

OSNOVNA ŠOLA GUSTAVA ŠILIHA VELENJE  
VODNIKOVA 3, 3320 VELENJE

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**ŽARNICA JE PRETEKLOST, ZDAJ JE TU VARČNA SIJALKA**

Tematsko področje: FIZIKA

Avtor:  
Luka Gortan, 9. razred

Mentorica:  
mag. Anita Povše

Velenje, 2010

Raziskovalna naloga je bila opravljena na OŠ Gustava Šiliha Velenje in na Oddelku za fiziko na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru.

Mentorica: mag. Anita Povše

Datum predstavitve:

### **KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD Rn

KG varčna sijalka / žarnica / prihranek energije / spektrometer / lux meter

AV GORTAN, Luka

SA POVŠE, Anita ment.

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA OŠ Gustava Šiliha Velenje

LI 2010

IN **ŽARNICA JE PRETEKLOST, ZDAJ JE TU VARČNA SIJALKA**

TD Raziskovalna naloga

OP VI, 45 s., 2 tab., 14 sl., 16 gr., 10 ref.

IJ SL

JI sl

AI Naloga opisuje razliko med navadno žarnico in varčno sijalko. Ugotavlja dobre in slabe strani navadnih žarnic in varčnih sijalk ter opredeljuje potrošnjo energije in stroške razsvetljave za OŠ Gustava Šiliha Velenje za obe varianti – varčne sijalke in navadne žarnice.

Praktični del obsega štiri sklope, od tega so trije sklopi meritev, četrti pa je izračun. Prvi sklop meritev predstavlja merjenje svetilnosti navadnih žarnic in sijalk, kjer je mogoče ugotoviti, da varčne sijalke in navadne žarnice svetijo z enako močjo. Drugi sklop predstavlja meritve svetlobnih spektrov na spektrometru Tristan. Ugotovljeno je, da so spektri zelo različni med seboj. Tretji sklop prikazuje merjenje temperature, ki jo oddaja varčna sijalka, navadna žarnica, LED dioda in halogenska žarnica. Meritve kažejo, da navadna žarnica pretvori le 10% električne energije v svetlobo, ostalih 90% pa v toploto, kar pomeni izgubo. Zadnji sklop predstavlja izračun porabe električne energije in stroškov nakupa varčnih žarnic in sijalk za razsvetljavo na OŠ Gustava Šiliha Velenje v časovnem obdobju enega leta in osmih let. Ugotovitve so presenetljive, saj je kljub višjim stroškom nabave varčnih sijalk cena razsvetljave ob uporabi sijalk bistveno nižja od stroškov, ki jih imamo z nabavo in ceno porabljene električne energije pri navadnih žarnicah. Razlika v obdobju osmih let je 11.000 €, kar ni zanemarljiva vsota.

## **KAZALO VSEBINE**

<i>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</i> .....	<i>III</i>
<i>KAZALO VSEBINE</i> .....	<i>IV</i>
<i>KAZALO SLIK</i> .....	<i>V</i>
<i>KAZALO TABEL</i> .....	<i>V</i>
<i>KAZALO GRAFOV</i> .....	<i>VI</i>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2 PREGLED OBJAV</b> .....	<b>2</b>
2.1 VRSTE ŽARNIC.....	2
2.2 OPIS VARČNIH SIJALK .....	3
2.2.1 Zgodovina varčnih sijalk.....	4
2.2.2 Sevalna moč in spekter svetlobe.....	5
2.2.3 Barva in temperatura svetlobe, ki jo oddajajo sijalke .....	6
2.2.4 Faktor barvne reprodukcije .....	8
2.2.5 Pogosto prižiganje in ugašanje varčnih sijalk .....	9
2.2.6 Varčne sijalke in skrb za okolje ter zdravje .....	9
2.2.7 Razlika med varčnimi sijalkami in navdnimi žarnicami .....	10
2.3 LED DIODE.....	11
2.4 SPEKTROMETER .....	13
2.5 LUX METER .....	14
<b>3 METODE DELA</b> .....	<b>16</b>
3.1 MERJENJE SVETILNOSTI .....	16
3.2 MERJENJE SPEKTROV .....	18
3.3 MERJENJE TEMPERATURE ŽARNIC .....	19
3.4 IZRAČUN PRIHRANKA .....	19
<b>4 REZULTATI Z INTERPRETACIJO</b> .....	<b>20</b>
4.1 REZULTATI MERJENJA SVETILNOSTI.....	20
4.2 REZULTATI MERITEV S SPEKTROMETROM .....	28
4.3 MERITVE TEMPERATURE .....	35
4.4 IZRAČUN PRIHRANKA ENERGIJE.....	36
<b>5 RAZPRAVA</b> .....	<b>38</b>
<b>6 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>42</b>
<b>7 POVZETEK</b> .....	<b>43</b>
<b>8 ZAHVALA</b> .....	<b>44</b>
<b>9 LITERATURA</b> .....	<b>45</b>

## **KAZALO SLIK**

SLIKA 1: ZGRADBA NAVADNE ŽARNICE (NAVADNA ŽARNICA, 2009).....	3
SLIKA 2: OBLIKE VARČNIH SIJALK (KLASIČNE ŽARNICE ..., 2010).....	4
SLIKA 3: SPEKTRA, KI JU SEVATA ŽARNICA (2800 K) IN SONCE (5600 K) STA PODOBNA, LE FREKVENČNO PREMAKNJENA (KLASIČNE ŽARNICE ..., 2010).....	5
SLIKA 4: SPEKTER ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA (VPLIV SVETLOBE..., 2010).....	7
SLIKA 5: PRIMER EMBALAŽE VARČNE SIJALKE (KLASIČNE ŽARNICE..., 2010).....	8
SLIKA 6: SPEKTER VARČNE SIJALKE V PRIMERJAVI S SPEKTROM SONCA (KLASIČNE ŽARNICE..., 2010).....	11
SLIKA 7: LED DIODE (LED ŽARNICE, 2010). ....	12
SLIKA 8: SLIKA SPEKTROMETRA TRISTAN (FOTO: L. GORTAN).....	14
SLIKA 9: Z LUX METROM LAHKO MERIMO SVETILNOST ŽARNIC (FOTO: B. GORTAN). ....	15
SLIKA 10: PRIPRAVA LUX METRA (FOTO: B. GORTAN).....	17
SLIKA 11: IZVAJANJE MERITEV Z LUX METROM (FOTO: B. GORTAN).....	17
SLIKA 12: MERJENJE SPEKTROV RAZLIČNIH ŽARNIC S POMOČJO SPEKTROMETRA TRISTAN (FOTO: B. GORTAN). ....	18
SLIKA 13: MERJENJE TEMPERATURE ŽARNIC S POMOČJO ALKOHOLNEGA TERMOMETRA (FOTO: B. GORTAN).....	19
SLIKA 14: VARČNA SIJALKA OSRAM, KI JO JE PREJELO VSAKO GOSPODINJSTVO (TIHEC, 2010). ....	41

