



Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach  
Prírodovedecká fakulta  
Ústav fyzikálnych vied

JÁN DEGRO

# Školské experimenty s meračmi spotreby energie

Environmentálne vzdelávanie vo vyučovaní fyziky



2009

Práca je určená pre študentov učiteľstva v kombinácii s fyzikou a pre ďalšie vzdelávanie učiteľov fyziky a taktiež pre každého záujemcu o životné prostredie.

## Obsah

1. Meranie spotreby energie .....	3
2. Koľko elektriny spotrebujeme? .....	5
3. Pohotovostný režim – stand by .....	8
4. Koľko platíme za elektrickú energiu .....	10
4.1 Faktúra za elektrinu .....	11
5. „Najhladnejší“ spotrebič .....	12
6. Skúmanie energetickej účinnosti domácnosti .....	13
6.1 Šetríte alebo plýtvate? .....	15
7. Určenie účinnosti spotrebiča pri varení čaju .....	16
8. Domáce spotrebiče a ich elektrické vlastnosti .....	19
Literatúra .....	22

**Titul:** Školské experimenty s meračom spotreby elektrickej energie.

**Autor:** doc. RNDr. Ján Degro, CSc.

**Vydanie:** Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Košice 2009

Učebný text bol spracovaný v rámci projektu KEGA č. 3/5272/07

## 1. Meranie spotreby energie

Spotrebu energie v bytových jednotkách meriame prístrojom, ktorý sa volá **elektromer**. Jeden z druhov elektromerov, ktoré sa dnes nachádzajú v bytovkách a domoch, je na obr.1. Elektromer zaznamenáva spotrebu elektrického prúdu, a teda aj elektrickú prácu v kilowatthodinách (kWh). Stručne, ale nesprávne hovoríme o spotrebe elektrického prúdu v „kilovathodinách“ a elektromer nazývame „elektrické hodiny. Spotreba elektrického prúdu (správne elektrickej práce, energie) za mesiac resp. rok sa vypočíta tak, že sa od hodnoty údajov elektromeru v určitom mesiaci odčíta údaj elektromeru z predošlého mesiaca resp. roka.

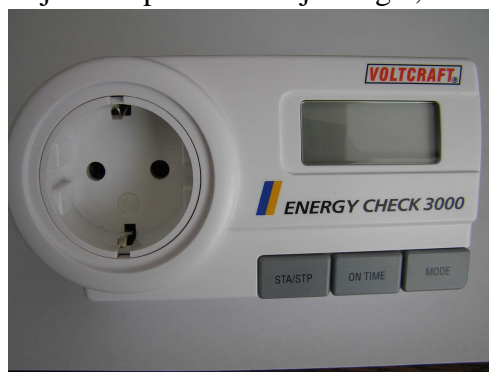


Obr.1 Elektromer.

Základnou súčasťou elektromeru je malý „elektromotorček“, ktorého rýchlosť otáčania sa mení v závislosti na veľkosti prechádzajúceho prúdu. Čím väčší prúd prechádza elektromerom, tým rýchlejšie sa stáča elektromotorček a teda aj kotúč pod číselníkom elektromera (žiaci sa môžu o tom presvedčiť doma zapínaním rôznych spotrebičov). Počet otáčok zaznamenáva počítadlo elektromeru. Počítadlo je zostrojené z úzkych valčekov s vyznačenými číslami, ktoré v štyroch čiernych poliach udávajú jednotky, desiatky, stovky a tisíce spotrebovaných kilowatthodín a v jednom, niekedy dvoch červených poliach vpravo desatiny a stotiny kilowatthodiny. Posledný dielik je rozdelený na menšie dieliky, tie predstavujú spotrebu tisíciny kilowatthodiny alebo jednej watthodiny (pri dvoch červených poliach).

Pre meranie spotreby elektrickej energie v experimentoch, ktoré navrhujeme, by bolo použitie bytového elektromera trochu nepraktické (napr. nikto nesmie používať spotrebiče počas vašich experimentov, elektromer je na chodbe, v domoch je vonku v rozvodnej skrini). Preto navrhuje pre experimenty použiť prístroje Energy Check 3000 (obr.2) a Energy Logger 3500 (obr.3) (resp. iné dostupné). Vyhnite sa veľmi lacným prístrojom, sú poruchové a okrem toho nemerajú režim standby, často merajú až od 5 až 6W.

Merací prístroj **Energy Check 3000** (EC 3000) je určený pre meranie príkonu a spotreby elektrických spotrebičov [2]. Prístroj vypočíta aj cenu spotrebovanej energie, ak mu zadáte platnú tarifu. Zadať možno dve tarify I a II (tarifa – cena za jednu kilowatthodinu napr. 0,25 Euro/kWh). Všetky merané údaje sa zobrazujú na displeji. Merací rozsah EC 3000 je od 1,5 W do max. 3000W. EC 3000 je napájaný striedavým napätím 230V a pracuje bez batérii. Ukladanie údajov ja realizuje pomocou pamäte EPROM, preto údaje ostanú i pri výpadku napájania zachované. Manipulácia s prístrojom je jednoduchá, pomocou troch tlačidiel. Presnosť:  $\pm 1\%$   $\pm 1W$  (max  $\pm 2\%$  a  $\pm 2W$  pre meranie do 2500W;  $\pm 4\%$  pre meranie nad 2500W). Maximálny prúd 13A, maximálny príkon 3000W.



Obr.2 Energy Check 3000.

Merací prístroj **Energy Logger 3500** (EL 3500) zobrazuje na prehľadnom displeji všetky dostupné údaje pre daný spotrebič: napätie (V), prúd (A), frekvenciu siete (Hz), typ spotrebiča (odporová resp. kapacitná záťaž), činný výkon (W), zdanlivý výkon (VA), činiteľ výkonu ( $\cos \text{PHI}$ ), celkovú spotrebu energie (kWh), náklady (cena podľa zadanej tarify I alebo II - cost), dobu záznamu (REC-time), prevádzková doba (On-time), rozpočet nákladov na mesiac a na rok, zobrazenie času a dátumu a zobrazenie veľkosti pamäte [3].

Merací prístroj má jednu internú pamäť pre uloženie dát s kapacitou až do 6 mesiacov. Na displeji sa zobrazuje údaj o voľnom mieste v %. Ak klesne táto hodnota na 2% začne zobrazenie MEM blikať. Vtedy je treba data vymazať, alebo preniesť na SD kartu (prístroj má bočný port pre CD kartu). Kapacita pamäti SD karty má byť najmenej 512 MB, max. 2GB, doporučuje sa 1GB.



