



PERMANENT

PŘÍPADOVÁ STUDIE PLÁNU MONITORINGU A VERIFIKACE NA VÝMĚNU CIRKULAČNÍCH ČERPADEL OTOPNÉHO SYSTÉMU KANCELÁŘSKÉ BUDOVY

Česká Republika



Developed within the project Performance Risk Management for Energy Efficiency through
Training – PERMANENT – IEE/08/657/SI2.528420

Ing. Jan Pejter, ENVIROS, s.r.o.

Listopad 2010

Contents

1. ÚČEL M&V PLÁNU:	3
2. VÝBĚR VARIANTY IPMVP –	3
HRANICE MĚŘENÍ	3
NEZÁVISLÉ PROMĚNNÉ	3
STATICKE FAKTORY	3
MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ	3
POSTUP MĚŘENÍ	4
VÝCHOZÍ ÚDAJE (BASELINE).....	4
ANALÝZA VYKAZOVANÉHO OBDOBÍ	5
3. ZPRÁVA	7
NAMĚŘENÉ ÚDAJE	7
VÝPOČET NORMALIZOVANÝCH ÚSPOR.....	9

1. Účel M&V plánu:

otopný systém kancelářské budovy bude modernizován náhradou stávajících cirkulačních čerpadel otopného systému budovy novými účinnějšími.

Budova slouží jako call-centrum, které je v provozu 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Nová cirkulační čerpadla mají stejný průtok, jako původně osazená čerpadla. Otopný systém pracuje s proměnným průtokem v průběhu otopné sezóny (od října do května), v létě je otopný systém vypnutý.

2. Výběr varianty IPMVP – protokol IPMVP Vol. 1 2010, vybraná varianta A – Oddělená rekonstrukce: měření klíčových parametrů.

Hranice měření – Bude měřena spotřeba elektrické energie deseti cirkulačních čerpadlech otopného systému (jmenovitý příkon každého z nich je 5 kW) na společném přívodu elektrické energie pro všechna cirkulační čerpadla. Tato výměna cirkulačních čerpadel otopného systému nemá vliv na žádnou další spotřebu energie v budově.

Nezávislé proměnné – využití otopného systému jednoznačně ovlivňuje spotřebu elektrické energie vynaložené na čerpací práci čerpadel. Množství tepelné energie dopravované otopným systémem je jedinou nezávislou proměnnou použitou v analýze energetické náročnosti čerpadel otopného systému budovy.

Statické faktory – mezi faktory ovlivňující spotřebu energie na čerpací práci patří:

- Rozlehlost otopného systému budovy – počet otopných těles nebo počet připojených zařízení. K distribučnímu systému je ve výchozím období (baseline) připojeno 163 otopných těles.
- Automatizovaná regulace teploty otopné vody podle venkovní teploty. Ve výchozím období bylo zjištěno, že otopný systém:
 - dodává teplo pokud je venkovní teplota nižší než 15°C po dobu delší, jak 12 hodin a systém je aktivovaný provozovatelem budovy.
 - Teplota dodávané vody se pohybuje od 65°C do 85°C při venkovní teplotě od +15°C do -15°C.

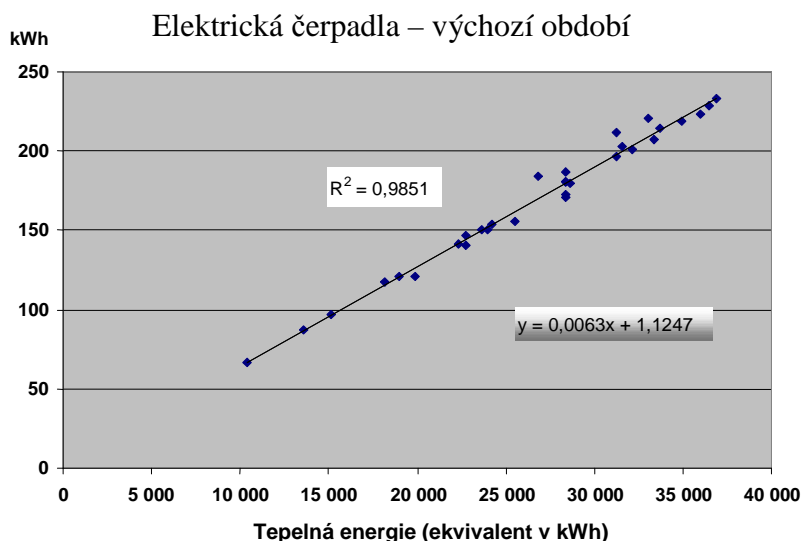
Měřící zařízení – spotřeba elektřiny (v kWh) bude měřena kalibrovaným RMS wattmetrem s možností záznamu naměřených dat. Toto měřidlo má jmenovitou přesnost +/-1% z měřené hodnoty. Elektrické měřící zařízení se záznamem je ve vlastnictví nezávislého konzultanta zpracovávající plán M&V.