## **KAZALO TABEL**

TABELA 1: DELITEV VARČNIH SIJALK GLEDE NA SPEKTER OZIROMA BARVO SVETLOBE, KI JO ODDAJAJO (KLASIČNE ŽARNICE..., 2010).....	8
TABELA 2: PRIMERJAVA LASTNOSTI IN CEN NEKATERIH VARČNIH SIJALK (TIHEC, 2010). ....	40

## **KAZALO GRAFOV**

GRAF 1: SVETILNOST NOVE 20 W VARČNE SIJALKE GENERAL ELECTRIC. ....	20
GRAF 2: SVETILNOST VARČNE SIJALKE GENERAL ELECTRIC, 20 W, STARE 12 MESECEV.....	21
GRAF 3: SVETILNOST NOVE VARČNE SIJALKE, GENERAL ELECTRIC, 15 W. ....	22
GRAF 4: SVETILNOST RABLJENE VARČNE SIJALK, GENERAL ELECTRIC, 15 W. ....	23
GRAF 5: SVETILNOST NOVE VARČNE SIJALKE, PILLA, 14 W. ....	24
GRAF 6: SVETILNOST 2 LETI STARE VARČNE SIJALKE PILLA, 14 W. ....	25
GRAF 7: SVETILNOST NOVE NAVADNE ŽARNICE OSRAM, 100 W.....	26
GRAF 8: NOVA NAVADNA ŽARNICA OSRAM 75W.....	27
GRAF 9: HALOGENSKA ŽARNICA TAKOJ PO VKLOPU, 2 MINUTI PO VKLOPU, 3 MINUTE PO VKLOPU. .....	28
GRAF 10: LED DIODA TAKOJ PO PRIŽIGU, PO DVEH MINUTAH, PO TREH MINUTAH.....	29
GRAF 11: NAVADNA ŽARNICA TAKOJ PO PRIŽIGU, PO DVEH MINUTAH, PO TREH MINUTAH. ....	30
GRAF 12: OSRAM COLD WHITE 8W TAKOJ OB PRIŽIGU, PO DVEH MINUTAH, PO TREH MINUTAH. .....	31
GRAF 13: OSRAM COLD WHITE 18W TAKOJ PO VŽIGU, PO DVEH MINUTAH, PO TREH MINUTAH. ....	32
GRAF 14: OSRAM WARM LIGHT 14 W TAKOJ PO PRIŽIGU, PO DVEH MINUTAH, PO TREH MINUTAH. .....	33
GRAF 15: OSRAM, WL 18 W TAKOJ PO PRIŽIGU, PO DVEH MINUTAH, PO TREH MINUTAH. ....	34
GRAF 16: TEMPERATURE RAZLIČNIH ŽARNIC PO DOLOČENEM ČASU. ....	35

## 1 UVOD

Edison je leta 1879 izumil prvo uporabno žarnico z ogleno nitko in ji dal današnjo obliko. Nedolgo zatem so začeli graditi elektrarne, v New Yorku pa uvajati električno razsvetljavo. Edison je s svojim izumom močno prispeval k prihodu električne dobe. V Sloveniji je prva žarnica zagorela tri leta po Edisonovem izumu na Kongresnem trgu v Ljubljani leta 1881, nato pa dve leti kasneje še v Mariboru.

Vendar pa je v zadnjem času pričela navadno žarnico izpodrivati varčna sijalka. V zadnjih sto letih je navadna žarnica človeku olajšala življenje. S pomočjo razsvetljave si je človek lahko podaljšal delovni dan in tako imel več svetlobe, ko jo je potreboval. A v današnji skrbi za okolje in zavedanju o nujnosti varčevanja z energijo, je pričela navadno žarnico izpodrivati varčna sijalka. Ker ima varčna sijalka manjšo porabo energije kot navadna žarnica me je zanimalo, kakšen bi bil tako denarni kot energijski prihranek, če bi na naši šoli zamenjali vse navadne žarnice z varčnimi sijalkami. Varčna sijalka ima določene prednosti in slabosti, npr. ima nizko porabo električne energije in oddaja približno enako močno svetlobo kot navadna žarnica, vendar je zelo draga in vsebuje majhno količino živega srebra. Nakup varčne sijalke je dražji, vendar le-ta gori do 8 krat dlje od navadne žarnice.

Vsa ta dejstva so me pripeljala do želje po natančnejšem raziskovanju varčnih sijalk. Z raziskovalno nalogo sem želel ugotoviti, prednosti in slabosti varčnih sijalk v primerjavi z navadnimi žarnicami.

### HIPOTEZE:

- Varčna sijalka oddaja manj toplote od navadne žarnice.
- Varčna sijalka sveti močneje od navadne žarnice.
- Navadne žarnice stanejo več od varčnih sijalk.
- Varčne sijalke so zdravju nevarne.
- Varčne sijalke so nevarne očem zaradi poudarjenega belega spektra.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 VRSTE ŽARNIC

Na našem tržišču lahko najdemo več različnih vrst žarnic, ki jim je z izjemo varčnih sijalk skupno to, da oddajajo svetlobo z žarenjem, medtem ko varčne sijalke oddajajo svetlobo zaradi sevanja in jih zato tudi imenujemo sijalke.

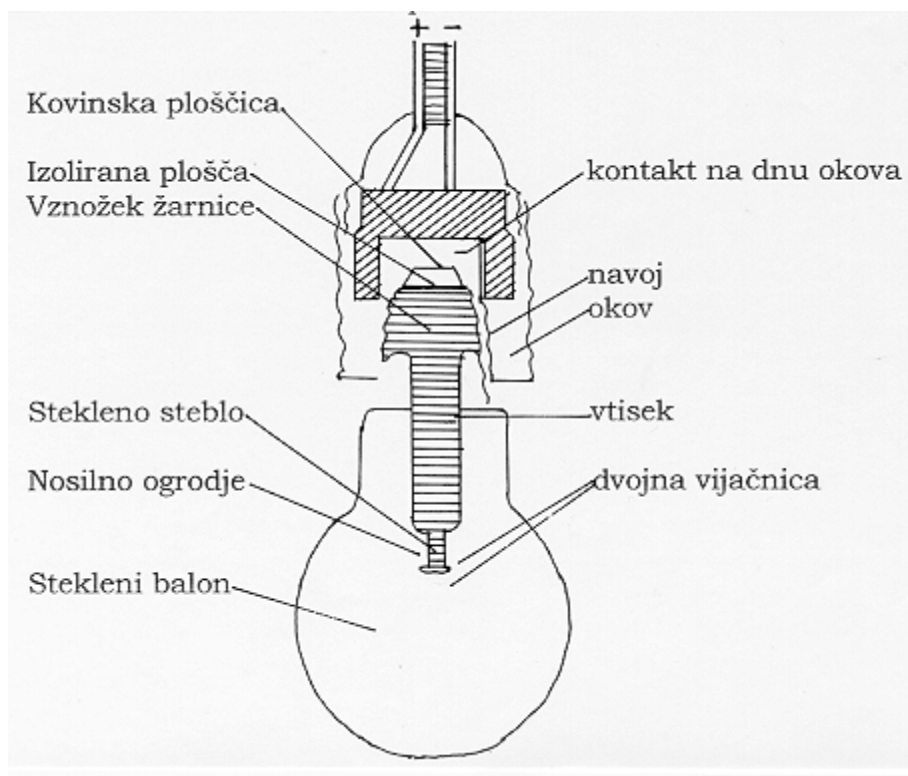
Vrste žarnic, ki se najpogosteje uporabljajo:

