

Seminář k tématice:
Nevyjmenované zdroje a odpojování od CZT

**Kotle – Emisní zátěž – Výroba
tepla**
Ing. Jan Andreovský Ph.D.



Kotle – Emisní zátěž

- Praktický příklad porovnání emisní zátěže a dalších ukazatelů lokálního zdroje a zvláště velkého kogeneračního zdroje (teplárny)
- Porovnání ve 4 + 1 + 1 variantách je uskutečněno pro teplárnu versus lokální zdroje na:
 - Tuhá paliva
 - Plynná paliva
- Diskuze:
 - Emisí
 - Provozu
 - Cenových úrovní investic a provozu

Pozn.

V příkladu nejsou pro názornost a pochopitelnost uvedeny např. ztráty transformátorů, rozvodů tepla po strojovně, účinnost výměníků, podíl jednotlivých spotřebičů na vlastních spotřebách atd.

Kotle – Emisní zátěž – Výroba tepla

Výchozí podmínky/parametry

• VARIANTA 1

- Lokální zdroj vytápění – instalovaný v objektu – obvyklá instalace
 - Tuhá paliva – hnědé uhlí – např. Ořech 1 (případně Ořech 2) z produkce MUS/SD
 - Jakostní znaky:
Qir = 17 až 20 GJ/t
Sr = 1.0 – 1.3%
Ar = 7 - 10%
Wtr = 25 - 27%
 - Cena cca 220 CZK/q tj. cca 2200 CZK/t (q = 100kg)
 - Cena s dopravou do cca 20 km od skladu 250 CZK/q tzn. cca 125 CZK/GJ.
 - Účinnost kotle deklarovaná výrobcem tzn. při normativních podmínkách cca (57%).
Pozor skutečná účinnost spalování bude jiná, pro výpočet se uvažuje cca 50%.
 - Obvyklá instalace v ČR je spalování na roštu – litinový kotel s ručním přikládáním a prohoříváním – nejprodávanější typ (vhodné spíše pro koks). Dle normy pro kotle ČSN EN 303-5 se jedná o třídu č.1.
 - Cena investice cca 25 000 CZK

dodávka paliva	palivo	CO [mg/m ³ při 10 % O ₂]			prach [mg/m ³ při 10 % O ₂]			minimální účinnost [%]		
		třída 1	třída 2	třída 3	třída 1	třída 2	třída 3	třída 1	třída 2	třída 3
ruční	biologické	25000	8000	5000	200	180	150	51-57	61-67	71-77
	fosilní	25000	8000	5000	180	150	125			
samočinná	biologické	15000	5000	3000	200	180	150			
	fosilní	15000	5000	3000	180	150	125			

Kotle – Emisní zátěž – Výroba tepla

Výchozí podmínky/parametry

• VARIANTA 2

- Lokální zdroj vytápění – instalovaný v objektu – moderní instalace
- Tuhá paliva – hnědé uhlí – např. Ořech 2 z produkce MUS/SD
 - Jakostní znaky:
 - Qir = 17 až 20 GJ/t
 - Sr = 1.0 – 1.3%
 - Ar = 7 - 10%
 - Wtr = 25 - 27%
 - Cena cca 220 CZK/q tj. cca 2200 CZK/t (q = 100kg)
 - Cena s dopravou do cca 20 km od skladu 250 CZK/q cca 125 CZK/GJ.
 - Účinnost kotle deklarovaná výrobcem tzn. při normativních podmínkách cca (71 až 91%). Pro výpočet je uvažována účinnost 82%.
 - Provedení kotle s automatickým podáváním paliva, řízením dodávky spalovacího vzduchu a výstupního tepelného výkonu dle požadavků objektu.
 - Dle normy pro kotle ČSN EN 303-5 se jedná o třídu č.4 (dříve třída č.3 neboť třída 4. byla stanovena až normou 2012).
 - Cena investice cca 70 000 CZK

Kotle – Emisní zátěž – Výroba tepla

Výchozí podmínky/parametry

• **VARIANTA 3**

- Lokální zdroj vytápění – instalovaný v objektu – standardní instalace
- Palivo – zemní plyn
 - Cca 37.7 MJ/m³
 - Cena 1546 CZK/ MWh (odběr) + cca 267 CZK/měsíc. Sumárně cca 1652 CZK/MWh (odběr + platba) tj. 459 CZK/GJ.
 - Účinnost kotle deklarovaná výrobcem tzn. při normativních podmínkách až 92%. Pro výpočet je uvažována účinnost 89%.
 - Standardní atmosférický plynový kotel (nekondenzační) s řízením výstupního tepelného výkonu dle požadavků objektu.
 - Cena investice cca 23 000 CZK

Kotle – Emisní zátěž – Výroba tepla

Výchozí podmínky/parametry

• VARIANTA 4

- Velký zdroj znečištění – CZT (výtopna, teplárna)
 - Použit je např. fluidní parní kotel s výkonem nad 50 MW(t) s platnými limity a provozními specifiky roku 2012. V teplárně je instalována technologie odsíření, záchyt TZL, regulace spalovacího procesu apod.