Spotřeba tepelné energie, jako nezávislá proměnná, bude měřena fakturačním měřidlem dodávky tepelné energie ze systému dálkového vytápění (CZT), s přesností +/- 0% (dle smluvního ustanovení dodavatele tepla).

Postup měření – konzultant bude průběžně měřit spotřebu elektrické energie během určeného období před a po výměně cirkulačních čerpadel otopného systému. Období je dostatečně dlouhé na to, aby obsáhlo obvyklý rozsah dodávky tepelné energie v budově. Spotřeba elektrické energie se bude každý den průběžně zaznamenávat a načítat.

Spotřeba tepla na vytápění (ekvivalent v kWh) bude manuálně odečítána z měřidla ve výměňkové stanici CZT. Odečet měřidla bude zaznamenáván každý den o půlnoci zaměstnancem údržby budovy.

Výchozí údaje (baseline) – výchozí údaje byly získány v období od 1. října 2008 do 10. února 2009 a jsou znázorněny na obrázku 1. Tato data rozumně odrážejí celý rozsah spotřeby tepla pro typickou otopnou sezónu, která zahrnuje celou řadu typických podmínek zatížení plus některé stavy, kdy bylo zásobování teplem přerušeno.



Obrázek 1. Výchozí údaje o denní spotřebě elektrické a tepelné energie

Regresní analýza výchozích údajů stanovila rovnici výpočtu měsíční spotřeby elektřiny cirkulačních čerpadel ve výchozím období takto:

$$\begin{aligned} \text{Měsíční spotřeba elektrické energie čerpadel otopného systému (kWh)} = & \\ & (1,1247 * \text{počet dní v měsíci kdy je otopný systém v provozu}) \\ & + (0,0063 * \text{denní spotřeba tepla (kWh)}) \end{aligned} \quad \text{Rovnice 1}$$

Vzhledem k tomu, že regresní analýza měla velmi dobrý parametr hodnoty spolehlivosti R^2 (98%), bylo potvrzeno, že chování cirkulačního systému je lineární v celém rozsahu dodávky tepelné energie. **Rovnice 1** bude použita ke stanovení energetické náročnosti čerpadel ve výchozím období pro odvození úspory.

Metoda výpočtu a vypočtené hodnoty - normalizované úspory budou určeny pro tento projekt za použitím protokolu IPMVP Vol.1 2010 dle rovnice 1c následovně:

Normalizované úspory (kWh) =

upravená výchozí spotřeba energie

– upravená spotřeba energie během vykazovaného období

Rovnice 2

Úprava výchozího (baseline) a vykazovaného období bude provedena zprůměrováním dle potřeby tepla na vytápění ve 4-letém období za roky 2005 – 2008. Tyto požadavky jsou odvozeny od fakturované dodávky tepla, jak je uvedeno níže v tabulce 1. Bylo rozhodnuto, že tento čtyřletý průměr bude vhodným základem pro vykazování úspor. Průměrný počet otopných dnů v každém měsíci byl určen podle provozního denníku výměňkové stanice.

Úpravy budou provedeny pomocí regresní rovnice výchozího období a vykazovaného období.

Rovnice výchozího období je rovnice 1c, uvedena výše. Podobná rovnice se odvodí pro stav po instalaci nových cirkulačních čerpadel.