- Klasične žarnice na žarilno nitko: to so žarnice, kjer volframovo (kovinsko) nitko segrevamo s pomočjo električnega toka v prozorni stekleni bučki, v kateri je vakuum. V nekaterih primerih je v bučki kombinacija žlahtnih plinov, da žarilna nitka ne pregori.
- Halogenske žarnice: so žarnice, kjer volframovo nitko obdajajo poleg žlahtnih plinov (kripton, ksenon) tudi halogeni plini (fluor, krom, brom, jod).
- Fluorescenčne sijalke: poznamo jih pod imenom neonke, kar je zmotno, saj niso polnjene z neonom, pač pa z živosrebrno paro in imajo življenjsko dobo nad 24.000 ur in so seveda zato tudi dražje
- Varčne sijalke: po letu 1970 so raziskovalci odkrili novo sijalko, ki v nasprotju z drugimi žarnicami ne oddaja svetlobe z žarenjem, pač pa s sevanjem in imajo 10.000 ur življenjske dobe.
- LED diode so korak naprej v energijski varčnosti, vendar jim nekateri očitajo, da niso primerne za razsvetljavo bivalnih prostorov, saj je njihova svetilnost premajhna. Njihova prednost je izredno dolgo delovanje, večinoma do 50 000 ur, torej do 15 let in bodo verjetno v prihodnosti pomembne pri razvoju žarnic.

Žarilna nitka v navadni žarnici je narejena iz volframa, ki ima zelo visoko tališče in se ne raztopi. V steklenem balonu, kot vidimo na sliki 1, je plin, najpogostejši je argon, ki preprečuje da bi žarilna nitka prehitro pregorela. Žarilna nitka sveti zato, ker se upira pretoku električne energije. Čim večji je upor, bolj svetlo gori žarilna nitka. Močnejše žareče žarnice



porabijo več energije od tistih, ki svetijo šibkeje. Srednje močna žarnica ima električno moč okrog 60 W (Ardley s sod., 1990).



Slika 1: Zgradba navadne žarnice (Navadna žarnica, 2009).

## 2.2 OPIS VARČNIH SIJALK

Varčna sijalka je sestavljena iz kovinskega vratu in steklenega balona, ki je okrepljen s plastičnim slojem na vrhu, znotraj pa je premazan s fosforjem. V balonu je plin, največkrat argon, ki pomaga pri oddajanju svetlobe. Elektroni z manjšo energijo pri trku z atomi plina predajo del svoje energije atomom in jim tako povečajo hitrost gibanja. Ta proces vodi le do povišanja temperature v cevi in je pravzaprav kriv za toplotne izgube v sijalki. Hitrejši elektroni ionizirajo nevtralne atome plina; iz njih izbijajo elektrone in s tem močno povečajo število nosilcev naboja v cevi. Atom brez enega elektrona postane pozitivno nabiti ion, ki se zaradi električnega polja giblje po cevi. Izbiti elektron se giblje v nasprotni smeri in pri tem izbija še druge atome. V kratkem času se zaradi tega plazovitega pojava močno poveča število nosilcev naboja, zaradi česar se poveča tudi električni tok skozi cev. Da tok ne naraste preveč (to bi pomenilo kratek stik), je v vezje vključena tudi dušilka. Elektroni z ravno pravšnjo energijo ob trku z atomom živega srebra oddajo svojo energijo enemu od elektronov v lupini

atoma. Pri tem elektron preskoči z nižjega energijskega nivoja na višjega. Atom je tako vzbujen in postane nestabilen. Čez kratek čas se elektron vrne na prvotni energijski nivo, razliko v energiji pa odda kot UV svetlobo. Ta svetloba se širi v vseh smereh po notranjosti cevi in naposled prispe do svetleče snovi na notranji površini steklene cevi. Zaleti se v atom fosforja in v njem na višji energijski nivo prestavi enega od elektronov. Vzburjeni atomi fosforja pri prehodu v osnovno stanje oddajajo svetlobo v vidnem delu spektra, ki nato izstopi skozi stekleno steno cevi.



Slika 2: Oblike varčnih sijalk (Klasične žarnice ..., 2010).

Varčne sijalke najdemo v različnih oblikah in velikostih od hruškastih do paličastih oblik. Svetijo lahko z belo (mrzlo) ali bolj rumenkasto (toplo) svetlobo. Za prostore, kjer se najbolj nahajamo je najbolj primerna topla svetloba, saj je očem bolj prijazna. Kjer potrebujemo veliko »močne« svetlobe, pride prav sijalka z mrzlo svetlobo, saj bolj osvetli prostor.

### ***2.2.1 Zgodovina varčnih sijalk***

Po letu 1970 so raziskovalci pričeli razvijati novo vrsto žarnic, ki v nasprotju s prejšnjimi žarnicami ne oddajajo svetlobe z žarenjem, ampak s sevanjem. Pomenijo revolucionarno novost, saj so energetske izredno učinkovite.

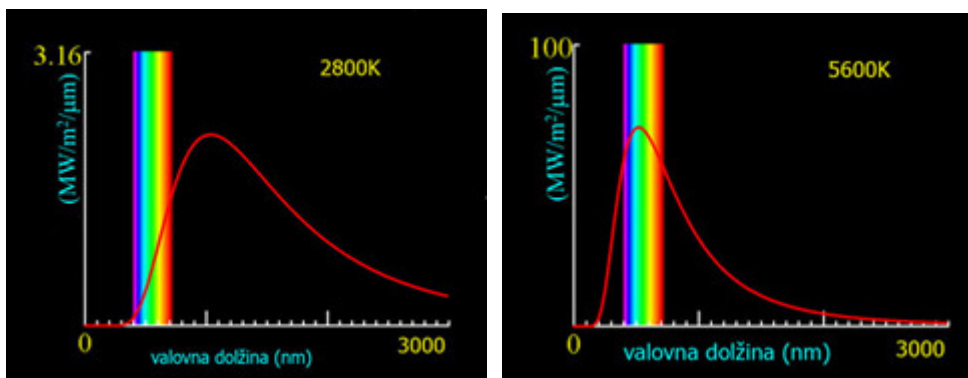
V primerjavi s klasičnimi žarnicami so njihove bistvene prednosti:

- življenjska doba, ki znaša okrog 8.000 ur (pri klasični žarnici le 1.000 ur),

- 20 vatna varčna sijalka proizvede toliko svetlobe kot 100 vatna klasična žarnica, torej je poraba energije petkrat manjša,
- proizvaja manj toplote, in sicer varčna sijalka pretvori v svetlobo 50 % energije, ostalih 50 % energije pa pretvori v toploto. Navadna žarnica v svetlobo pretvori le 10 % energije in ostalih 90 % v toploto.

