



Kogeneračné jednotky v budovách

STN EN 15316-4-4-Vykurovacie sústavy v budovách

- *Metóda výpočtu pre stanovenie energetických požiadaviek systému a účinnosti systému*
- *Časť 4-4 Systémy výroby tepla, systémy kombinovanej výroby elektriny a tepla integrované v budovách*

Ing. Michal Hargaš
doc. Ing. Ján Takács, PhD.

Obsah normy

Úvod

1. Uplatnenie
2. Normatívne odkazy
3. Definície a symboly
4. Výpočet systémov KVET
 - 4.1 Ohraničenie systému
 - 4.2 Spotreba pomocnej energie
 - 4.3 Využitelné tepelné straty
 - 4.4 Výpočet
 - 4.5 Dostupné metodiky
 - 4.6 Metóda frakčných príspevkov
 - 4.7 Metóda ročného profilu zaťaženia



Príloha A (informatívna) Podiel preferovaných zariadení KVET

Príloha B (informatívna) Účinnosť budovy s integrovaným zariadením KVET

Príloha C (informatívna) Úspory primárnej energie pri použití KVET

Príloha D (informatívna) Príklad: metóda ročného profilu zaťaženia

1.Úvod / Uplatnenie

Táto metóda môže byť použitá pre nasledujúce aplikácie:

- posudzovania zhody s predpismi vyjadrené v energetických výstupoch;
- optimalizácia energetickej náročnosti plánovaného systému výroby tepla, pri použití metódy na rôzne varianty
- posúdenie účinku možných opatrení na úsporu energie na súčasný systém výroby tepla, pri použití výpočtu potreby energie s alebo bez energeticky úspornými opatreniami

Užívateľ sa musí odkazovať na iné európske normy alebo na národné dokumenty pre vstupné dáta a podrobné výpočtové postupy, ktoré nie sú uvedené v tejto norme.

2.Odkazy na normy

- STN EN 12831** Vykurovacie sústavy v budovách - Výpočtová metóda pre stanovenie projektovanej tepelnej záťaže
- STN EN 15315** Vykurovacie sústavy v budovách - Energetická hospodárnosť budov - celková spotreba energie, primárna energia a emisie CO₂
- STN EN 13790** Tepelná hospodárnosť budov - Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie
- STN EN 15316-2.3** Vykurovacie sústavy v budovách - Výpočtová metóda pre stanovenie energetických požiadaviek systému a účinnosti sústavy
- Časť 2.3 Distribučné sústavy vykurovacieho systému
- STN EN 15316 - 3.1** Vykurovacie sústavy v budovách - Výpočtová metóda pre stanovenie energetických požiadaviek systému a účinnosti sústavy
- Časť 3.1 Sústavy teplej vody, charakteristiky potrieb
- STN EN 15316-3.2** Vykurovacie sústavy v budovách - Výpočtová metóda pre stanovenie energetických požiadaviek systému a účinnosti sústavy
- Časť 3.2 Sústavy teplej vody, rozvody

3. Definície a symboly

- KVET integrovaná v budove
- KVET
- kogeneračná jednotka
- výpočet tepelných strát
- prebytočné teplo
- ekonomicky zdôvodnený dopyt
- elektrina z kogenerácie
- pomer tepelného výkonu kogenerácie a tepelného výkonu zdroja
- užitočné teplo
- plné zaťaženie
- preferované výrobné zariadenia
- tepelná účinnosť KVET
- elektrická účinnosť KVET
- ročná tepelná účinnosť
- ročná elektrická účinnosť

3. Definície a symboly

Tabuľka 1 - Symboly a jednotky

<i>Symbol</i>	<i>Názov veličiny</i>	<i>Jednotka</i>
f	faktor	-
i	index čiastočného zaťaženia	-
L	faktor strát elektrického vedenia	-
ndní	počet dní	deň
P	menovitý výkon	kW
Q	množstvo tepla, energie	J
β	frakcia	-
η	účinnosť	-

Tabuľka 2 - Indexy

kogen – kogenerácia	ele - elektrický	upe – úspory primárnej energie
chl - chladenie	i - index	prim - primárna
KVET – kombinovaná výroba tepla a elektriny	max - maximum	odk - odkaz
distr - distribúcia	npref - nepreferované	tv – teplá voda
potr- potreba	pref - preferované	

Zosúladené podľa CEN / BT WG173

4. Výpočet systémov KVET

Podmienky výpočtu parametrov

- Ohraničenie systému KVET
- Spotreba pomocnej energie
- Využitelné tepelné straty
- Výpočtové obdobie
- Prevádzkový stav
- Metódy výpočtu

4.4 Výpočtové obdobie

Sa stanovuje za pomoci:

- ročných údajov za obdobie fungovania systému a použitia ročných priemerných hodnôt,
- rozdelenia roku do niekoľkých výpočtových období (napr. mesiace, týždne, atď.), pri uskutočnení výpočtov pre každé obdobie pomocou príslušných hodnôt daného obdobia a zhrnutia výsledkov všetkých období v priebehu roka.