- Palivo – hnědé uhlí (průmyslová směs)

- Jakostní znaky:

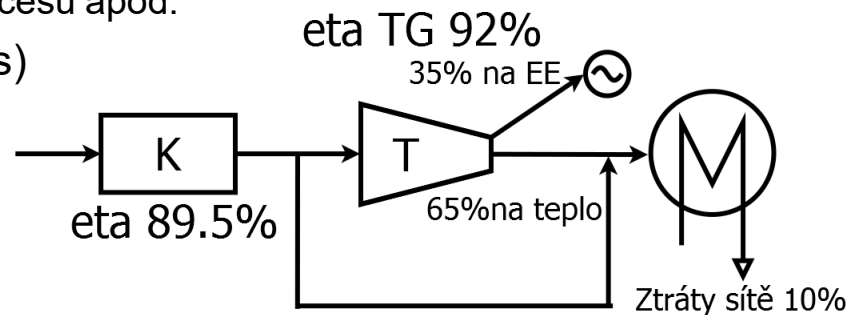
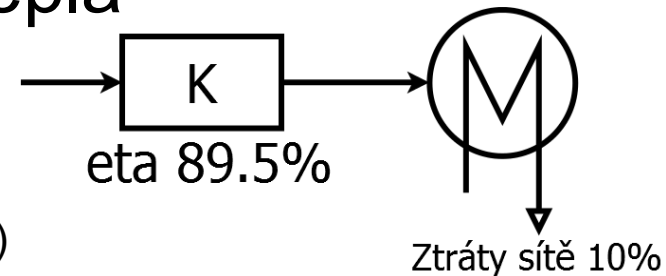
$Q_{ir} = 10$ až 15 GJ/t

$S_r = 0.8 - 2\%$

$A_r = 27 - 37\%$

$W_{tr} = 23 - 34\%$

- Cena ze sekundárního rozvodu, k patě objektu cca 371 CZK/GJ (u odběratele).
- Účinnost kotle deklarovaná výrobcem tzn. při normativních podmínkách až 92%. Pro výpočet je uvažována provozní účinnost 89.5%.
- Ztráty tepla na dodávce v síti cca 10%
- Vlastní spotřeba provozu teplárny cca 12% (z kogenerační elektřiny). Případně cca $10 \text{ MWh}_{ee}/\text{TJ}_{tepla}$.
- Energie na dopravu tepla (čerpací práce z kogenerační elektřiny) cca 15 % - vlastní spotřeba výroby tepla. Případně cca $13 \text{ MWh}_{ee}/\text{TJ}_{tepla}$.
- Účinnost výrobního cyklu dodávky tepla tzn. konverze mezi uhlím a patou objektu je cca 80% (bez vlastních spotřeb)
- Bez zásadní ceny investice (nový do cca 5 000 CZK)



Kotle – Emisní zátěž –Výroba tepla

Položka		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Uvažovaný výkon kotle/odběr objektu	kW	16	16	16	16
Roční spotřeba tepla (ztráta objektu)	kWh	30000	30000	30000	30000
Účinnost	%	50%	82%	89%	80%
Roční vstup (nákup) paliva	GJ	216	132	121	135
Jednoková platba	CZK/GJ	125	125	459	371
Roční platba za palivo	CZK	27 000	16 463	55 699	40 068

Poznámky k tématu:

1. Úspora mezi variantou 1 a 2 uhradí rozdíl vyšší investice za dobu cca 5 let. V případě, že ve variantě 1 bude část paliva získána z vlastních zdrojů, doba návratnosti se prodlouží. Od roku 2014 budou v prodeji pouze kotle emisní třídy 3, další výhled je od roku 2018 pouze prodej kotlů emisní třídy 4. Současně bude snaha vyžadovat revize kotlů do konce 2016. Od roku 2022 se plánuje zákaz provozu kotlů emisní třídy 1 a 2.
2. Roční platba u varianty 3 je 2 násobná než u varianty 1. Hrubá platba ZP v roce 1998 cca 117 CZK/GJ a v roce 2000 cca 170 CZK/GJ. Roční platba cca 14 až 20 tis za ZP.
3. HU v roce 1998 cca 660 až 820 CZK/t tj cca 40 CZK/GJ. Roční platba se pohybovala do 9 tis za variantu 1.