### 2.2.2 Sevalna moč in spekter svetlobe

Svetilo oddaja svetlobno moč, ki pada s kvadratom razdalje od svetila. Svetlobna moč je pri sevanju črnega telesa porazdeljena med vsemi frekvencami (ali valovnimi dolžinami). Koliki del te moči je znotraj opazovane frekvenčne širine (ali npr. med dvema opazovanima valovnima dolžinama, ki se razlikujeta za 1 $\mu$ m), nam pove spekter svetlobe.



Slika 3: Spektra, ki ju sevata žarnica (2800 K) in sonce (5600 K) sta podobna, le frekvenčno premaknjena (Klasične žarnice ..., 2010).

V primeru sveče (1800 K) je vrh spektra sevane svetlobe izrazito premaknjen proti večjim valovnim dolžinam, torej proti infrardečemu delu spektra. Valovne dolžine vidne svetlobe, ki so na grafih so označene kot mavrica, prispevajo le majhen del moči k celotni izsevani moči (Klasične žarnice ..., 2010).

Slika je nekoliko bolj ugodna pri sevalni temperaturi 2800 K, vendar še vedno je pretežni del spektra na področju infrardeče svetlobe. Poudarjen je rdeči del spektra.

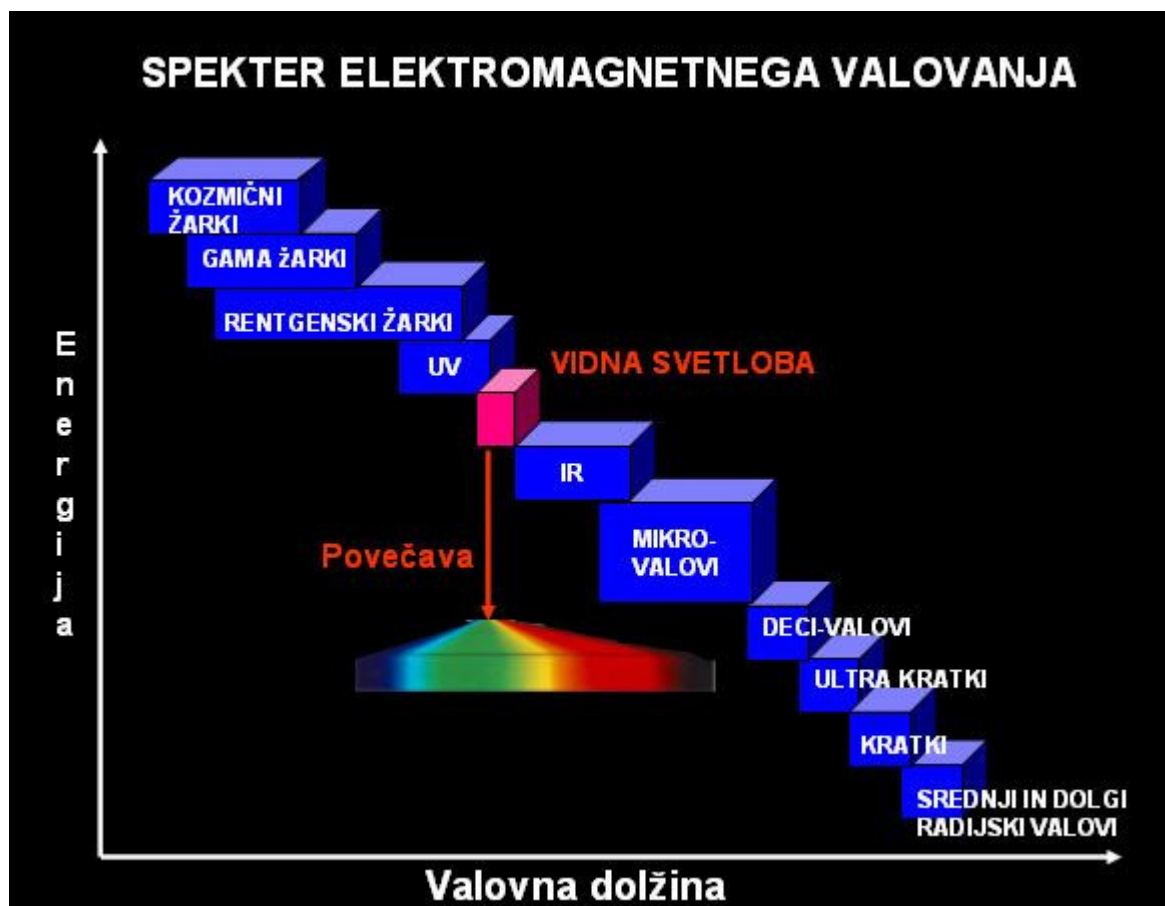
V primeru sevalne temperature 5600 K se vrh spektra sevane svetlobe pokrije s spektrom vidne svetlobe. Spektralni izkoristek je kar 76 %. Svetloba je enaka svetlobi, ki jo daje sonce. To je tudi svetloba, na katero je prilagojeno naše oko (Klasične žarnice ..., 2010).

Svetilo (žarnica ali sijalka), ki nam da tak spekter svetlobe (ali vsaj podoben), se imenujejo svetilo s polnim spektrom (Full Spectrum Light, True Light, Vita Light). Poleg polnega spektra vidne svetlobe vsebuje tudi zdravi nivo UV žarkov. Kot nadomestek ali dopolnitev sončne svetlobe deluje antidepresivno, omogoča dobro počutje in ustvarjalno delo. Vsi imamo izkušnjo, da se bolje počutimo v sončnem poletnem dnevu kot v mračnem dnevu jeseni (Klasične žarnice ..., 2010).

### ***2.2.3 Barva in temperatura svetlobe, ki jo oddajajo sijalke***

Sijalke vsebujejo pline na osnovi živega srebra – gre za živosrebrno paro, ki oddaja ultravijolično svetlobo, to pa s praški na notranji strani stekla spremenimo v vidni del spektra in dosežemo različne barvne svetlobe. Praški, ki jih pri tem uporabljamo, so tri vrste: za modro, zeleno in rdečo svetlobo. Glede na razmerje med praški lahko ustvarimo bolj toplo ali bolj hladno svetlobo. V očeh imamo samo tri vrste čutnih celic, in sicer za zaznavanje modre, rdeče in zelene barve. Če so vsi trije receptorji enako vzburjeni, so količine posameznih praškov, ki jih naneseemo v cev varčne sijalke enake in takrat vidimo belo svetlobo. Če je več modrega praška, bo svetloba bolj hladno bela. Če je več rdečega praška, bo svetloba toplejša. Z mešanjem modre in zelene dobimo svetlobo turkizne barve, zelene in rdeče rumeno svetlobo in rdeče in modre svetlobo magenta oziroma vijoličaste barve.