Ak je v budove sezónne vykurovanie, musí byť rozdelený rok aspoň na vykurovaciu sezónu a na obdobie zvyšku roka.

4.5 Dostupné metodiky

V norme sú uvedené dve výpočtové metódy zodpovedajúce 2 prevádzkových režimov:

- "metóda frakčných príspevkov",
pre kogeneračné jednotky prevádzkované na plný výkon
s pokrytím časti zaťaženia zariadenia (frakčný príspevok
tepla);
- "metóda ročného profilu zaťaženia",
pre kogeneračné jednotky fungujúce ako náhrada kotlov.

**Pri výpočte je potrebné brať do úvahy
nasledovné ovplyvňujúce faktory:**

- Teplota vody (vratná / prírodná);
- Start / Stop účinky;
- Prevádzka pri čiastkovom zaťažení;
- Teplota vstupujúceho vzduchu.

4.6 Metóda frakčných príspevkov

4.6.1 Produkcia tepla kogeneračnou jednotkou

Teplo z kombinovaného zariadenia vylučuje akúkoľvek dodávku prebytočného tepla a je obmedzený maximom potreby tepla vo vnútri budovy. Tepelný výkon $Q_{\text{tep,KVET}}$ kogeneračnej jednotky, je určený:

$$Q_{\text{tep,KVET}} = (Q_{\text{potr, tep}} / \eta_{\text{distr, uk}}) \times f_{\text{uk,KVET}} + (Q_{\text{potr, tv}} / \eta_{\text{distr, tv}}) \times f_{\text{tv,KVET}} + (Q_{\text{potr, chl}} / \eta_{\text{distr, chl}}) \times f_{\text{chl,KVET}} \quad [1]$$

kde:

$Q_{\text{potr, tep}}$

$Q_{\text{potr, tv}}$

$Q_{\text{potr, chl}}$

$\eta_{\text{distr, uk}}$

$\eta_{\text{distr, tv}}$

$\eta_{\text{distr, chl}}$

$f_{\text{uk,KVET}}$

$f_{\text{tv,KVET}}$

$f_{\text{chl,KVET}}$

- potreba tepla na vykurovanie podľa prEN 13790
- potreba tepla pre ohrev teplej vody podľa prEN 15315 - 3,1
- potreba tepla pre absorpčné chladenie
- účinnosť distribučného systému ústredného vykurovania podľa prEN 15315 - 2.3
- účinnosť systému rozvodu teplej vody podľa prEN 15315 - 3.2
- účinnosť distribučnej sústavy chladenia
- podiel potreby tepla na vykurovanie, na ktorej sa podieľa kogeneračná jednotka
- podiel potreby tepla na ohrev vody, na ktorej sa podieľa kogeneračná jednotka
- podiel potreby tepla na absorpčné chladenie, na ktorej sa podieľa kog. jednotka

4.6 Metóda frakčných príspevkov

4.6.2 Vstup paliva do kogeneračnej jednotky

Množstvo vstupujúceho paliva $Q_{\text{pal,KVET}}$ pre kogeneračnú jednotku, sa vypočíta podľa vzorca:

$$Q_{\text{pal,KVET}} = Q_{\text{tep,KVET}} / \eta_{\text{tep,KVET}} \quad [2]$$

kde:

$\eta_{\text{tep,KVET}}$ - ročná tepelná účinnosť kogeneračnej jednotky

Tepelná účinnosť kogeneračnej jednotky by mala byť určená na základe prevádzkových údajov alebo certifikovaných hodnôt pre typovo skúšané kogeneračné jednotky.

Typické hodnoty by mali byť uvedené v národných prílohách k tejto norme.

4.6 Metóda frakčných príspevkov

4.6.3 Produkcia elektriny z kogeneračnej jednotky

Elektrina $Q_{\text{ele,KVET}}$ vyrobená kogeneračnou jednotkou, sa vypočíta podľa vzorca:

$$Q_{\text{ele,KVET}} = Q_{\text{pal,KVET}} \times \eta_{\text{ele,KVET}} \quad [3]$$

kde:

$\eta_{\text{ele,KVET}}$ - ročná elektrická účinnosť

Elektrická účinnosť kogeneračnej jednotky by mala byť určená na základe prevádzkových údajov alebo certifikovaných hodnôt pre typovo skúšané kogeneračné jednotky.