Obr.3 Energy Logger 3500.

Pred prvým uvedením prístroja do prevádzky je potrebné vložiť do meracieho prístroja udržiavaciu batériu (je priložená pri zakúpení). Prístroj sa ovláda jednoducho, intuitívne pomocou štyroch tlačidiel.

K prístroju EL3500 sa dodáva aj software na CD. Program sa nazýva **EnergyLogger Viewer**, pomocou ktorého možno nielen prezerat' namerané údaje na SD karte, ale aj zobraziť časové závislosti merania spotreby pre jednotlivé spotrebiče a pod. Možno pohodlne meniť mierku grafov. Merané údaje a zobrazené grafy možno uložiť na disk počítača. Grafy možno v prípade potreby aj vytlačiť. Grafy zobrazené na monitore počítača resp. vytlačené možno použiť pri aktivite čítanie z grafov. Inštalácia programu je jednoduchá. Spustením príkazy setup.exe sa program nainštaluje a tiež vytvorí ikonu na ploche pomocou ktorej sa spúšťa program. Program možno spustiť aj z príslušného adresára príkazom EnergyLoggerViewer.exe.



Energy Log.lnk

### Poznámka:

- Prístroje EC3000 a EL3500 možno získať na drese [www.conrad.sk](http://www.conrad.sk).
- K prístrojom je potrebné zakúpiť elektrickú prevodku západná – východná norma.

## 2. Koľko elektriny spotrebujeme?

**Motivácia:** V súčasnej dobe sa v každej domácnosti nachádza mnoho elektrických spotrebičov. Tieto prístroje nám nielen pomáhajú, ale aj spríjemňujú chvíle oddychu. Avšak na to, aby mohli prístroje pracovať a spríjemňovať život musia odoberať zo siete elektrickú energiu (elektrinu), za ktorú musíme zaplatiť. Veľká spotreba energie má na nás dvojaký dopad:

- *Za prvé:* Ak spotrebujeme veľa elektrickej energie, budeme platiť veľké poplatky za elektrinu a tým nám ostane menej peňazí na ostatné životné náklady.
- *Za druhé:* Ak spotrebujeme veľa elektrickej energie, „spotrebujeme“ veľa surovín, z ktorých sa elektrická energia získava (u neobnoviteľných zdrojov energie) a taktiež elektrárne vyprodukurujú viac látok znečisťujúcich životné prostredie.

Aby sme ukázali súvislosť medzi každodenným životom a fyzikou v tematickom celku Elektrina môžeme v zmysle vyššie povedaného diskutovať so žiakmi nasledovné otázky napr.: Viete, koľko energie spotrebujú jednotlivé domáce spotrebiče počas jedného použitia, za týždeň, mesiac, alebo za rok? Viete, od čoho závisí spotreba energie elektrického spotrebiča? Viete, ktorý spotrebič u vás doma spotrebuje najviac energie za mesiac? Viete, akú spotrebu energie majú spotrebiče, ktoré používate vo svojej detskej izbe? Viete, koľkými percentami sa podieľa vaša detská izba (resp. spotrebiče v detskej izbe) na spotrebe energie v celej domácnosti? Viete, koľko elektrickej energie spotrebuje vaša rodina za mesiac, rok? Viete, koľko zaplatila vaša rodina za elektrinu za minulý rok? Viete, koľko platíte mesačne preddavok za elektrinu? Viete, kde sa nachádza vo vašom dome, resp. byte merač spotreby elektrickej energie? Odčítavali ste už niekedy spotrebu elektrickej energie? V akých jednotkách to bolo? Poznáte jednotkovú cenu za elektrickú energiu? Ako by ste zistili cenu elektrickej energie a domácu spotrebu? Čo si myslíte: šetríte doma elektrickú energiu?

**Teória:** Elektrina je forma energie. To znamená, že vieme urobiť to, aby pre nás pracovala. Elektrina je veľmi užitočný druh energie, pretože môže byť ľahko premenená na iný druh energie napr. na svetlo, teplo, zvuk alebo na pohyb.

Elektrické spotrebiče premieňajú energiu. Koľko energie premienia, závisí od toho, na ako dlho ich zapneme a taktiež na tom, ako rýchlo premieňajú energiu. To, ako rýchlo niečo premieňa energiu nazývame *príkón* ( $P$ ). Príkón  $P$  sa meria vo *wattoch* ( $W$ ). Príkón udáva každý výrobca jednak na štítku výrobku, jednak v návode.

*Množstvo elektrickej energie (elektriny)  $E$* , ktorú sme spotrebovali, vypočítame násobením príkonu  $P$  v kilowattoch a času  $t$  v hodinách

$$E = P \cdot t, \quad [E] = \text{kW} \cdot \text{h} = \text{kWh} \quad (1)$$

Tento výpočet dáva jednotku energie v kilowatthodinách (kWh). Normálna jednotka energie je joule (J). Pretože 1 joule je veľmi malá jednotka, spotrebu elektrickej energie v bytoch nemeríme v jouloch, používame kilowatthodiny, kWh (1 kWh = 3 600 000 J =  $3,6 \cdot 10^6$  J).

**Pomôcky:** ENERGY CHECK 3000 (alebo iný prístroj, ktorý meria príkón), domáce spotrebiče a návody k nim, počítač, tabuľkový kalkulátor MS Excell

**Realizácia experimentu:** Postupujte podľa pokynov v tomto pracovnom liste a podľa návodov k spotrebičom, s ktorými budete pracovať. Dbajte na bezpečnosť pri práci s elektrickými spotrebičmi.