Vidni spekter svetlobe je le ozek pas (od približno 400 do 800 nm) v celotnem obsegu elektromagnetnega valovanja. Energija elektromagnetnega valovanja ( $E$ ) je obratno sorazmerna z valovno dolžino ( $l$ ). Radijski valovi imajo veliko valovno dolžino in nizko energijo, zato niso škodljivi celicam živih organizmov. Uporabljamo jih za brezžični prenos podatkov. Rentgenski in gama žarki zaradi škodljivosti niso primerni v te namene (Vpliv svetlobe..., 2010).



Slika 4: Spekter elektromagnetnega valovanja (Vpliv svetlobe..., 2010).

Sijalka torej lahko oddaja različne svetlobe. Na škatli sijalke piše, če je sijalka topla (warm white), hladna (cold white) ali dnevna (day light). Natančnejši podatki so napisani v obliki številke, ki povejo, kakšna je kakovost svetlobe in barvna temperatura. Če je na škatli napisana številka 827, to pomeni naslednje: prva številka 8, ki ji dodamo eno ničlo, pove, kolikšen je odstotek barvne reprodukcije, torej 80 %. Drugima številkama dodamo dve ničli in dobimo barvno temperaturo: 2700 kelvinov. Višja, kot je temperatura, bolj je svetloba modra in hladna. Za domačo uporabo je najboljša sijalka z barvno temperaturo 2700 do 3000 kelvinov, ker oddaja toplo svetlobo.

Tabela 1: Delitev varčnih sijalk glede na spekter oziroma barvo svetlobe, ki jo oddajajo (Klasične žarnice..., 2010).

Vrsta sijalke	Ekvivalentna barvna temperatura v Kelvinih
Topla bela (Warm White)	2700
Hladna bela (Cool White)	4100
Običajna bela (Triten)	5000
Sijalka s polnim spektrom (Full Spectrum)	5500
Dnevna svetloba (Daylight)	6500



Slika 5: Primer embalaže varčne sijalke (Klasične žarnice..., 2010).

#### 2.2.4 Faktor barvne reprodukcije

To je faktor, izražen v odstotkih, ki pove, kako kakovostno vidimo barve predmetov ali prostorov, ki jih sijalka osvetljuje. Sijalke z visokimi faktorji so dražje, vendar je njihova uporaba bolj priporočljiva, ker so bolj kakovostne. Večji kot je faktor, bolj realne barve bomo videli. To pomeni, da različne faktorje barvne reprodukcije zelo učinkovito uporabljajo v trgovinah. Oblačila, na primer, so v trgovini drugačne barve, kot doma ali na dnevni svetlobi. Na oddelke s kruhom vgrajujejo svetilke z zelo toplo barvo, ker ta poudari želeno barvo kruha. Naredi ga toplega, čeprav ni. V ribarnici, kjer so ribe na ledu, pa uporabljajo hladno belo svetlobo, celo nekoliko modro. Tudi zlatarji rumeno zlato osvetlijo s toplo rumeno barvo,

belo zlato in srebro pa s hladno, da poudarijo njihov videz. Drage kamne osvetlijo s svetlečimi diodami, da v kristalu odseva tisoče svetlobnih virov in je videti diamant odlično brušen. Če bi uporabili toplo belo svetlobo, bi se čar ostrih robov izgubil. Topla bela namreč zmehta linije in je vse videti bolj okroglo.

### **2.2.5 Pogosto prižiganje in ugašanje varčnih sijalk**

Cenejše sijalke potrebujejo več časa, da se segrejejo. Potrebujejo kar 5 do 7 minut, da dosežejo nazivni svetlobni tok, kar pomeni, da oddaja toliko svetlobe, kot je na njih napisano. Za prostore, kot so hodniki, stranišča, kleti, ki jih običajno zapustimo prej kot v petih minutah, varčne sijalke niso primerne. Škodijo jim pogosti vklopi in izklopi. Uporabne so v prostorih, kjer bodo prižgane tri ure, ne da bi jih vmes ugasnili. Tako bo njihova življenjska doba dosegla 10 do 15 tisoč ur. Če gori 2,7 ure na dan, jo bomo lahko uporabljali do deset let. Njihova življenjska doba je precej različna.

Na trgu so že sijalke, ki imajo zelo hiter vklop, primerljiv z navadno žarnico in niso občutljive na pogosto vklopljanje ter tudi take, ki omogočajo zatemnitev z običajnimi zatemnilniki.

### **2.2.6 Varčne sijalke in skrb za okolje ter zdravje**

Živo srebro, ki ga sijalke vsebujejo, je za okolje škodljivo, uporaba sijalke pa ni nevarna dokler se ne razbije ali odsluži svojemu namenu. Vedeti je treba, da moramo takšno žarnico pravilno reciklirati in zavreči. Uporabnik jo mora obvezno odložiti v za to namenjene zabojnike, ki jih najdemo pri vseh prodajalcih sijalk. Količina živega srebra v sijalkah je sicer minimalna, vendar je že tolikšna, da je nevarna za manjše plenilce, še posebej, če pride živo srebro v stik z morskim ekosistemom. Živo srebro se v tem primeru spremeni v bolj nevarno obliko, ki se nabira v tkivu živali. Največjo vrednost te snovi so našli v tuni, zato je nosečnicam in otrokom priporočeno, naj se izogibajo uživanju te morske specialitete (Kako reciklirati ..., 2010).

Ko varčna sijalka pregori, je ne smemo vreči v smeti, ampak jo moramo pravilno odstraniti. Najboljši način je odlaganje v zbiralne posode za takšne žarnice, ki naj bi jih imele že vse trgovine, ki se ukvarjajo s prodajo sijalk. Lahko preverimo tudi na smetišču, če imajo možnost

zbiranja sijalk. Vsekakor pa moramo izrabljeno sijalko dobro zapreti v plastično vrečko (Kako reciklirati ..., 2010).

- Če se nam zgodi, da se sijalka razbije, moramo upoštevati naslednje:
- Okno moramo odpreti vsaj za 15 minut, da se plini prezračijo.
- Za pobiranje delčkov moramo uporabiti rokavice za enkratno uporabo.
- Razbitih delcev ne smemo sesati ali pometati.
- Razbite delčke s papirjem pobrišemo v plastično vrečko.
- Mesto, kjer je ležala razbita sijalka pomijemo s papirnato brisačo in nato uporabljeno brisačo in rokavice vržemo v plastično vrečko k ostankom sijalke.
- Vrečko moramo odložiti v posebne zbiralne posode (Kako reciklirati ..., 2010).

### ***2.2.7 Razlika med varčnimi sijalkami in navadnimi žarnicami***

Žarnica ima žarilno nitko, ki oddaja svetlobo. Takšni sta halogenska in navadna žarnica. V obeh je volframova nitka; razlika med njima je le, da so v bučki halogenske žarnice halogeni elementi, ki povzročajo vračanje volframa nazaj na nitko. Tako izpari manj volframa in podaljša se življenjska doba, ki je dvakrat daljša od navadne žarnice in poveča njen izkoristek. Sijalke nimajo žarilne nitke, ki bi žarela, temveč je v njih plin, ki sije.