Typické hodnoty by mali byť uvedené v národných prílohách k tejto norme.

4.7 Metóda ročného profilu zaťaženia

4.7.1 Všeobecné poňatie

- Dodávka elektriny a tepla z kogeneračnej jednotky v celom rozsahu zaťaženia musí byť známa. Prednostne by mala byť zistená vhodnými laboratórnymi skúškami pri rôznych prevádzkových podmienkach.
- Výkon kogeneračnej jednotky v zdroji tepla musí byť stanovený vo vhodnom pomere s prihliadnutím k dopytu po teple v budove.
- Ročný energetický vstup a výstup a priemerná ročná účinnosť sa vypočíta s uvažovaním hodnôt pri rôznych úrovniach zaťaženia. Predpokladá sa, že kogeneračná jednotka je "tepelne riadená" tak, že nie je produkované prebytočné teplo.
- Výstupy pri použití danej metódy sú: celkové ročné množstvo paliva, tepla a čistej vyrobenej elektriny.
- Ak kogeneračná jednotka nie je dimenzovaná na pokrytie celkovej tepelnej potreby budovy, zvyšné teplo (vyrobené iným zdrojom tepla) sa tiež vypočítava. Kombinácia týchto veličín pre výpočet primárnej energie a emisie CO₂ sa vykonáva podľa prEN 15315.

4.7 Metóda ročného profilu zaťaženia

4.7.3 Stanovenie ročného profilu zátáže

Ročná krivka zátáže pre kogeneračnú jednotku je stanovená s ohľadom na regionálnu klímu, výpočtu tepelných strát a podielu tepelného výkonu v zdroji tepla .

Ročný profil zaťaženia a hodnoty získané z výkonových kriviek sú následne kombinované za účelom zistenia:

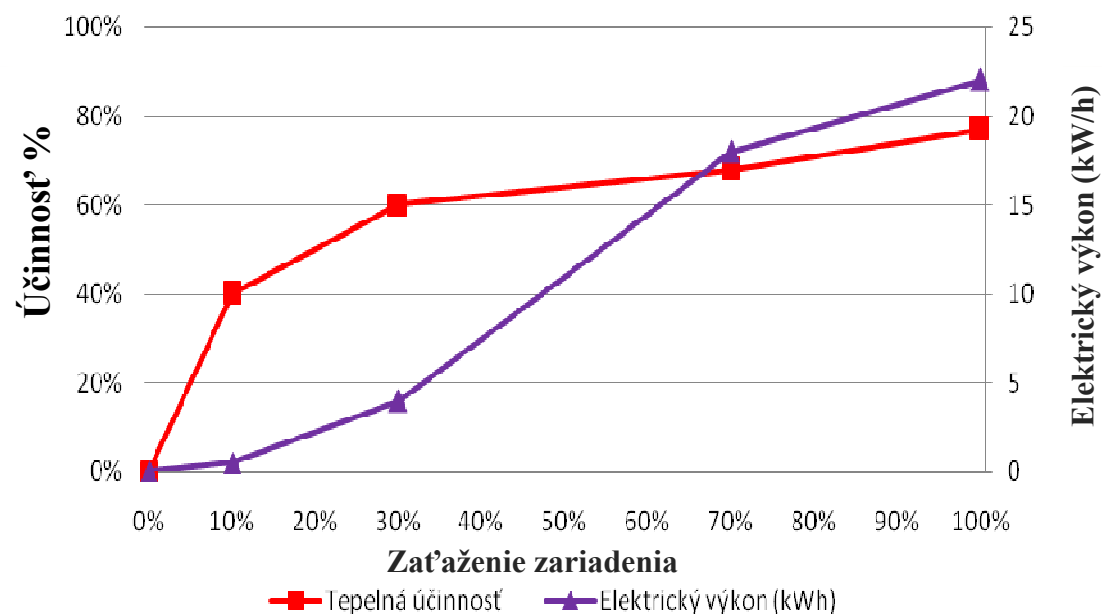
- **CELKOVÉHO VYROBENÉHO MNOŽSTVA TEPLA;**
- **CELKOVÉHO VSTUPU PALIVA;**
- **CELKOVEJ ČISTEJ VYROBENEJ ELEKTRICKEJ ENERGIE**

v priebehu jedného roka.

4.7 Metóda ročného profilu zat'azenia

4.7.2 Určenie energetickej náročnosti pre celý rad zát'azových podmienok

Údaje o energetickej náročnosti inštalovanej kogeneračnej jednotky v rámci rôznych podmienok sú získané buď z výsledkov laboratórnych testov alebo iných príslušných údajov. Tieto informácie sú použité na stanovenie vzájomného vplyvu zát'azenia jednotky a energetickej účinnosti.