**Domácnosť** (meno): .....

**Dátum:** .....

- Tabuľku 1 s potrebným počtom riadkov vytvorte v tabuľkovom kalkulátore MS Excell.
- Do prvého stĺpca tabuľky 1 doplňte domáce spotrebiče, ktoré máte doma.
- Do druhého stĺpca napíšte svoj odhad príkonu  $P_o$  spotrebičov v kW.
- Do tretieho stĺpca tabuľky uveďte hodnotu príkonu  $P_e$  získanú experimentom, taktiež v kW. Príkon jednotlivých prístrojov zmerajte prístrojom ENERGY CHECK 3000 (obr. 1). Postupujte podľa návodu k prístroju (Pozor na bezpečnosť pri práci!).
- Do štvrtého stĺpca napíšte dobu  $t$  používania spotrebiča. Dobu  $t$  odhadnite ako priemernú dobu používania spotrebiča počas jedného týždňa.
- V piatom stĺpci vypočítajte, pre každý spotrebič, spotrebu elektriny – elektrickej energie  $E_t$  počas jedného týždňa podľa vzťahu (1). Počítajte s hodnotou príkonu  $P_e$ .
- V šiestom stĺpci vypočítajte, pre každý spotrebič, spotrebu elektriny za rok  $E_r$ .
- Vypočítajte celkovú spotrebu elektriny vašej domácnosti za rok:  $E_c = \dots\dots\dots$  (súčet hodnôt v šiestom stĺpci).
- V siedmom stĺpci vypočítajte koľkými percentami z celkovej spotreby elektriny sa podieľajú jednotlivé prístroje na celkovej spotrebe elektriny.



Obr.1 Energy Check 3000.

Tabuľka 1.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Domáci spotrebič	$P_o$ (kW) Odhad	$P_e$ (kW) Experiment	$t$ (h) Za týždeň	$E_t$ (kWh) Za týždeň	$E_r$ (kWh) Za rok	$\frac{E_r}{E_c} \cdot 100$ (%)

**Analýza výsledkov:**

- Porovnajte váš odhad príkonu s experimentálnou hodnotou pre každý spotrebič.
- Na prázdne miesto uveďte spotrebiče s najväčšou a najmenšou spotrebou elektriny:
  - Najviac elektriny spotrebuje.....
  - Najmenej elektriny spotrebuje.....
- Na základe tabuľky 1 analyzujte situáciu v spotrebe elektrickej energie u vás doma a navrhnete úsporné opatrenia. Situáciu diskutujte nielen s učiteľom v škole, ale aj s členmi vašej rodiny.

**Poznámka:** Pri výpočte ceny energie počítajte s cenou platnou od 1.januára 2008. Pri sadzbe ŠTANDARD MAXI je to 4,20 SKK/kWh s DPH (3,53 SKK/kWh bez DPH). Táto sadzba je vhodná pre odberné miesta, ktorých spotreba elektriny je vyššia ako 1296 kWh za rok (rodinné domy, byty s bežnými elektrickými spotrebičmi, ktoré nemajú elektrické vykurovanie).

**Miesto pre vaše poznámky:**

### 3. Pohotovostný režim – stand by

**Motivácia:** Viete, že prístroje môžu spotrebúvať elektrinu, aj keď nepracujú? Myslíte, že máte doma takéto prístroje? Podľa čoho ich môžete rozoznať? Viete o tom, že existujú prístroje, ktoré spotrebúvajú elektrinu, aj keď nepracujú a nemajú režim stand by?

**Teória:** Mnohé elektrické prístroje, majú režim „stand by“. Ide o *pohotovostný režim*, ktorý je určený pre prístroje riadené diaľkovými ovládačmi. Väčšinu takýchto prístrojov nemožno po pripojení sieťovej šnúry do siete (na napätie 230 V) úplne vypnúť. Príkion týchto prístrojov v režime stand by je malý, ale nepretržitý. Prístroje v tomto režime poznáme podľa toho, že prístroj má kontrolku (LED diódu), ktorá stále svieti a upozorňuje nás, že prístroj je stále pod napätím.

Existujú prístroje, ktoré spotrebúvajú elektrinu, aj keď nepracujú a nemajú režim stand by. Sú to prístroje, ktoré majú vypínač až za transformátorom (v obvode sekundárnej cievky), nie pred. Teda ak vypneme prístroj takýmto vypínačom, rozpojíme obvod s nižším napätím (už transformované napätie napr. 3 V, alebo 9 V), nie napätie 230 V. V takejto situácii ide transformátor naprázdno.

#### Úloha 1:

- Tabuľku 2 s potrebným počtom riadkov vytvorte s tabuľkovom kalkulátore MS Excell.
- Do tabuľky 2 napíšte spotrebiče, ktoré máte doma a ktoré majú režim stand by.
- Prístrojom ENERGY CHECK 3000 zmerajte príkon jednotlivých domácich spotrebičov v režime stand by,  $P_{sb}$ , a potom počas prevádzky,  $P_{pr}$ . Údaje zapíšte do tabuľky 2.
- Vypočítajte koľko percent tvorí príkon v režime stand by  $P_{sb}$  z celkového príkonu počas prevádzky  $P_{pr}$ . (štvrtý stĺpec tabuľky).
- Do vedľajších stĺpcov 5. a 6. doplňte pre každý spotrebič vypočítanú spotrebu elektriny (elektrickej energie)  $E_{sb}$  a *cenu*, v režime stand by, počas jedného roka.
- Vypočítajte celkovú spotrebu elektriny vašej domácnosti v režime stand by  $E_{csb}$ =..... (súčet položiek 5. stĺpca) a taktiež **celkovú cenu:** ..... (súčet položiek 6. stĺpca) za elektrinu v režime stand by.

Tabuľka 2.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
Domáci spotrebič	Stand by $P_{sb}$ (W)	Prevádzka $P_{pr}$ (W)	$\frac{P_{sb}}{P_{pr}} \cdot 100$ (%)	$E_{sb}$ (kWh) Za rok	Cena <sub>sb</sub> SKK Za rok



**Analýza výsledkov:**

- Porovnajte spotrebu elektriny v režime stand by  $E_{\text{csb}}$  s celkovou spotrebou  $E_c$ .
- Na prázdne miesto uveďte spotrebiče s najväčšou a najmenšou spotrebou elektriny v režime stand by:
  - najviac elektriny spotrebuje.....rok výroby:.....
  - najmenej elektriny spotrebuje.....rok výroby:.....
- Na základe tabuľky 2 navrhните úsporné opatrenia.

**Úloha 2:** Použitím prístroja ENERGY CHECK zistite, ktoré prístroje u vás doma spotrebávajú elektrinu, aj keď sú vypnuté vypínačom. Údaje zapíšte do vami navrhnutej tabuľky. Vypočítajte ich spotrebu za jeden rok.