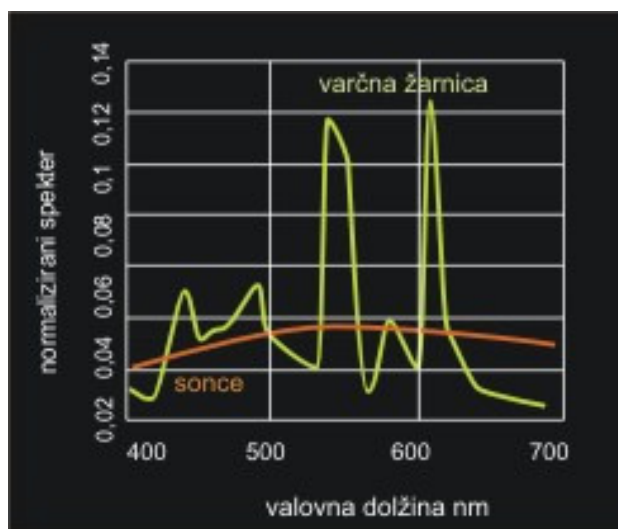
Umetna svetloba, ki jo dajejo navadne in halogenske žarnice, je človeku najbolj prijazna. Ta dva vira sta še najbolj podobna sončni svetlobi. Oba vira, navadne in halogenske žarnice, oddajata toplo belo svetlobo. Pri halogenski je svetloba bolj kristalna, bistra, ker ima več modrega odtenka. Njihova prednost je tudi, da ne vsebujejo ničesar, kar bi imelo vpliv na okolje – lahko jih odvržemo skupaj z drugimi gospodinjskimi odpadki.

Svetloba, ki jo oddajajo varčne sijalke, je topla bela svetloba, lahko pa je tudi hladna bela svetloba ali pa dnevna bela svetloba. Podobno velja za svetleče diode. Za bivalne prostore je najbolj primerna topla bela svetloba. Doma ne potrebujemo zelo močne osvetlitve, razen v kuhinji in morda v pisarni – tam sicer lahko izberemo tudi hladno belo svetlobo.

Poznamo Kruithofovo krivuljo, ki pove, da je pri majhni osvetlitvi bolj ustreza topla bela svetloba, pri veliki osvetljenosti pa bolj hladna bela svetloba. V lepem sončnem vremenu ob 12. uri dobimo z neba hladno modro svetlobo s temperaturo 6000 kelvinov in več. Zvečer, ko



se osvetlitev zmanjša, je svetloba rdeča. Manj ko je osvetljenosti, več rdeče svetlobe potrebujemo in manj modre. V prostorih moramo posnemati zunanjo svetlobo.



Slika 6: Spektar varčne sijalke v primerjavi s spektrom sonca (Klasične žarnice..., 2010).

### 2.3 LED DIODE

Svetlobni tok svetlečih diod ni tako velik kot pri žarnicah in sijalkah. Tehnologija led ima za zdaj dve omejitvi: prav je, da je treba na majhno površino spraviti zadosti energije oziroma moči, kar je težko, ker potrebuje dioda dovolj velik hladilnik, da jo hladi. Drugo je barva svetlobe, ki jo oddaja. Dioda z nam prijazno belo toplo svetlobo imajo za zdaj precej majhen izkoristek. Po svetlobnem izkoristku se ne morejo kosati s kompaktnimi sijalkami. To bodo v prihodnjih letih povečali toliko, da bodo svetleče diode primerne tudi za bivalne prostore. Za zdaj so odlične za dekorativno razsvetljavo, za ustvarjanje prijetnega ambienta. Danes so led diode narejene tako, da po izteku diode zavržemo celo svetilko in diod sploh ne menjamo.

Tehnologija LED temelji na modri diodi. Večina oddaja hladno belo svetlobo, celo modro svetlobo, je za človeka neprijetna. Izogibati se ji je treba zvečer, če želimo miren spanec. Hladna modra svetloba ruši naraven cikel proizvodnje melanina in s tem naš dnevni bioritem. Svetleče diode so do nedavno delali le z barvno temperaturo 5000 – 6000 kelvinov, kar pomeni zelo hladno svetlobo. Razvoj je zelo hiter in že zdaj brez težav izdelajo svetleče diode s temperaturo 2700 do 3000 kelvinov, kar je primerno za bivalne prostore. Vendar te vseeno ne dosegajo zadostnih izkoristkov. Na tem področju je velika razlika med proizvajalci. Od proizvajalcev brez uveljavljenega porekla prihajajo k nam svetleče diode s hladno belo

svetlobo. Če bi jim dodali fosfor, da bi svetile toplo belo, bi bil njihov izkoristek tako majhen, da jih ne bi nihče kupil. Priznani proizvajalci pa že izdelujejo svetleče diode s toplo belo svetlobo in z izkoristkom, ki je primerljiv s toplo belo halogensko žarnico, a je svetleča dioda bistveno dražja.



Slika 7: LED diode (LED žarnice, 2010).

To so majhni svetlobni viri, zato bleščijo. Manjši, kot je svetlobni vir, več bleščanja povzroča. Svetleče diode, s katerimi bomo nadomestili navadne žarnice, bodo zaprte v moten bel balon, ki bo svetil. Povečala se bo površina, ki sveti in zmanjšala se bo svetlost, zato bo manj bleščanja. Njihovo bleščanje odlično izkoriščajo v avtomobilih. Pri dnevnih lučeh s samo nekaj vati (5 – 7) lahko ustvarimo dovolj bleščanja, da nas udeleženci v prometu vidijo. Prej smo za to potrebovali 50 vatov.

Svetleče diode so nizko napetostni svetlobni viri, ki delujejo pri napetosti 3,6 volta. Večina uveljavljenih proizvajalcev povezuje vsaj tri diode skupaj, zato potrebujemo približno 10 voltov. Napetost 220 ali 230 voltov je treba s pretvorniki pretvoriti v nižjo. Lahko pa že izberemo svetleče diode, ki nadomestijo žarnice in za katere pretvornika ne potrebujemo, saj je vgrajen v podnožje.

Strokovnjaki pričakujejo, da bo v prihodnjih dveh letih tehnološki razvoj dosegel takšno raven, da bodo kakovost navadnih žarnic in kompaktnih sijalk enakovredno nadomestile svetleče diode. Te, ki so na voljo zdaj in omogočajo zamenjavo z žarnico, sicer dosežejo 20 lumnov na vrat, kar je primerljivo s halogenkami. Niso pa še na ravni varčne sijalke. Ta še

vedno oddaja več svetlobe glede na porabljeno energijo kot svetleča dioda, ki je za zdaj na voljo.

