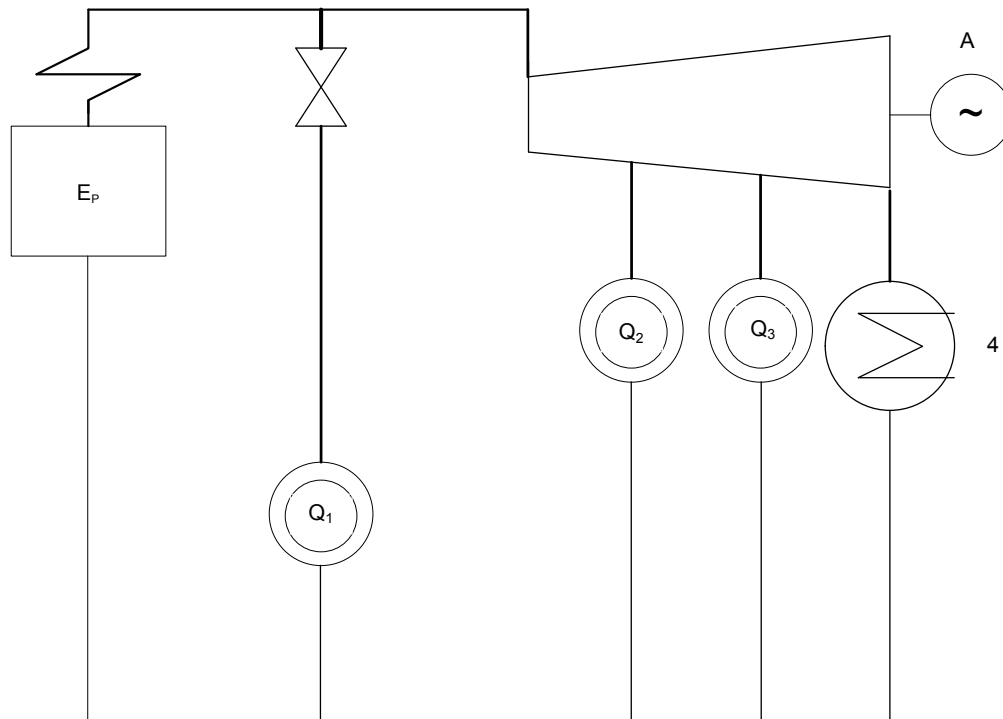
---

- ❑ Vyhláška MH SR č. 599/2009 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby,
- ❑ Rozhodnutie Komisie 2008/952/ES, ktorým sa zavádzajú podrobné usmernenia na vykonávanie a uplatňovanie prílohy II k smernici Európskeho parlamentu a Rady 2004/8/ES,
- ❑ Rozhodnutie Komisie 2007/74/ES, ktorým sa ustanovujú harmonizované referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby elektriny a tepla pri uplatňovaní smernice Európskeho parlamentu a Rady 2004/8/ES
  - *pripravené nové znenie*

# VÝPOČET MNOŽSTVA ELEKTRINY KVET

Kondenzačná turbína s odberom pary

Celková účinnosť?