Kotle – Emisní zátěž - Výroba tepla

Položka		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Emisní zhodnocení - Emisní faktor					
TZL	g/GJ	1990	46	0.8	18
Nox	g/GJ	72	209	62	130
SO2	g/GJ	356	475	0.4	185
CO	g/GJ	7860	450	13	50
CO2	kg/GJ	86	88.5	73	110
Emisní zhodnocení - vypuštěno					
TZL	kg	430	6	0.1	2
Nox	kg	16	28	6.7	16
SO2	kg	77	63	0.0	22
CO	kg	1698	59	1.4	6
CO2	t	19	12	7.9	13
Položka		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Emisní zhodnocení - záchyt pro 30 MWh					
SO2	kg	0	0	0	460
TZL	kg	650	650	0	3000

Kotle – Emisní zátěž – Výroba tepla

Poznámky k tématu:

4. Výstupní emise varianty 3 jsou nejnižší. Koncová roční platba zákazníka za energii varianty 4 je o cca 30% nižší než u varianty 3.
5. U varianty 4 je nutné pozitivně zohlednit využití nejméně jakostního uhlí (největší zásoby)
6. U varianty 4 je nutné pozitivně zohlednit možnosti využití vlastních palivových zdrojů tzn. energetická nezávislost.
7. U varianty 4 je nezbytné zohlednit fakt, že je současně vyráběna elektrická energie viz diskuze dále.

Jakou variantu myslíte, že si vybere NORMÁLNÍ člověk ?

Platba za energii (co nejnižší)

Pořizovací cena (co nejnižší, nebo relevantní úsporám)

Spolehlivost a životnost (co nejvyšší)

Dostupnost zdrojů a jejich variabilita (co nejvyšší, nezávislost)

Komfortnost (co nejvyšší)

Prostorové nároky (co nejnižší, mohou být omezující prvek)

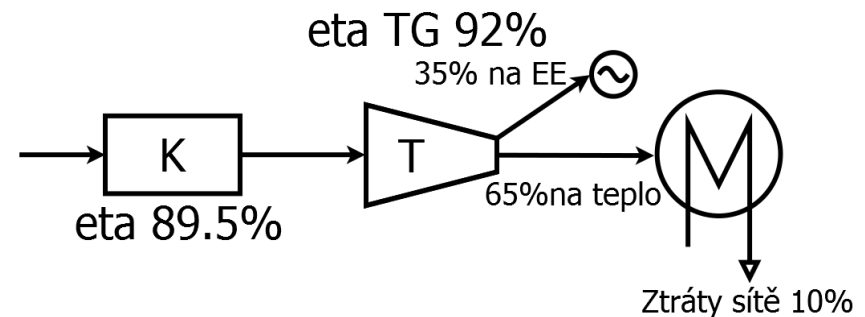
..... Ohleduplnost k ŽP?

Kotle – Emisní zátěž – a jak je to s elektřinou?

Varianta 4a

CZT (Teplárna) vstupní parametry varianty zůstávají – při výrobě tepla vzniká druhý významný produkt tj. výroba elektrické energie v kogeneraci.

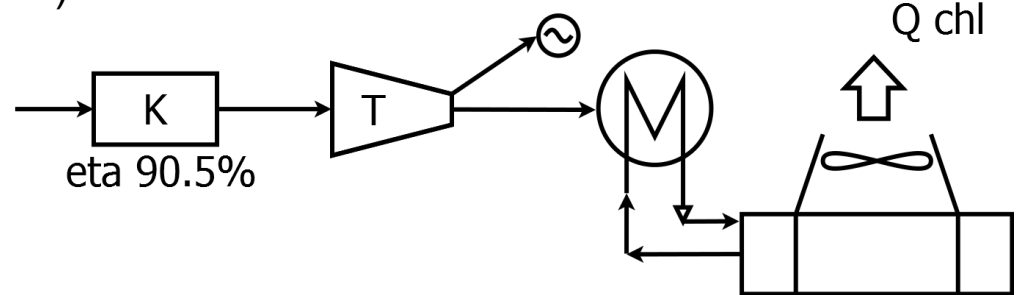
- Vlastní spotřeba provozu teplárny cca 12% (z kogenerační elektřiny). Případně cca 10 MWh_{ee}/TJ_{tepla} .
- Energie na dopravu tepla (čerpací práce z kogenerační elektřiny) cca 15 % - vlastní spotřeba výroby tepla. Případně cca 13 MWh_{ee}/TJ_{tepla} .
- Konverze vstupní energie na EE je cca 82%. Konverze vstupní energie na teplo k patě objektu je cca 80%.
- Konverze vstupní energie na elektřinu včetně vlastní spotřeby výroby a vlastní spotřeby pro dopravu tepla je 61.5%
- Konverze vstupní energie na výstupní disponovatelné formy energie (teplo +EE) je 73%.