Te žarnice (za enkrat) še niso tako poceni, vendar pa nam že z malo enostavne matematike uspe izračunati, da se jih splača kupiti, saj boste na dolgi rok prihranili več. Sami stroški elektrike, čas "gorenja" žarnice, ter nakup nove žarnice verjetno ne govorijo ravno v prid navadni ali varčni žarnici, kateri gorita občutno manj časa, porabita več energije, pa tudi zahtevata več obiskov trgovine. Z LED žarnico pa lahko na vsem tem veliko prihranimo (LED žarnice, 2010).

Seveda pa uporaba LED žarnice ni le dobra za lasten žep, ampak tudi za okolje, saj nižji računi za elektriko pomenijo tudi manjše izpuste emisij v ozračje. Prav tako LED žarnica ne vsebuje strupenega živega srebra, kot varčne žarnice, zato jih lahko zavržemo med ostale odpadke. Če pa lahko zaupamo britanskim znanstvenikom, pa bodo te žarnice z leti postale še toliko boljše (LED žarnice, 2010).

## **2.4 SPEKTROMETER**

Spektrometer je naprava, s katero merimo svetlobne spektre. Vidno polje svetlobnih spektrov človeka je od 400 do 700 nm. Sledijo si po vrstnem redu:

400 – 480 = vijolična

480 – 520 = modra

520 – 570 = zelena

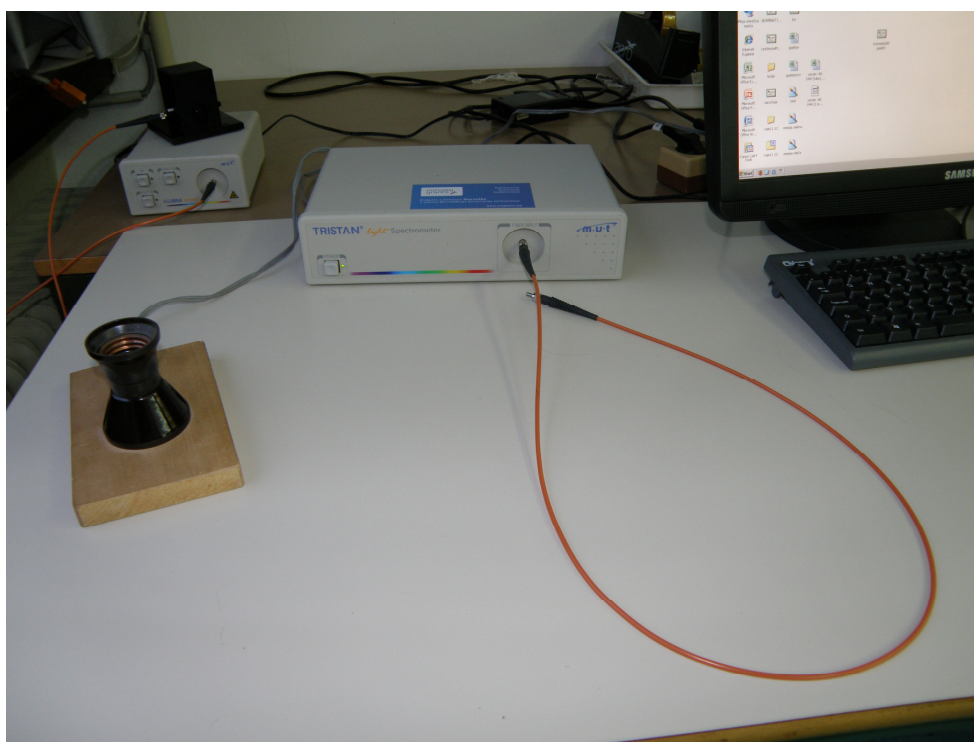
570 – 600 = rumena

600 – 630 = oranžna

630 – 700 = rdeča

700 +        = IR

Del svetlobnih valov, ki se sproščajo od varčne sijalke, se ujame v odprtino na začetku spektrometrovega kabla, ki je narejen iz optičnih vlaken in po njem potujejo svetlobni valovi do uklonske mrežice. V uklonski mrežici so majhne luknjice razporejene po več sto na en milimeter. Na uklonski mrežici se svetlobni valovi porazdelijo in jih pod določenimi koti posname zaslon. Tako dobimo svetlobne spektre, ki se prikažejo na zaslonu računalnika.



Slika 8: Slika spektrometra Tristan (Foto: L. Gortan).

## 2.5 LUX METER

Lux meter ali svetlometer je merilni inštrument, ki meri količino svetlobe ali svetilnost. Količino svetlobe oz. osvetljenost podajamo v luxih. Prvotno so svetlomere uporabljali pri fotografiranju za pravilno osvetlitev filmov. Pri prvih snemanjih s camera obscura, svetlobe niti niso še merili pač pa so ekspozicijo uravnavali po občutku (osvetlitve tudi po več ur). Prvi svetlometri so bili mehanski, in so delovali na principu presvetlitve sivega klina, ki so ga primerjali s konstantnim, ta pa je imel zapisane podatke o osvetlitvi. Prvi elektronski svetlometri pa so bili selenski svetlometri. Selenska celica izpostavljena svetlobi proizvaja električni tok, premo sorazmerno jakosti svetlobe. Selensko celico so tako povezali z občutljivim ampermetrom, ki je meril jakost toka, ki ga je celica proizvajala, ter nam iz tega

pokazal količino svetlobe – pravilno osvetlitev. Prednost selenskega svetlomera je, da za delovanje ne potrebuje baterij, slabost pa je ta, da ima omejeno življenjsko dobo (celica se preprosto iztroši) ter da pri zelo šibki svetlobi ne deluje pravilno (Svetlomer, 2010).



Slika 9: Z lux metrom lahko merimo svetilnost žarnic (Foto: B. Gortan).

Naslednji električni svetlomeri so bili “CdS” svetlomeri. Delujejo na podoben način kot selenski, le da “CdS” svetlomeri toka ne proizvajajo, pač pa samo spreminjajo upornost glede na količino svetlobe, tako da za njihovo delovanje potrebujemo baterijo. CdS celica je veliko manjša od selenske. Ti svetlomeri so bili tudi prvi, ki se jih je vgrajevalo v kamere (TTL merjenje). Zadnja generacija elektronskih svetlomerov, pa so CCD čipi, ki jih imajo skoraj vsi sodobni fotoaparati (Svetlomer, 2010).