**Miesto pre vaše poznámky:**

## 4. Koľko platíme za elektrickú energiu

**Motivácia:** Mesačná platba za elektrinu (elektrickú energiu) tvorí významnú položku rodinného rozpočtu. Väčšie sú iba platby za dodané teplo (niekedy aj za teplú úžitkovú vodu - TUV). Vedeli by ste skontrolovať ročné vyúčtovanie za elektrickú energiu, t. j. faktúru za elektrinu? Rozumeli by ste údajom, ktoré sú v nej uvedené? Vedeli by ste skontrolovať, či sú výpočty správne? Viete, aká organizácia vytvára faktúru za elektrinu?

**Aktivita:** Práca s faktúrou.

- Vypýtajte si od rodičov faktúru za elektrinu. Prezrite si ju.
- Na prázdne miesto nad tabuľkou 1 napíšte chýbajúce údaje.
- Na prázdne miesto v tabuľke 1 napíšte odpovedajúce hodnoty, ktoré ste zistili z faktúry.
- Kalkulačkou prepočítajte údaje uvedené kurzívou v tabuľke 1.
- Prekontrolujte výpočet preplatku, resp. nedoplatku. Použite tabuľku 2.

Odberateľ: ..... Miesto spotreby:.....

Číslo elektromera:.....

Fakturačné obdobie:..... Sadzba:.....

Tabuľka 1. (\* znamená násobenie)

<i>Tarifa (T)</i> <i>Mesačná platba (MP)</i>	Počiatkový stav elektromera (kWh)	Konečný stav elektromera (kWh)	<i>Spotreba v kWh</i>	SKK/kWh	<i>Cena za spotrebu v SKK</i>
T					
MP.....*12/365*.....dni	-	-	-	-	
T					
MP.....*12/365*.....dni	-	-	-	-	
<i>Súčet za miesto spotreby (Elektrina celkom)</i>					

(štyri riadky potrebujete, ak bola raz v roku zmenená cena energie a platby, ináč stačia dva riadky)

Tabuľka 2.

Názov položky	Daňový základ SKK	DPH (%)	DPH SKK	Celkom s DPH SKK
Elektrina celkom				+
Fakturované celkom				+
Zaplatené preddavkové platby				-
<b>Preplatok / Nedoplatok</b>				- / +

**Poznámka:**

Ak máte doma merač aj pre nízku tarifu elektrického prúdu (tzv. nočný prúd), potom je potrebné tabuľku rozšíriť o riadky pre nočný prúd.

## 4.1 Faktúra za elektrinu

### FAKTÚRA ZA ELEKTRINU DAŇOVÝ DOKLAD

 Východoslovenská  
energetika a.s.

Odberateľ:

Peter Nový

4100029220

Pod lípami 21  
04011Košice

Vaše zákaznické číslo

**MOO 5100052088**

uvádzajte vždy pri kontakte s nami

Konštantný symbol **0008** Variabilný symbol **4100029220**

Fakturačné obdobie	Dátum zdaniteľného plnenia	Dátum vystavenia	Dátum splatnosti	Číslo daňového dokladu
09.01.2003 - 02.01.2004	02.01.2004	12.01.2004	27.02.2004	5210703233

Názov položky	Danový základ (SKK)	DPH (%)	DPH (SKK)	Čelkom s DPH (SKK)
Elektrina celkom	7.101,17	14	994,20	8.095,37
Haliarové vyrovnanie	41,80	19	7,90	49,70
Došlé platby				-0,07
				-9.350,00
<b>PREPLATOK</b>				<b>-1.205,00</b>

Preplatok bude realizovaný prostredníctvom platobného dokladu SIPO v položke 'FAKTÚRA EL'.  
V súlade s faktúrovanou spotrebou Vám upravujeme preddavkové platby na nasledujúce obdobie.

Rozpis a splatnosť preddavkových platieb pre všetky miesta spotreby na nasledujúce obdobie v SKK											
Dátum	27.02.2004	31.03.2004	30.04.2004	31.05.2004	30.06.2004	30.07.2004	31.08.2004	30.09.2004	29.10.2004	30.11.2004	31.12.2004
Čiastka	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00

Zmluva/Miesto spotreby: 71986 / Čordákova 21, 040 11 Košice

Číslo elektromera	Tarifa	Počiatkový stav	Konečný stav	Násobiteľ	Spotreba kWh	Sadzba	SKK/kWh	SKK
Obdobie: 09.01.2003 - 31.12.2003 Automat.vypočítané pri čas.rozlišení - Odhad								
69262334	VYSOKÁ	15.177	16.949	1.0	1772	D3	3,10	5.493,20
Stály plat 137,00 SKK * 12 / 365 * 357 dní								1.607,97
Obdobie: 01.01.2004 - 02.01.2004 Periodický odpočet - VSE								
69262334	VYSOKÁ	16.949	16.959	1.0	10	D3	3,20	32,00
Stály plat 149,00 SKK * 12 / 365 * 2 dni								9,80
<b>Súčet za miesto spotreby</b>								<b>7.142,97</b>

  
Ing. Monika Švecová  
vedúci úseku Domácností  
Východoslovenská energetika a.s.

#### Upozornenie pre odberateľa:

Pri platbe uvádzajte vždy variabilný symbol.

V prípade nejasností uvedených údajov nás prosím kontaktujte na tel.čísle:055-6101911.

Peňažný záväzok je splnený pripísaním sumy peňažného záväzku na účet veriteľa.

Od 1.1.2004 je platná 19% DPH ako pripočítateľná položka k cene elektriny.

Východoslovenská energetika a.s., Mlynská 31, 042 91 Košice, Obchodný register Okresného súdu Košice I, oddiel Sa, vložka 1203/V  
 IČO: 36211222      DIČ: 0036211222/695      Č.úctu: 4350099416/3100  
 Tel: 055-6101911      e-mail: info@vse.sk      www. vse.sk  
 Fax: 055-6101975      Tlačový doklad: 1145652840



## 5. „Najhladnejší“ spotrebič

**Motivácia:** V domácnosti máte veľa elektrických spotrebičov. Každý z nich má však inú spotrebu elektriny. Viete povedať, ktorý spotrebič u vás doma spotrebuje najviac elektriny, „je najhladnejší“?

**Pomôcky:** ENERGY CHECK 3000 (alebo iný prístroj, ktorý meria príkon), domáce spotrebiče a návody k nim, počítač, tabuľkový kalkulačtor MS Excell

**Realizácia experimentu:** Postupujte podľa pokynov v tomto pracovnom liste a podľa návodov k spotrebičom, s ktorými budete pracovať. Pozor: Dbajte na bezpečnosť pri práci s elektrickými spotrebičmi!