- Celková účinnosť zariadenia sa vypočíta

$$\eta_C = \left( \frac{Q_2 + Q_3 + A}{E_P - E_{PQ1}} \right) \times 100\%$$

$$Q_{(N-KVET)} = Q_1$$

$$Q_{(KVET)} = Q_2 + Q_3$$

$$E_{P(KVET)} = E_P - E_{PQ1}$$

$$\eta_C \geq 80\% \rightarrow A = A_{(KVET)}$$


$$\eta_c < 80\%$$

## VÝPOČET MNOŽSTVA ELEKTRINY KVET

Všeobecne záväzné právne predpisy

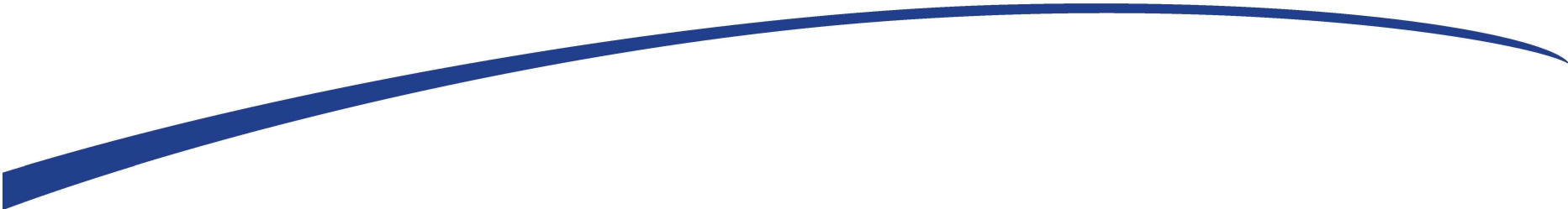
Celková účinnosť < 80% - „virtuálne“ rozdelenie

---

$$A = A_{(KVET)} + A_{(N-KVET)}$$

$$E_P = E_{P(KVET)} + E_{PA(N-KVET)} + E_{PQ(N-KVET)}$$

$$E_{PQ1} = \frac{Q_1}{\eta_K} \quad - \text{účinnosť kotla}$$

$$E_{PA(N-KVET)} = \frac{A_{(N-KVET)}}{\eta_{A(N-KVET)}} \quad - \text{účinnosť výroby elektriny}$$


$$\eta_c < 80\%$$

## VÝPOČET MNOŽSTVA ELEKTRINY KVET

Všeobecne záväzné právne predpisy

Celková účinnosť < 80% - „virtuálne“ rozdelenie

---

- ❑ v prípade kondenzačnej parnej turbíny s odberom pary sa pri zvýšení množstva využiteľného tepla (z odberov turbíny) znižuje množstvo vyrobenej elektriny,
- ❑ množstvo nevyrobenej „stratenej“ elektriny závisí od parametrov pary v odbere pary a od množstva tepla z odberu turbíny  $\beta_{(KVET)} \cdot Q_{(KVET)}$
- ❑ účinnosť výroby elektriny v nekombinovanom režime

$$\eta_{A(N-KVET)} = \frac{A + \beta_{(KVET)} \cdot Q_{(KVET)}}{E_P - E_{PQ(N-KVET)}} = \frac{A + \frac{\beta_{Q_2} \cdot Q_2 + \beta_{Q_3} \cdot Q_3}{Q_2 + Q_3}}{E_P - E_{Q_1}}$$

## VÝPOČET MNOŽSTVA ELEKTRINY KVET

Všeobecne záväzné právne predpisy

Celková účinnosť < 80% - „virtuálne“ rozdelenie

---

$$\eta_c < 80\%$$

- určenie koeficientu kombinovanej výroby „c“ (elektrina/teplo) s použitím požadovanej minimálnej účinnosti kombinovanej výroby pre kondenzačnú parnú turbínu s odberom pary

$$\eta_{KVET} = 80\%$$

$$c = \frac{\eta_{A(N-KVET)} - \beta \cdot \eta_{(KVET)}}{\eta_{(KVET)} - \eta_{A(N-KVET)}}$$

$$\rightarrow A_{(KVET)} = c \cdot Q_{(KVET)} = c \cdot (Q_2 + Q_3)$$

$$A_{(N-KVET)} = A - A_{(KVET)}$$

$$\eta_c < 80\%$$

## VÝPOČET MNOŽSTVA ELEKTRINY KVET

Všeobecne záväzné právne predpisy

Celková účinnosť < 80% - „virtuálne“ rozdelenie

---

□ rozdelenie množstva paliva

▪ palivo pre elektrinu vyrobenú nekombinovanou výrobou

$$E_{PA(N-KVET)} = \frac{A_{(N-KVET)}}{\eta_{A(N-KVET)}}$$

▪ palivo pre kombinovanú výrobu

$$E_{P(KVET)} = E_P - E_{PA(N-KVET)} - E_{PQ(N-KVET)}$$

$$E_{P(KVET)} = E_P - E_{PA(N-KVET)} - E_{PQ1}$$



# ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

## Výpočty

---

(1) Úspora primárnej energie v zariadeniach na kombinovanú sa vypočíta podľa vzorca

$$\Delta E = \left( 1 - \frac{1}{\frac{\eta_{Q_{KVET}}}{\eta_{Q_{ref}}} + \frac{\eta_{A_{KVET}}}{\eta_{A_{ref}}}} \right) \times 100\%$$

pričom

$\Delta E$  - úspora primárnej energie vyjadrená v percentách,

$\eta_{Q_{KVET}}$  - tepelná účinnosť kombinovanej výroby vyjadrená v percentách,

$\eta_{Q_{ref}}$  - referenčná hodnota účinnosti samostatnej výroby tepla vyjadrená v percentách,

$\eta_{A_{KVET}}$  - elektrická účinnosť kombinovanej výroby vyjadrená v percentách,

$\eta_{A_{ref}}$  - referenčná hodnota účinnosti samostatnej výroby elektriny vyjadrená v percentách .



# ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

## Výpočty

---

(2) Tepelná účinnosť kombinovanej výroby sa vypočíta podľa vzorca

$$\eta_{Q_{KVET}} = \left( \frac{Q_{KVET}}{E_{PKVET}} \right) \times 100\%$$

pričom

$Q_{KVET}$  - množstvo využiteľného tepla vyjadrené v megawatthodinách za rok,

$E_{PKVET}$  - množstvo energie v palive použité na výrobu využiteľného tepla kombinovanou výrobou, výrobu elektriny kombinovanou výrobou a výrobu mechanickej energie kombinovanou výrobou vyjadrené v megawatthodinách za rok.

(3) Elektrická účinnosť kombinovanej výroby sa vypočíta podľa vzorca

$$\eta_{A_{KVET}} = \left( \frac{A_{KVET}}{E_{PKVET}} \right) \times 100\%$$

pričom

$A_{KVET}$  - množstvo elektriny vyrobenej kombinovanou výrobou vyjadrené v megawatthodinách za rok. V prípade, že zariadenie na kombinovanú výrobu vyrába mechanickejšiu energiu, zvýši sa ročné množstvo elektriny vyrobenej kombinovanou výrobou o množstvo elektriny, ktoré je ekvivalentné množstvu vyrobenej mechanickej energie.

# ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

## Referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby elektriny

| Palivo   | Rok uvedenia do prevádzky                              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
|          | do 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006-2011 |       |
| Tuhé     | Čierne uhlie, koks                                     | 39.7% | 40.5% | 41.2% | 41.8% | 42.3% | 42.7% | 43.1% | 43.5% | 43.8% | 44.0%     | 44.2% |
|          | Hnedé uhlie, lignit, brikety                           | 37.3% | 38.1% | 38.8% | 39.4% | 39.9% | 40.3% | 40.7% | 41.1% | 41.4% | 41.6%     | 41.8% |
|          | Rašelina   | 36.5% | 36.9% | 37.2% | 37.5% | 37.8% | 38.1% | 38.4% | 38.6% | 38.8% | 38.9%     | 39.0% |
|          | Drevo  | 25.0% | 26.3% | 27.5% | 28.5% | 29.6% | 30.4% | 31.1% | 31.7% | 32.2% | 32.6%     | 33.0% |
|          | Poľnohospodárska biomasa                               | 20.0% | 21.0% | 21.6% | 22.1% | 22.6% | 23.1% | 23.5% | 24.0% | 24.4% | 24.7%     | 25.0% |
|          | Komunálny odpad  | 20.0% | 21.0% | 21.6% | 22.1% | 22.6% | 23.1% | 23.5% | 24.0% | 24.4% | 24.7%     | 25.0% |
|          | Biologicky neodbúrateľný komunálny a priemyselný odpad | 20.0% | 21.0% | 21.6% | 22.1% | 22.6% | 23.1% | 23.5% | 24.0% | 24.4% | 24.7%     | 25.0% |
|          | naftonosné bridlice                                    | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9% | 38.9%     | 39.0% |
| Kvapalné | plynový olej, LPG                                      | 39.7% | 40.5% | 41.2% | 41.8% | 42.3% | 42.7% | 43.1% | 43.5% | 43.8% | 44.0%     | 44.2% |
|          | Biopalivo  | 39.7% | 40.5% | 41.2% | 41.8% | 42.3% | 42.7% | 43.1% | 43.5% | 43.8% | 44.0%     | 44.2% |
|          | Biologicky odbúrateľný odpad                           | 20.0% | 21.0% | 21.6% | 22.1% | 22.6% | 23.1% | 23.5% | 24.0% | 24.4% | 24.7%     | 25.0% |
|          | Ostatný odpad  | 20.0% | 21.0% | 21.6% | 22.1% | 22.6% | 23.1% | 23.5% | 24.0% | 24.4% | 24.7%     | 25.0% |
| Plynné   | ZPN  | 50.0% | 50.4% | 50.8% | 51.1% | 51.4% | 51.7% | 51.9% | 52.1% | 52.3% | 52.4%     | 52.5% |
|          | Rafinérsky plyn  | 39.7% | 40.5% | 41.2% | 41.8% | 42.3% | 42.7% | 43.1% | 43.5% | 43.8% | 44.0%     | 44.2% |
|          | Bioplyn  | 36.7% | 37.5% | 38.3% | 39.0% | 39.6% | 40.1% | 40.6% | 41.0% | 41.4% | 41.7%     | 42.0% |
|          | vysokopecný plyn, ostatné odpadové plyny               | 35%   | 35%   | 35%   | 35%   | 35%   | 35%   | 35%   | 35%   | 35%   | 35%       | 35%   |