Měsíc	Nakoupené teplo (MWh)			Roční průměr		
	2005	2006	2007	2008	kWh	Počet otopných dní
Leden	651	474	756	784	666 313	31
Únor	367	352	372	491	395 396	28
Březen	450	322	568	208	386 806	31
Duben	226	200	166	143	183 435	30
Květen	91	88	246	75	125 042	22
Červen	0	0	0	0	0	0
Červenec	0	0	0	0	0	0
Srpen	0	0	0	0	0	0
Září	65	84	52	70	67 667	13
Říjen	154	295	108	197	188 500	31
Listopad	378	409	322	334	360 708	30
Prosinec	418	549	268	403	409 458	31
Celkem	2 800	2 771	2 857	2 705	2 783 324	247

Tabulka 1: Průměrná spotřeba energie vytápěného prostoru

Průměrná roční potřeba tepla na vytápění (dle tabulky 1) a počet otopných dní v měsíci se dosadí do rovnice regresní analýzy, která je určena pro výchozí (baseline) a vykazované období. Výsledek těchto výpočtů je upravená spotřeba energie z **Rovnice 2**. Příklad výpočtu plánovaných normalizovaných úspor je uveden v příložené Zprávě o úspoře energie.

Jakékoliv změny ve statických faktorech se rovněž zahrnou do výpočtu výsledných úspor.

Analýza vykazovaného období – bude probíhat celý měsíc po rekonstrukci (výměně cirkulačních čerpadel) při významné spotřebě tepla na vytápění budovy. Analýza výchozího období ukázala, že lze očekávat lineární vztah mezi spotřebou energie cirkulačních čerpadel a spotřebou tepelné energie objektu, proto nebude vyžadováno sledování spotřeby tepelné energie v plném rozsahu ve všech měsících otopné sezóny za účelem správného stanovení vztahu nových cirkulačních čerpadel a spotřeby tepla. Analýza bude podobná analýze výchozího období a bude prezentována ve stejné formě jako na obrázku 1.

Cena energie – normalizované úspory nákladů projektu budou vypočítány pomocí aktuální průměrné ceny elektřiny (tedy 5,40 Kč/kWh).

Cena za měření – náklady na vytvoření plánu M&V, provádění měření, výpočet úspor a příprava závěrečné zprávy o úsporách bude XXX Kč.

Přesnost – regresní analýza výchozího období (baseline) ukázala dobrou korelaci spotřeby energie cirkulačních čerpadel a spotřeby tepelné energie ($R^2 = 98\%$). Přesnost elektroměru se pohybuje v přijatelné úrovni +/- 1%.

Kontrola kvality – správce budovy bude mít možnost kontrolovat naměřené spotřeby energie cirkulačních čerpadel otopného systému budovy. Údaje budou zaznamenávány v tabulkovém procesoru v prostředí MS Excel a budou přílohou konzultantovy Zprávy o dosažených úsporách.

3. Zpráva o dosažených úsporách – výměna cirkulačních čerpadel

1. března 2010

Na základě zkoušky provozu nových cirkulačních čerpadel otopného systému v lednu 2010 se konzervativně odhaduje, že projekt náhrady cirkulačních čerpadel vytvoří normalizované úspory ve velikosti 1 600 kWh/rok, respektive 8 900 Kč/rok při průměrných podmínkách období let 2005 – 2008.

Toto odhadované množství a částka je vypočtena dle protokolu IPMVP Vol.1 2001, varianta A, dle plánu M&V zpracovaného dne 27. března 2009.

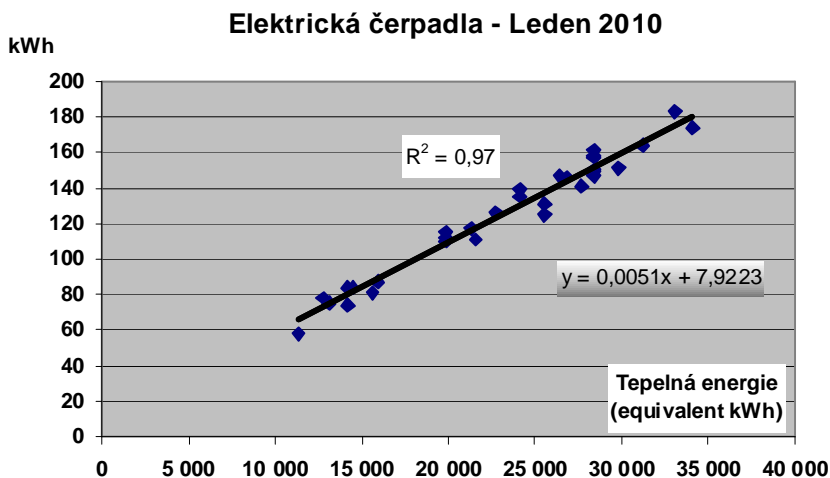
Naměřené údaje

Shromážděné údaje a analýzy jsou uvedeny níže, v následujícím plánu M&V.