### Aktivity:

- Tabuľku 3 s potrebným počtom riadkov si vytvorte v tabuľkovom kalkulačtore MS Excell.
- Doplníte do tabuľky spotrebiče, ktoré máte doma.
- Príkon uvedených prístrojov, počas prevádzky, zmerajte prístrojom ENERGY CHECK 3000 (alebo iným prístrojom, alebo ho zistíte z návodu k spotrebiču).
- Kvôli porovnávaniu spotreby elektriny spotrebičov, predpokladajte dobu používania 1 hodinu.
- Vypočítajte spotrebu elektriny pre každý prístroj v kWh.
- Vypočítajte celkové náklady na prevádzku spotrebiča počas jednej hodiny.

Tabuľka 3.

Domáci spotrebič	Príkon v kW	Doba používania (h)	Spotrebovaná energia v kWh	Celkové náklady v SKK s DPH
		1		
		1		
		1		
		1		
		1		
		1		
		1		
		1		
		1		
		1		

- Na základe údajov z tabuľky 3 vypočítajte, koľko stojí fénovanie vlasov, sledovanie televízneho programu večer, počúvanie relácie v rádiu, jedno pranie, upečenie koláča v elektrickej rúre, surfovanie po internete a pod.
- Na základe tabuľky 3 doplníte prázdne miesto: najdrahšie je použitie ....., a najlacnejšie je použitie.....

### Poznámky:

Pri výpočte ceny energie počítajte s cenou platnou od 1.januára 2008. Pri sadzbe ŠTANDARD MAXI je to 4,20 SKK/kWh s DPH (3,53 SKK/kWh bez DPH). Táto sadzba je vhodná pre odberné miesta, ktorých spotreba elektriny je vyššia ako 1296 kWh za rok.

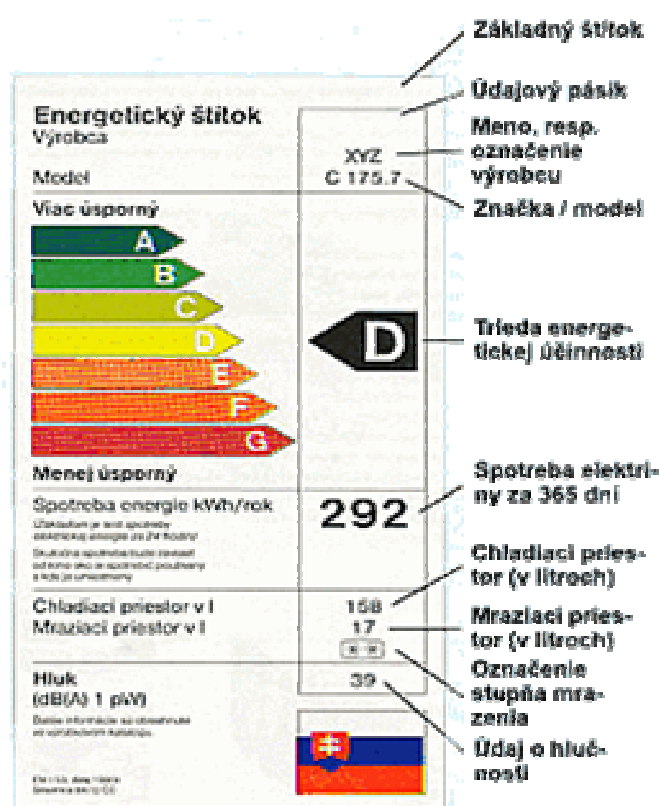
## 6.Skúmanie energetickej účinnosti domácnosti

**Motivácia:** Upozorňujú vás doma rodičia, aby ste šetrili elektrinu (elektrickú energiu)? Zamysleli ste sa niekedy nad tým, prečo by ste mali šetriť elektrinu? Čo si myslíte, šetria vaši rodičia elektrinu?

**Teória:** Šetrenie energie pomáha životnému prostrediu redukováním emisií CO<sub>2</sub> a taktiež šetrí naše peniaze. Ak nebudeme redukovat' emisie, globálne otepľovanie môže viesť k zmene klímy.

Jednou z ciest ako ušetriť elektrickú energiu, je kúpiť si domáci spotrebič, ktorý je energeticky úsporný. O energetickej úspornosti výrobku sa dozvieme z energetickeho štítku (Obr.1).

Prístroje možno podľa účinnosti premeny elektrickej energie zaradiť do energetickej triedy A (najúspornejši, najúčinnější) až G (najmenej úsporný).



Obr. 1 Energetický štítok.

### Aktivita:

- Do prvého stĺpca tabuľky napíšte názvy elektrických spotrebičov, ktoré používate doma (počet riadkov prispôbte situácii).
- Do druhého stĺpca zapíšte príkon spotrebiča. Príkon určte, buď experimentálne prístrojom na meranie príkonu (Energy Check 3000), buď zo štítku výrobku, alebo z návodu k prístroju.
- V treťom stĺpci odhadnite dobu prevádzky (chodu) každého spotrebiča v priebehu jedného týždňa a zapíšte ju do tabuľky.
- Vypočítajte spotrebu elektriny v kWh za rok pre každý prístroj. Údaje zapíšte do tabuľky.

## Experimenty s meračom spotreby energie

- U spotrebičov s režimom stand-by určte experimentálne ich príkon v tomto režime. Potom vypočítajte spotrebu energie za rok. Údaje zapíšte do tabuľky.
- U prístrojov s režimom stand-by porovnajte spotrebu energie počas prevádzky so spotrebou počas režimu stand-by pre obdobie jedného roka.

1	2	3	4	5	6	7
Elektrický prístroj	Príkon počas prevádzky	Doba používania počas týždňa	Spotreba elektriny za rok	Príkon počas stand-by	Spotreba elektriny za rok stand-by	$\frac{ E_{pp} - E_{sb} }{E_{pp}}$
	$P_{pp}$ (kW)	$t$ (h)	$E_{pp}$ (kWh)	$P_{sb}$ (W)	$E_{sb}$ (kWh)	x100 (%)
			$\sum_{i=1}^n E_{pp} =$		$\sum_{i=1}^n E_{sb} =$	

- Do nasledujúcej tabuľky prepíšte údaje, z predchádzajúcej tabuľky, pre spotrebu energie za rok pre každý spotrebič pre režim prevádzka a pre režim stand-by. Vypočítajte koľko zaplatíte za elektrinu za rok pre jednotlivé prístroje a celkovo. Cenu energie za jednu kilovathodinu zistíte z faktúry za elektrinu.