Obr.1 - Priebeh účinnosti a elektrického výkonu

4.7 Metóda ročného profilu zaťaženia

4.7.4 Dodávka tepla z kogeneračnej jednotky

Ročné množstvo tepla $Q_{\text{tep,KVET}}$ z kogeneračnej jednotky sa vypočíta podľa vzorca:

$$Q_{\text{tep,KVET}} = \sum_{i=0}^{i=100} i / 100 \times Q_{\text{tep,max}} \times n_{\text{dni}} \quad [4]$$

kde:

- i - index čiastočného zaťaženia, 0 až 100% (v krokoch po 10% napr.)
- $Q_{\text{tep,max}}$ - maximálne množstvo tepla za deň z kogeneračnej jednotky
- n_{dni} - počet dní za rok, na ktoré sa % čiastočného zaťaženia vzťahuje

4.7 Metóda ročného profilu zaťaženia

4.7.5 Palivo vstupujúce do kogeneračnej jednotky

Ročná potreba paliva $Q_{\text{pal,KVET}}$ pre kogeneračnú jednotku, sa vypočíta podľa vzorca:

$$Q_{\text{pal,KVET}} = \sum_{i=0}^{i=100} i / 100 \times Q_{\text{tep,max}} \times \eta_i \times n_{\text{dní}} \quad [5]$$

kde:

i - index čiastočného zaťaženia, 0 až 100% (v krokoch po 10% napr.)

$Q_{\text{tep,max}}$ - maximálny tepelný výkon na deň kogeneračnej jednotky

η_i - tepelná účinnosť kogeneračnej jednotky pre ktorú sa $i\%$ čiastočného zaťaženia vzťahuje

n_{dni} - počet dní za rok, pre ktorý $i\%$ čiastočného zaťaženia sa vzťahuje

4.7 Metóda ročného profilu zaťaženia

4.7.6 Produkcia elektriny z kogeneračnej jednotky

Čistá produkcia elektriny $Q_{\text{ele,KVET}}$ z kogeneračnej jednotky sa vypočíta podľa vzorca:

$$Q_{\text{ele,KVET}} = \sum_{i=0}^{i=100} Q_{\text{ele,KVET}, i} \times n_{\text{dni}} \quad [6]$$

kde:

- i - index čiastočného zaťaženia, 0 až 100% (v krokoch po 10%)
- $Q_{\text{ele,KVET}, i}$ - čistý množstvo elektriny z kogeneračnej jednotky za deň, na ktorý sa vzťahuje % čiastočného zaťaženia
- n_{dni} - počet dní za rok, na ktorý sa vzťahuje % čiastočného zaťaženia

4.7.7 Ročná priemerná účinnosť kogeneračnej jednotky

Priemerná ročná tepelná účinnosť $\eta_{\text{tep,KVET}}$ kogeneračnej jednotky je definovaná ako podiel celkového výstupného tepla z kogeneračnej jednotky a celkovou potrebou paliva počas jedného roka. Vypočíta sa podľa:

$$\eta_{\text{tep,KVET}} = Q_{\text{tep,KVET}} / Q_{\text{pal,KVET}} \quad [7]$$

Podiel výkonu preferovaných zariadení KVET

Časť tepla dodaná preferovaným zariadením na výrobu tepla (napr. kogeneračná jednotka) v celkovej dodávke tepla pre budovy je funkcia β_{tep} . Vypočíta sa:

$$\beta_{tep} = (P_{zar, tep, pref}) / (P_{zar, tep, npref} + P_{zar, tep, pref}) \quad [A1]$$

kde:

$P_{zar, tep, pref}$ - celková nominálna kapacita preferenčných spotrebičov tepla

$P_{zar, tep, npref}$ - celková nominálna kapacita nepreferenčných spotrebičov tepla

Tabuľka A.1 - Podiel tepla vyrobeného preferovaným zdrojom tepla v zásobovaní teplom ako funkcia β_{tep}

β_{tep}	$f_{uk, KVET}$
Od 0,1 do 0,2	0,4
Od 0,2 do 0,8	0,6

Účinnosť kogeneračných jednotiek integrovaných v budovách

Orientačná účinnosť pri menovitom zaťažení pre kogeneračné jednotky integrované v budovách:

	Jednotka	Motor s vnútorným spaľovaním (plyn)	Motor s vnútorným spaľovaním (diesel)	Mikro turbíny	Stirlingov motor ¹	Palivové články ¹
Tepelná účinnosť (Pri menovitej záťaži)	%	45-61	50-60	52-66	61-95	35-70
Elektrická účinnosť (Pri menovitej záťaži)	%	21-38	30-40	13-32	10-25	25-50
Celková účinnosť (Pri menovitej záťaži)	%	73-95	78-95	70-90	83-105	75-95

Tabuľka B.1 - Orientačná účinnosť pre rôzne technológie KVET integrované v budovách (na základe výhrevnosti paliva)

¹ Predbežné údaje, pretože väčšina kogeneračných systémov používajúce Stirlingov motor a palivové články sú v súčasnej dobe stále vo vývoji alebo demonštračnej fáze.