*Rozhodnutie Komisie 2007/74/ES, ktorým sa ustanovujú harmonizované referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby elektriny a tepla pri uplatňovaní smernice Európskeho parlamentu a Rady 2004/8/ES*

## ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

### Referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby elektriny

---

- ❑ vzhľadom na hodnotu dlhodobej priemernej ročnej teploty vzduchu na území Slovenskej republiky + 9°C sa uplatní korekčný faktor, ktorým sa harmonizovaná referenčná hodnota účinnosti samostatnej výroby elektriny podľa predchádzajúcej tabuľky zvýši o 0,6 %,
- ❑ následne sa referenčná účinnosť samostatnej výroby elektriny vynásobí korekčným faktorom uvedeným podľa napät'ovej úrovne elektrickej sústavy, do ktorej je zariadenie na kombinovanú výrobu pripojené .

| <i>Napätie</i> | <i>Dodávka elektriny do sústavy</i> | <i>Elektrina pre vlastné využitie</i> |
|----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| > 200 kV       | 1                                   | 0.985                                 |
| 100-200 kV     | 0.985                               | 0.965                                 |
| 50-100 kV      | 0.965                               | 0.945                                 |
| 0.4-50 kV      | 0.945                               | 0.925                                 |
| < 0.4 kV       | 0.925                               | 0.860                                 |

*Rozhodnutie Komisie 2007/74/ES, ktorým sa ustanovujú harmonizované referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby elektriny a tepla pri uplatňovaní smernice Európskeho parlamentu a Rady 2004/8/ES*

# ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

## Referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby tepla

| <i>Palivo</i> | <i>Typ paliva:</i>                                     | <i>Para / horúca voda</i> | <i>Priame využívanie tepla spalín</i> |
|---------------|--|---------------------------|---------------------------------------|
| Tuhé          | čierne uhlie, koks                                     | 88%                       | 80%                                   |
|               | hnedé uhlie, lignit, brikety                           | 86%                       | 78%                                   |
|               | rašelina   | 86%                       | 78%                                   |
|               | drevo  | 86%                       | 78%                                   |
|               | poľnohospodárska biomasa                               | 80%                       | 72%                                   |
|               | komunálny odpad  | 80%                       | 72%                                   |
|               | biologicky neodbúrateľný komunálny a priemyselný odpad | 80%                       | 72%                                   |
|               | naftonosné bridlice                                    | 86%                       | 78%                                   |
| Kvapalné      | plynový olej, LPG                                      | 89%                       | 81%                                   |
|               | biopalivo  | 89%                       | 81%                                   |
|               | biologicky odbúrateľný odpad                           | 80%                       | 72%                                   |
|               | ostatný odpad  | 80%                       | 72%                                   |
| Plynné        | ZPN  | 90%                       | 82%                                   |
|               | rafinérsky plyn  | 89%                       | 81%                                   |
|               | bioplyn  | 70%                       | 62%                                   |
|               | vysokopecný plyn, ostatné odpadové plyny               | 80%                       | 72%                                   |