Elektrický prístroj	$E_{pp}$ kWh/rok	Cena (SKK)	$E_{sb}$ kWh/rok	Cena (SKK)

- Analyzujte predchádzajúce tabuľky z hľadiska spotreby energie a ceny ktorú zaplatíte. Ktorý prístroj spotrebuje najviac a ktorý najmenej elektriny? Výsledky analýzy diskutujte v skupinách, a potom s učiteľom a rodičmi.
- Navrhните, ako by ste mohli ušetriť elektrickú energiu u vás doma. Diskutujte s učiteľom a rodičmi.

### 6.1 Šetríte alebo plýtvate?

- Nájst' odpoveď na otázku, či šetríte, alebo plýtvate energiou, vám odhalí vyplnenie nasledovnej tabuľky:

Otázka	ÁNO	NIE
Nechávate svetlá zasvietené, keď odídete z izby?		
Nechávate TV v stave stand-by?		
Naplníte kanvicu po vrch, keď varíte kávu?		
Častejšie sa kúpete ako sprchujete?		
Robíte krátke výlety autom častejšie ako peši alebo na bicykli		

- Ak označíte niekde áno, potom plýtvate energiou!

#### Poznámka:

- O vyplnenie tabuľky požiadajte všetkých členov vašej rodiny. O výsledku jednoduchej ankety informujete členov rodiny.
- Tabuľky vytvorte v tabuľkovom kalkulátore napr. MS Excell.

**Miesto pre vaše poznámky:**

## 7. Určenie účinnosti spotrebiča pri varení čaju

**Pomôcky:** Elektrická kanvica, plynový šporák, niekoľko hrncov rôzneho tvaru, voda, teplomer (najlepšie digitálny s presnosťou  $0,1^{\circ}\text{C}$ , napr. DET1R), Energy Check (EC) 3000, stopky.

**Teória:** Domáce elektrické spotrebiče premieňajú elektrickú energiu, ktorá do nich vstupuje na iné formy energie, ktoré z neho vystupujú, resp. prístroj koná prácu. Charakteristickým znakom domácich spotrebičov je, že pracujú s určitou účinnosťou  $\eta$ . Účinnosť udáva, aká časť energie vchádzajúcej do spotrebiča ( $Q_{in}$ ) sa premení na požadovanú formu energie ( $Q_{out}$ ), resp. prácu, ktorú chceme. Ostatná energia sa premení na iné, v danom momente nežiadúce formy energie. Táto energia sa stráca bez využitia.

Účinnosť  $\eta$  sa definuje vzťahom

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}}, \quad \text{alebo} \quad \eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \cdot 100\% \quad (1), (2)$$

Účinnosť  $\eta$  vypočítaná podľa vzťahu (1) je vždy menšia ako číslo jedna, keďže  $Q_{in} > Q_{out}$ . Účinnosť vypočítaná podľa (2) sa udáva v percentách a je menšia ako 100%.

Jedným zo spotrebičov, s relatívne vysokou účinnosťou, je varná kanvica. Účinnosť kanvice vypočítame podľa vzťahu (1) alebo (2), pričom:

- Za  $Q_{in}$  dosadíme veľkosť energie, ktorú prístroj spotreboval počas privedenia vody do varu. Túto energiu určíme pomocou vzťahu

$$Q_{in} = P \cdot \tau, \quad (3)$$

kde  $P$  je príkon kanvice a  $\tau$  je doba zohrievania. Prístroj EC3000 priamo odmeria  $Q_{in}$ .

- Za  $Q_{out}$  dosadíme veľkosť energie, ktorú potrebujeme dodať vode na jej privedenie do varu. Túto energiu vypočítame podľa vzťahu známeho z termodynamiky

$$Q_{out} = m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (4)$$

kde  $m$  je hmotnosť vody v kanvici,  $c$  je merné teplo vody (hmotnostná tepelná kapacita),  $t_1$  je začiatočná teplota a  $t_2$  – teplota varu vody.

Účinnosť kanvice  $\eta$ , pri uvedení vody do varu, vypočítame zo vzťahu, ktorý dostaneme dosadením vzťahov (3) a (4) do (1) resp. (2)

$$\eta = \frac{mc(t_2 - t_1)}{P\tau} \quad \text{resp.} \quad \eta = \frac{mc(t_2 - t_1)}{Q_{in}}. \quad (5), (6)$$

(Vzťah (6) použijeme, ak máme k dispozícii prístroj EC3000).

Pri varení čaju na plynovom sporáku, vypočítame  $Q_{in}$  podľa vzťahu

$$Q_{in} = VP \cdot (V_2 - V_1), \quad (7)$$

kde,  $VP$  je výhrevnosť zemného plynu,  $V_1$  a  $V_2$  sú údaje z merača spotreby plynu v  $\text{m}^3$ , pred meraním a po experimente. Výhrevnosť zemného plynu suchého je  $31000\text{--}38000 \text{ kJ/m}^3$ . Počítajte so strednou hodnotou  $34500 \text{ kJ/m}^3$ .

**Realizácia experimentu:** Účinnosť varenia čaju realizujeme v dvoch krokoch:

- pomocou elektrickej kanvice (obr. 2) a
- pomocou plynového sporáku.