Úspory primárnej energie pri použití KVET

C.1 Spotreba primárnej energie v zariadeniach KVET

Ročná spotreba primárnej energie kogeneračnou jednotkou je určená:

$$Q_{prim,KVET} = Q_{pal,KVET} \times f_{prim,pal,KVET} \quad [C1]$$

kde:

$f_{prim,pal,KVET}$

- faktor primárnej energie pre kogeneračné jednotky

Národné faktory primárnej energie by mali byť uvedené v národných prílohách k tejto norme.

Úspory primárnej energie pri použití KVET

C.2 Spotreba paliva referenčného prípadu

Referenčná potreba paliva pri výrobe elektriny a tepla sa vypočíta:

$$Q_{ref, pal, tep} = Q_{tep, KVET} / \eta_{ref, tep} \quad [C2]$$

$$Q_{ref, pal, ele} = Q_{ele, KVET} / (\eta_{ref, ele} - (\eta_{ref, ele} \times L_{siete})) \quad [C3]$$

kde:

$Q_{ref, pal, tep}$

- referenčná spotreba paliva pre samostatnú výrobu tepla

$Q_{ref, pal, ele}$

- referenčná spotreba paliva pre samostatnú výrobu elektriny

$\eta_{ref, tep}$

- referenčná účinnosť samostatnej výroby tepla

$\eta_{ref, ele}$

- referenčná účinnosť samostatnej výroby elektriny

L_{siete}

- stratový faktor elektrickej siete

Národné referenčné hodnoty účinnosti samostatnej výroby tepla a elektriny a národný faktor strát elektrickej siete by mali byť uvedené v národných prílohách k tejto norme.

Úspory primárnej energie pri použití KVET

C.3 Spotreba primárnej energie v referenčnom prípade

Referenčné spotreba primárnej energie zvlášť vyrobeného tepla a elektriny sa vypočíta:

$$Q_{ref, prim, teplo} = Q_{ref, pal, tep} \times f_{ref, prim, tep} \quad [C4]$$

$$Q_{ref, prim, ele} = Q_{ref, paliva, ele} \times f_{ref, prim, ele} \quad [C5]$$

$$Q_{ref, prim} = Q_{ref, prim, teplo} + Q_{ref, prim, ele} \quad [C6]$$

kde:

$Q_{ref, prim, teplo}$

$f_{ref, prim, tep}$

$Q_{ref, prim, ele}$

$f_{ref, prim, ele}$

$Q_{ref, prim}$

- referenčná primárna energia pre samostatnú výrobu tepla
- faktor primárnej energie pre teplo referenčného prípadu
- referenčná primárna energia pre samostatnú výrobu elektriny
- faktor primárnej energie pre elektrinu referenčného prípadu
- faktor primárnej energie pre samostatnú výrobu tepla a elektriny v referenčnom prípade

Národná faktory primárnej energie pre referenčné prípady by mali byť uvedené v národných prílohách k tejto norme.

Úspory primárnej energie pri použití KVET

C.4 Úspory primárnej energie dosiahnutých v budove s integrovanou kogeneráciou

Úspory primárnej energie dosiahnuté v kogeneračných jednotkách $Q_{upe,KVET}$ sa vypočíta podľa vzorca:

$$Q_{upe,KVET} = Q_{ref, prim} - Q_{prim,KVET} \quad [C7]$$

Príloha D

Príklad: metóda ročného profilu zaťaženia

Príloha obsahuje výpočet ročného množstva tepla a elektriny z kogeneračnej jednotky, potreby paliva za pomoci metódy ročného profilu zaťaženia

Ďakujem za pozornosť



Ing. Michal Hargaš
mich.hargas@gmail.com

Doc. Ing. Ján Takács, PhD.
jan.takacs@stuba.sk

STU Stavebná fakulta, Katedra TZB
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: 02/59 274 635 - 02/59 274 634

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA 1/1052/11 na základe anglického znenia normy EN 15316 4-4.