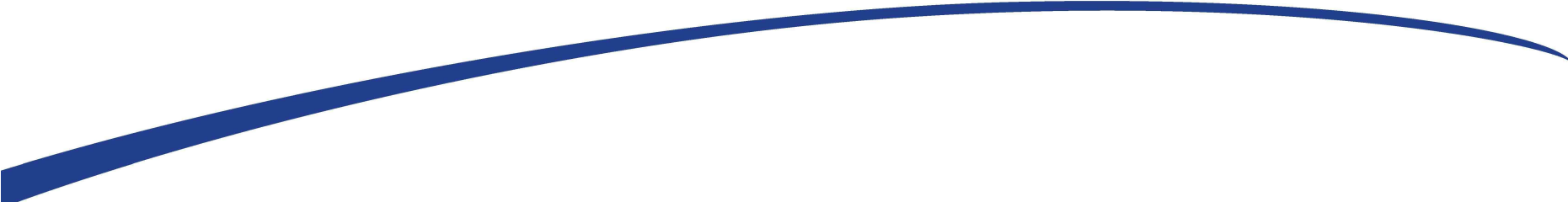
*Rozhodnutie Komisie 2007/74/ES, ktorým sa ustanovujú harmonizované referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby elektriny a tepla pri uplatňovaní smernice Európskeho parlamentu a Rady 2004/8/ES*



## ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

### Kritérium pre vysoko účinnú kombinovanú výrobu

---

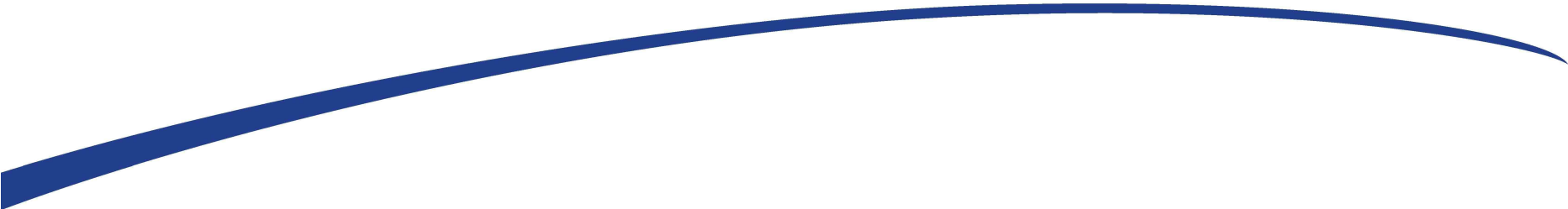
- **vysoko účinná kombinovaná výroba** je kombinovaná výroba
    1. veľmi malých výkonov,
    2. malých výkonov, pri ktorej v porovnaní so samostatnou výrobou tepla a samostatnou výrobou elektriny vzniká úspora primárnej energie,
    3. veľkých výkonov, pri ktorej v porovnaní so samostatnou výrobou tepla a samostatnou výrobou elektriny vzniká úspora primárnej energie vo výške najmenej 10 %.
- 



## ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

### Kritérium pre vysoko účinnú kombinovanú výrobu

---

- ❑ **kombinovaná výroba veľmi malých výkonov** je kombinovaná výroba v zariadení na kombinovanú výrobu s inštalovaným elektrickým výkonom zariadenia menším ako 50 kW,
  - ❑ **kombinovaná výroba malých výkonov** je kombinovaná výroba v zariadení na kombinovanú výrobu s inštalovaným elektrickým výkonom zariadenia od 50 kW vrátane do 1 MW,
  - ❑ **kombinovaná výroba veľkých výkonov** je kombinovaná výroba v zariadení na kombinovanú výrobu s inštalovaným elektrickým výkonom zariadenia od 1 MW vrátane.
- 

## ÚSPORA PRIMÁRNEJ ENERGIE

Kritérium pre vysoko účinnú kombinovanú výrobu  
splnené?

---

# Áno!







# Ďakujeme za pozornosť!

**Dr. Ing. Kvetoslava Šoltésová, CSc.**

[kvetoslava.soltesova@siea.gov.sk](mailto:kvetoslava.soltesova@siea.gov.sk)

**Ing. Slavomír Cifra**

[slavomir.cifra@siea.gov.sk](mailto:slavomir.cifra@siea.gov.sk)