*Krok 1: Varenie čaju pomocou kanvice.*

*Príprava prístroja EC3000 pre meranie: (Upozornenie: Pri týchto experimentoch dodržujte pravidlá bezpečnosti pri práci s elektrickými zariadeniami). Zapojte prístroj do zásuvky na napätie 230V. Po jeho zapojení sa rozsvieti display a tlačidlá sa stanú aktívnymi. Pomocou tlačidiel zadajte do registra prístroja aktuálnu cenu elektrickej energie za 1 kWh. Takto pripravený prístroj vám po zapnutí spotrebiča pripojeného na sieťové napätie, cez EC3000, ukáže priamo veľkosť spotreby elektrickej energie v kWh a náklady za spotrebovanú elektrinu v SKK (obr.3). Pred každým meraním vynulujte obsah pamäte, postup v návode k prístroju.*

*Meranie účinnosti: Do kanvice nalejte také množstvo vody, aby ste mohli do nej ponoriť teplomer a pohodlne odčítať teplotu vody. Kanvicu pripojte na sieťové napätie 230V pomocou prístroja Energy Check 3000 (Obr.2). Pred zapnutím kanvice zmerajte teplotu vody  $t_1$ . Potom zapnite kanvicu. Keď voda v kanvici začne vriieť, zmerajte teplotu varu vody  $t_2$ . Z prístroja EC3000 odčítajte spotrebovanú energiu a cenu (obr.3). Údaje zapíšte na prázdne miesto:*

Merná tepelná kapacita vody:  $c = \dots\dots\dots$

Hmotnosť vody (1 l = 1 kg):  $m = \dots\dots\dots$

Začiatková teplota vody:  $t_1 = \dots\dots\dots$

Teplota varu vody:  $t_2 = \dots\dots\dots$

Spotrebovaná energia:  $Q_{in} = \dots\dots\dots$

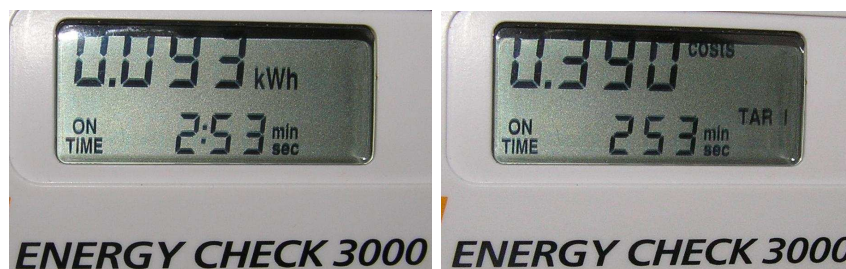
Náklady za elektrinu: Cena =  $\dots\dots\dots$

Účinnosť varenia čaju vypočítajte podľa vzťahu

$$\eta = \frac{mc(t_2 - t_1)}{Q_{in}} =$$



Obr.2 EC3000, Kanvica.



Obr. 3 Vľavo spotreba energie, vpravo náklady.

**Miesto na poznámky:**

*Krok 2: Varenie čaju pomocou plynového sporáku.*

Môžete použiť to isté množstvo vody. Vodu nalejte do hrnca. Zmerajte teplotu vody  $t_1$ . Odčítajte údaj z plynomera  $V_1$ . Zapáľte plyn. Hrnec postavte na sporák. Keď voda začne vriieť, zmerajte teplotu varu vody  $t_2$  a potom vypnite plyn. Odčítajte údaj z plynomera  $V_2$ . Cenu za  $\text{m}^3$  plynu určte z faktúry za plyn. Údaje zapíšte na prázdne miesto:

Merná tepelná kapacita vody:  $c = \dots\dots\dots$

Hmotnosť vody:  $m = \dots\dots\dots$

Výhrevnosť plynu:  $VP = \dots\dots\dots$

Počiatočná teplota vody:  $t_1 = \dots\dots\dots$

Počiatočný stav plynomeru:  $V_1 = \dots\dots\dots$

Teplota varu vody:  $t_2 = \dots\dots\dots$

Počiatočný stav plynomeru:  $V_1 = \dots\dots\dots$

Spotrebovaná energia:  $Q_{in} = VP \cdot (V_2 - V_1) = \dots\dots\dots$

Cena za plyn:  $Cena = \dots\dots\dots$

Účinnosť varenia čaju vypočítajte podľa vzťahu  $\eta = \frac{mc(t_2 - t_1)}{Q_{in}} =$

**Záver:** Porovnajte účinnosť varenia čaju oboma metódami.

**Poznámka:**

- Podobný prístroj vám zapožičajú VSE (Východoslovenské elektrárne) na určitú dobu.
- Výhrevnosť suchého zemného plynu je  $3100\text{-}3800 \text{ kJ/m}^3$ . Počítajte s hodnotou  $3450 \text{ kJ/m}^3$ .

## 8. Domáce spotrebiče a ich elektrické vlastnosti

### Motivácia:

Elektrické domáce spotrebiče, z hľadiska spotreby energie, charakterizujú tieto elektrické veličiny (elektrotechnické parametre): napájacie napätie, prechádzajúci prúd, činný výkon, zdanlivý výkon a účinník.

Doma máte veľa elektrických spotrebičov. Pozreli ste si v návodoch k nim okrem návodov na použitie aj ich technické parametre? Ak doma rodičia kúpia nový spotrebič, pozriete si v návode okrem návodu na použitie aj technické parametre prístrojov? Vedeli by ste povedať, aké prúdy prechádzajú spotrebičmi a s akou účinnosťou pracujú?

### Teória:

Výkon konštantného prúdu  $I$  vo vodiči (spotrebiči), na ktorého koncoch je napätie  $U$ , vyjadříme nasledovne:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2,$$

kde  $R$  kde odpor vodiča. Uvedené vzťahy pre výkon elektrického prúdu vyjadrujú *príkon spotrebiča*. **Príkon spotrebiča**  $P_0$  je mierou elektrickej energie odobranej spotrebičom za 1s. **Výkon spotrebiča**  $P$  je mierou práce, ktorú spotrebič vykoná za 1 s.

Podiel výkonu  $P$  a príkonu  $P_0$  udáva účinnosť spotrebiča:

$$\eta = \frac{P}{P_0} \quad \text{resp.} \quad \eta = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%$$

Pretože  $P < P_0$ , je  $\eta < 1$ , resp.  $\eta < 100\%$ . Napr. účinnosť žiarovky je asi 10%, tzn. že iba 10% elektrickej energie odobranej zo siete, sa premení na energiu svetla (požadovaná energia). Ostatná energia sa premení na teplo.

Stredný výkon striedavého harmonického prúdu v obvode s ľubovoľnou impedanciou  $Z$  je určený vzťahom

$$P = U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \varphi,$$

kde  $U_{ef}$  je efektívna hodnota harmonického napätia,  $I_{ef}$  je efektívna hodnota harmonického prúdu,  $\varphi$  je fázový posun medzi prúdom a napätím a  $\cos \varphi$  je **účinník**. Fyzikálny význam účinníka spočíva v tom, že udáva účinnosť prenosu energie zo zdroja do spotrebiča. Účinník môže mať hodnotu v intervale od 0 do 1.