Kotle – Emisní zátěž – a jak je to s elektřinou?

VARIANTA 5

- Velký zdroj znečištění – kondenzační výroba elektřiny -
- Palivo – hnědé uhlí (průmyslová směs)
 - Jakostní znaky:
 - $Q_{ir} = 10$ až 15 GJ/t
 - $S_r = 0.8 - 2\%$
 - $A_r = 27 - 37\%$
 - $W_{tr} = 23 - 34\%$



Účinnost kotle deklarovaná výrobcem tzn. při normativních podmínkách až 91.5%. Pro výpočet je uvažována provozní účinnost 90.5%.

- Vlastní spotřeba provozu kondenzační elektrárny cca 14%. Účinnost přeměny Energie v palivu na energii elektrickou je 40%. Tzn. že konverze vstupní energie na získanou výstupní energii je cca 34%.
- **VARIANTA 5a**
 - **Varianta 5a je** výrobně navýšena o výrobu vlastní energie a vlastní energie pro teplo varianty 4.

Kotle – Emisní zátěž – a jak je to s elektřinou?

Položka		Varianta 4a	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 5a
Uvažovaný výkon kotle/odběr objektu	kW	16	16	0	16
Roční spotřeba tepla (ztráta objektu)	kWh	30000	30000	0	30000
Odpovídající výroba EE na TG	kWh	16 513		14016	19201
Dodávka EE do sítě (minus vl. spotř)	kWh	12 054		12054	16 513
Účinnost na výrobě tepla	%	80%	80%		
Účinnost na výrobě elektřiny		82%		40%	40%
Účinnost získaných energií (EE+teplo)		73%	80%	34%	34%
Roční vstup (nákup) paliva	GJ	206	135	126	173

Kotle – Emisní zátěž – a jak je to s elektřinou?

Položka		Varianta 4a	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 5a
Emisní zhodnocení - Emisní faktor					
TZL	g/GJ	18	18	18	18
Nox	g/GJ	130	130	130	130
SO2	g/GJ	185	185	185	185
CO	g/GJ	50	50	50	50
CO2	kg/GJ	110	110	110	110
Emisní zhodnocení - vypuštěno					
TZL	kg	3	2	2	3
Nox	kg	24	16	15	20
SO2	kg	34	22	21	29
CO	kg	9	6	6	8
CO2	t	20	13	12	17

Pro stejnou kvantitu výstupních produktů tzn. 30MWh tepla za rok a 12 MWh EE/rok je při variantě 4a oproti součtu varianty 4 a 5a emitováno o cca 34% méně jednotlivých složek emisí.

Kotle – Emisní zátěž – přidružená emisní zátěž plynového kotle?

- Zemní plyn ke spotřebiteli je nutné dopravit. K dopravě slouží tzv. tranzitní plynovody, které pracují na úrovni cca 7.5 MPa. Na cestě ke spotřebiteli jsou tlakové úrovně následně redukovány dle návazných distribučních sítí. Doprava tranzitním plynovodem a následné distribuční síti je zajišťována střednětlakými a vysokotlakými (dynamickými) kompresory, které jsou poháněny:
 - Elektřinou z příslušné elektrické sítě
 - Elektřinou vyrobenou spalováním dopravovaného plynu na spalovací turbíně.
- V podstatě se jedná o další emisní zatížení výrobního cyklu na území daného státu, které zůstává běžnému spotřebiteli při hodnocení ekologičnosti zdroje skryto
- Zároveň je nutné zmínit, že decentralizované zdroje spalování nebo lokální zdroje (větší vzdálenost od šachty) je zatíženo přidruženými emisemi dopravy a manipulace s palivem (prašnost), většinou emise nákladní dopravy.
- V podstatě nejnižší přidruženou emisní zátěž z hlediska dopravy budou vykazovat zvláště velké zdroje, minimální dopravní vzdálenosti nebo velkokapacitní (nízkoemisní) doprava.