Date	Heating	Pump Motor Electricity
	equivalent kWh	kWh
1	19,880	110
2	25,560	125
3	24,140	139
4	21,300	117
5	11,360	58
6	14,484	84
7	19,880	112
8	34,080	174
9	28,400	161
10	27,690	141
11	24,140	135
12	29,820	151
13	26,412	147
14	21,584	111
15	15,620	81
16	15,940	87
17	13,100	75
18	14,200	84
19	12,780	78
20	14,200	74
21	19,880	115
22	22,720	126
23	28,400	147
24	28,400	150
25	31,240	164
26	28,400	158
27	33,086	183
28	28,400	149
29	26,838	146
30	28,400	157
31	25,560	131
Total	715,894	3,870

Tabulka 1: Denní naměřená a odečtená data, leden 2010

Tato data byla analyzována pomocí regresní analýzy, jak je znázorněno níže na obrázku 1.



Obrázek 1: Regresní analýza – Vykazované období

Rovnice regresní analýzy pro stav s novými čerpadly je odvozen na měsíční bázi:

Měsíční spotřeba elektrické energie čerpadel nového otopného systému (kWh) =
 $(7,9223 * \text{počet dní v měsíci, kdy je otopný systém v provozu})$
 $+ (0,0051 * \text{denní spotřeba tepla (kWh)})$.

Vzhledem k tomu, že regresní model má dobrý parametr hodnoty spolehlivosti R^2 (97%), velmi podobnou jako ve výchozím období, bylo rozhodnuto, že model tohoto měsíce je přijatelný pro charakteristiku provozu nových cirkulačních čerpadel pro celou otopnou sezónu.

Během lednové zkoušky byly všechny statické faktory nezměněné, tedy jako bylo uvedeno v plánu M&V.

Výpočet normalizovaných úspor

Pomocí regresního modelu výchozího období (uvedeno v plánu M&V) a vykazaného období nových cirkulačních čerpadel (viz výše) jsou pro předpokládanou čtyřletou průměrnou spotřebu tepelné energie na vytápění v M&V plánu odvozeny normalizované úspory elektrické energie čerpadel pro každý měsíc, jak je definováno v **Rovnici 2** plánu M&V (viz níže).

Měsíc	Počet otopných dní	Předpokládaná spotřeba tepla (kWh)	Upravená spotřeba EE na průměr let 2005-2008 (kWh)						Normalizované úspory EE (kWh)
			Upravené výchozí údaje (Adjusted Baseline)			Upravené vykazované údaje (Adjusted Reporting Period)			
			Fixní složka	Závislá složka	Celkem	Fixní složka	Závislá složka	Celkem	
			A	B	C	D	E	F	
Z plánu M&V		1,1247* A	0,0063* B	C + D	7,9223* A	0,0051* B	F + G	E - H	
Leden	31	666 313	35	4 198	4 233	246	3 398	3 644	589
Únor	28	395 396	31	2 491	2 522	222	2 017	2 238	284
Březen	31	386 806	35	2 437	2 472	246	1 973	2 218	253
Duben	30	183 435	34	1 156	1 189	238	936	1 173	16
Květen	22	125 042	25	788	813	174	638	812	1
Červen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Červenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Srpen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Září	13	67 667	15	426	441	103	345	448	-7
Říjen	31	188 500	35	1 188	1 222	246	961	1 207	15
Listopad	30	360 708	34	2 272	2 306	238	1 840	2 077	229
Prosinec	31	409 458	35	2 580	2 614	246	2 088	2 334	281
Celkem	247	2 783 324			17 813			16 152	1 661

Tabulka 2: Výpočet normalizovaných úspor elektrické energie

Vzhledem k tomu, že nedošlo k žádné změně statických faktorů, nebudou zapotřebí žádné nestandardní úpravy výchozího období (baseline).

Při ceně 5,40 Kč/kWh jsou vypočtené roční normalizované úspory stanoveny na hodnotu 8 969 Kč.

Konečné úspory uvedené na začátku této zprávy jsou zaokrouhleny dolů na 2 řády, protože klíčovými prvky regresní rovnice jsou jen dvě platné číslice.