Výkon  $P$  označujeme ako **činný výkon** harmonického prúdu. Je to časť výkonu, ktorej odpovedá premena elektrickej energie prúdu na vnútornú energiu obvodu alebo užitočnú prácu. Činný výkon závisí od hodnoty účinníka  $\cos \varphi$ . Jednotkou činného výkonu je watt.

Veličina  $P_z = U_{ef} \cdot I_{ef}$  sa nazýva

**zdanlivý výkon**. Jednotkou zdanlivého výkonu v praxi je V·A. Zdanlivý výkon určuje maximálnu hodnotu činného výkonu pre  $\cos \varphi = 1$ . Na túto hodnotu musí byť príslušná časť obvodu dimenzovaná.

### Pomôcky:

Domáce spotrebiče, Energy Logger 3500



**Aktivita 1: Elektrické parametre prístrojov.**

**Realizácia experimentu.**

- Merač spotreby energie Energy Loger 3500 zapojte do zástrčky na striedavé napätie 230V (Dbajte pritom na bezpečnosť pri práci!).
- Domáce spotrebiče, ktoré budete premeriavať, zapojte na sieťové napätie cez prístroj EL3500.
- Do prvého riadku tabuľky napíšte domáce spotrebiče, ktoré používate doma.
- Do druhého riadku zapíšte prevádzkové napätie,  $U$  (V), na svorkách spotrebiča.
- Do tretieho riadku zapíšte prevádzkový prúd,  $I$  (A), prechádzajúci spotrebičom.
- Na prázdne miesto zapíšte frekvenciu,  $f$  (Hz) striedavého napätia.
- Činný výkon  $P$  (W) zaznamenajte do 4 riadku.
- Zdanlivý výkon  $P_z$  (AV) zaznamenajte do 5 riadku.
- Účinník  $\cos \varphi$  zapíšte do 6 riadku.
- Z hodnoty  $\cos \varphi$  vypočítajte fázový posun medzi prúdom a napätím,  $\varphi$ , riadok 7.

$f = \dots\dots\dots$  Hz

1	2	3	4	5	6	7
Domáci spotrebič	$U$ (V)	$I$ (A)	$P$ (W)	$P_z$ (A·V)	$\cos \varphi$	$\varphi$ ( ° )

**Analýza výsledkov**

- Porovnajte vlastnosti jednotlivých prístrojov z hľadiska veľkosti prúdu. Ktoré sú najnebezpečnejšie?
- Na základe hodnôt  $U$ ,  $I$  a  $\cos \varphi$  prepočítajte kalkulačkou, u vybraných prístrojov, experimentálne hodnoty činného a zdanlivého výkonu.
- V tabuľke označte prístroje s najväčším a najmenším účinníkom.
- V tabuľke vyznačte prístroje u ktorých je najväčší fázový posun medzi  $U$  a  $I$ .

**Aktivita: Závislosť príkonu spotrebiča od času.**

**Realizácia experimentu:**

- Urobte si zoznam domácich spotrebičov, u ktorých sa uplatňuje počas ich prevádzky (činnosti) regulácia termostatom (napr. chladnička, žehlička) alebo programom (napr. práčka).
- Na prázdne miesto nakreslite kvalitatívne, aký bude podľa vás priebeh závislosti príkonu spotrebiča  $P$  od času  $t$ ,  $P(t)$ , spotrebičov s termostatom resp. programátorom.
- Odhadnite príkony spotrebičov pre jednotlivé činnosti. Hodnoty zaznačte na grafe  $P(t)$ .

*Predpoklad závislosti  $P(t)$ :*

Chladnička:



Práčka:



Elektrická rúra:



Žehlička:



- Pre každý spotrebič zo zoznamu, ktorý ste si urobili vyššie, zmerajte závislosť  $P(t)$  počas jeho prevádzky.
- Dáta preneste z vnútornej pamäte EL3500 na SD kartu.
- Dáta s SD karty preneste do počítača.
- Spustíte program Energy Logger View. V programe si otvorte súbor s nameranými hodnotami,  $(P_i, t_i)$ , a zobrazte ich graficky na obrazovke počítača. Závislosti  $P(t)$  uložte na disk počítača ako obrázok.
- Grafy vytlačte vo formáte A4 a použite ich ako prílohu k referátu.

**Analýza experimentálnych výsledkov:**

- Porovnajte vaše predpoklady a odhady s experimentálnymi závislosťami.
- Priradte jednotlivým experimentálnym priebehom na grafe činnosť prístroja.
- Do vami navrhnutej tabuľky zapíšte činnosť a k nej odpovedajúci príkon.
- Odčítajte na grafe maximálny príkon počas prevádzky. Akej činnosti prislúcha?
- Pomocou grafu určte spotrebu elektrickej energie. Vypočítajte náklady.

**Poznámka:** Merania realizujte aj na iných prístrojoch, ktoré máte doma. Výsledky pre prístroje, ktoré nemajú vaši spolužiaci, diskutujte so spolužiakmi.

## **Literatúra**

- [1] Návod k prístroju Energy Check 3000, Voltcraft, Conrad Nemecko, 2006.
- [2] Návod k prístroju Energy Logger 3500, Voltcraft, Conrad Nemecko, 2007
- [3] Degro, J.: Environmentálne vzdelávanie vo vyučovaní fyziky, PF UPJŠ Košice 2006.
- [4] David Glover, Jean Martin: Physics, Cambridge 2006.
- [5] VSE Košice RWE Group: Prehľad sadzieb a cien elektriny pre domácnosti, Košice 2008
- [6] Kolektív. Matematické, fyzikálne, chemické tabuľky. SPN Bratislava. 1974.
- [7] Stavíme a bývame s Filipom. Energetické centrum Bratislava.
- [8] Degro, J., Müller, E.: Elektrická energia a domácnosť I, Fyzikálne listy, MFF Univerzita Komenského Bratislava, r. XII, č. 1., 7-9, 2008
- [9] Degro, J.: Elektrická energia a domácnosť II, Fyzikálne listy, MFF Univerzita Komenského Bratislava, r.13, č.2, 7-9, 2008
- [10] Degro, J., Müller, E.: Spotreba energie v domácnosti. Matematika, Fyzika a Informatika r.18, Pormetheus Praha 2008.
- [11] [www.e-filip.sk](http://www.e-filip.sk)
- [12] <http://exphys.science.upjs.sk/degro/pokus/pokusy.html>