Kotle – Emisní zátěž – základní bilance elektřiny z bioplynové stanice?

VARIANTA 6

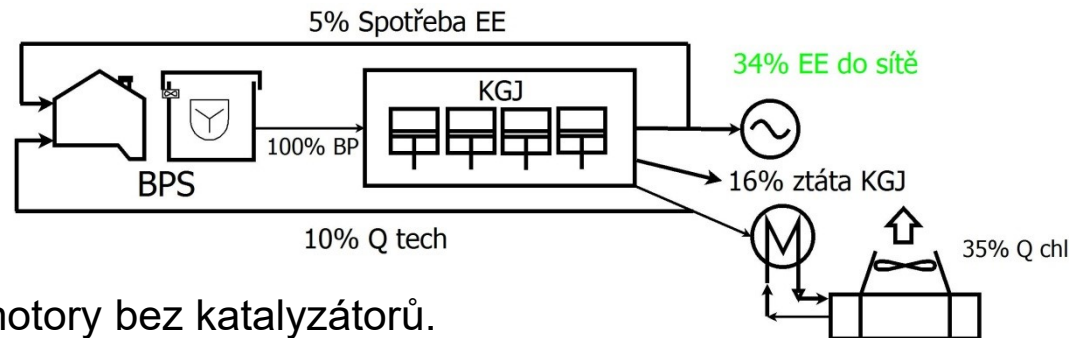
- Výroba elektřiny v bioplynové stanici bez využití tepla nad rámec vlastní technologické spotřeby. Uvažována je jednotka v rozsahu cca 3 až 6MW.
- Palivo – bioplyn (původ zdrojové suroviny - chov dobytka)

- Jakostní znaky:

$Q_{ir} = 21 - 23 \text{ MJ/m}^3$

CH_4 cca 65%

CO_2 cca 35%



Uvažovány jsou zážehové motory bez katalyzátorů.

- Bioplynová stanice je pro jednoduchost a názornost bilancována od vstupu do kogenerační jednotky tzn. výstup ze stanice. Vlastní spotřeba provozu bioplynové stanice vyžaduje nárok cca 10% tepla z bioplynu a 5% EE z bioplynu. Dodávka EE do sítě je 34% z bioplynu, zbývající část energie jsou ztráty a mařený tepelný výkon.
- Alternativně může být vytvořena varianta kogenerace s využitím tepla nad rámec vlastní spotřeby např. zásobování CZT.

Kotle – Emisní zátěž – základní bilance elektřiny z bioplynové stanice?

- Základní bilance využití energie paliva (varianta 6) nevykazuje výrazně odlišné účinnosti oproti výrobě v klasických kondenzačních cyklech (varianta 5).
- Rozdílné jsou pro daný případ produkce emisí. V daném případě (varianta 6) je vyšší produkce NO_x a CO cca 4x až 5x. Nižší jsou produkce SO₂ a TZL cca 9x až 10x.
- Dalšího výrazného snížení NO_x a CO např. o cca 40 až 50% původní hodnoty lze dosáhnout úpravou spalovacího procesu a instalací katalyzátorů.
- Účinnostní bilanci celého cyklu lze významně zlepšit zařazením trvalého odběru tepla, tím ale může dojít ke změně logiky výroby. Z pohledu energetické transformace může být výhodná i dodávka vyčištěného plynu do sítě.

Položka		Varianta 5	Varianta 6
Uvažovaný výkon kotle/odběr objektu	kW	0	0
Roční spotřeba tepla (ztráta objektu)	kWh	0	0
Odpovídající výroba EE na TG	kWh	14016	14016
Dodávka EE do sítě (minus vl. spotř)	kWh	12054	12 054
Účinnost na výrobě tepla	%		
Účinnost na výrobě elektřiny		40%	39%
Účinnost získaných energií (EE+teplo)		34%	34%
Roční vstup (nákup) paliva	GJ	126	129

Položka		Varianta 5	Varianta 6
Emisní zhodnocení Emisní faktor			
TZL	g/GJ	18	2
Nox	g/GJ	130	540
SO2	g/GJ	185	19
CO	g/GJ	50	273
Emisní zhodnocení - vypuštěno			
TZL	kg	2	0
Nox	kg	15	63
SO2	kg	21	2
CO	kg	6	32