### **3 METODE DELA**

#### **3.1 MERJENJE SVETILNOSTI**

Pri raziskovanju delovanja varčnih sijalk sem uporabil več različnih metod dela. Najprej sem meril svetilnost varčnih sijalk in navadnih žarnic. Meritve sem izvajal deloma na Šolskem centru Velenje, kjer so me naučili ravnati z napravo in računalniškim programom, večino meritev sem zatem opravil doma. Pogoji merjenja, ne glede na čas dneva in svetlobo zunaj, morajo biti enaki, zato sem prostor, kjer sem opravljal meritve, zatemnil z zavesami. Tako sem zagotovil enake pogoje merjenja ne glede na del dneva, v katerem sem meritve opravljal. Iz Šolskega centra Velenje sem na posodo dobil svetlomer, grlo za žarnico in računalniški program Logger Pro 3.6.1, ki sproti shranjuje meritve. Program je mogoče časovno nastaviti tako, da meri svetlobo tako dolgo, kolikor hočemo in sproti riše graf. Dobil sem tudi ogrodje za sestavo držala za svetlomer in prenosnik podatkov. V računalnik sem s pomočjo USB priključka priključil prenosnik podatkov in transformator priključil na električno omrežje. V prenosnik podatkov sem vklopil svetlomer in transformator, da se je lahko prenosnik podatkov napajal. Svetlomer sem pritrdil na nosilno ogrodje in pod njega namestil grlo. Grlo sem na mizo pritrdil z dvoplastnim lepilnim trakom. Od svetlomera do grla je bilo tako približno 40 cm razdalje. Na grlo sem namestil prvo varčno sijalko in jo s pomočjo dveh kablov priključil na električno omrežje. Kakor hitro je sijalka zasvetila, sem s pomočjo računalniškega programa začel beležiti podatke. Program sem nastavil tako, da je zbiral podatke eno uro. Tako sem izmeril svetilnost za šest varčnih sijalk in dve navadni žarnici z različno močjo. Na voljo sem imel samo eno grlo, zato je raziskava potekala počasi. Sijalke, ki sem jih uporabil pri meritvah, so bile različno močne, različnih proizvajalcev in različno stare. Uporabil sem naslednje sijalke:

General electric 20W, nova

General electric 20W, stara

General electric 15W, nova

General electric 15W stara

Pilla 14W, nova

Pilla 14W, stara

Rezultate meritev sem nato s pomočjo dobljenih grafov primerjal med sabo.





Slika 10: Priprava lux metra (Foto: B. Gortan).

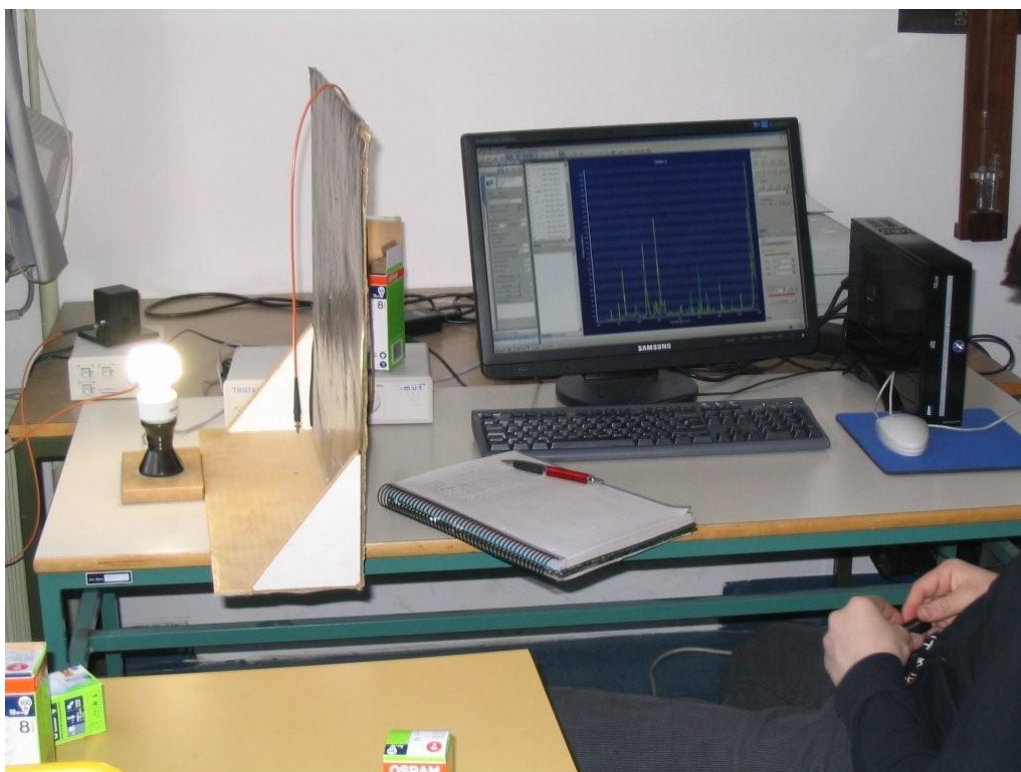


Slika 11: Izvajanje meritev z lux metrom (Foto: B. Gortan).

### 3.2 MERJENJE SPEKTROV

Meritve spektrov sem opravil na Oddelku za fiziko na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru na spektrometru Tristan, katerega nakup je v okviru projekta Naravoslovni izobraževalni center za trajnostni razvoj (SI0039-GAN-00087-E-V1 – Norwegian FM) z donacijo podprla Norveška preko Norveškega finančnega mehanizma. S spektrometrom sem meril svetlobne spektre sijalk. Izmeril sem svetlobne spektre varčne sijalke z mrzlo in toplo svetlobo, močnejšo in šibkejšo, ter halogensko žarnico, LED diode in navadno žarnico.

V odprtino na koncu kabla, ki je pritrjen na spektrometer, se steka svetloba, ki jo oddaja svetilo. Po tem kablu se svetloba odbija do spektrometra, ker je kabel narejen iz karbonskih vlaken, ki odbijajo svetlobo. Med spektrometrom in kablom je uklonska mrežica. To je mrežica, v kateri je po več sto odprtin na milimeter. Skozi te odprtine steče svetloba v enakem valovanju. Da bi spektrometer uspel razbrati spektre, izmeri valove pod drugačnimi koti in tako loči svetlobo na različne spektre.



Slika 12: Merjenje spektrov različnih žarnic s pomočjo spektrometra Tristan (Foto: B. Gortan).



### **3.3 MERJENJE TEMPERATURE ŽARNIC**

Tretja metoda dela je bila merjenje temperature žarnic in sijalk. V šoli sem si sposodil alkoholni termometer in izmeril temperaturo dveh varčnih sijalk, LED diode, halogenske žarnice in navadne žarnice. Meritve sem opravil z alkoholnim termometrom, ki je imel temperaturno skalo od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $110^{\circ}\text{C}$ , z natančnostjo ene stopinje. Varčno sijalko in žarnice sem vstavil v grlo, jih prižgal in izmeril temperaturo na njihovi površini vsake 15 minut. Spreminjanje temperature izbranih žarnic sem spremljal 60 minut.



Slika 13: Merjenje temperature žarnic s pomočjo alkoholnega termometra (Foto: B. Gortan).

### **3.4 IZRAČUN PRIHRANKA**

Na osnovni šoli Gustava Šiliha v Velenju sem preštel vse žarnice na šoli in izračunal, kakšen bi bil strošek razsvetljevanja, če bi bile žarnice varčne oziroma če bi bile navadne. Izračunal sem tudi, koliko premoga je potrebnega za proizvodnjo tolikšne energije, kot jo porabi šola za razsvetljevanje učilnic, kabinetov, kuhinje, telovadnice in hodnikov.

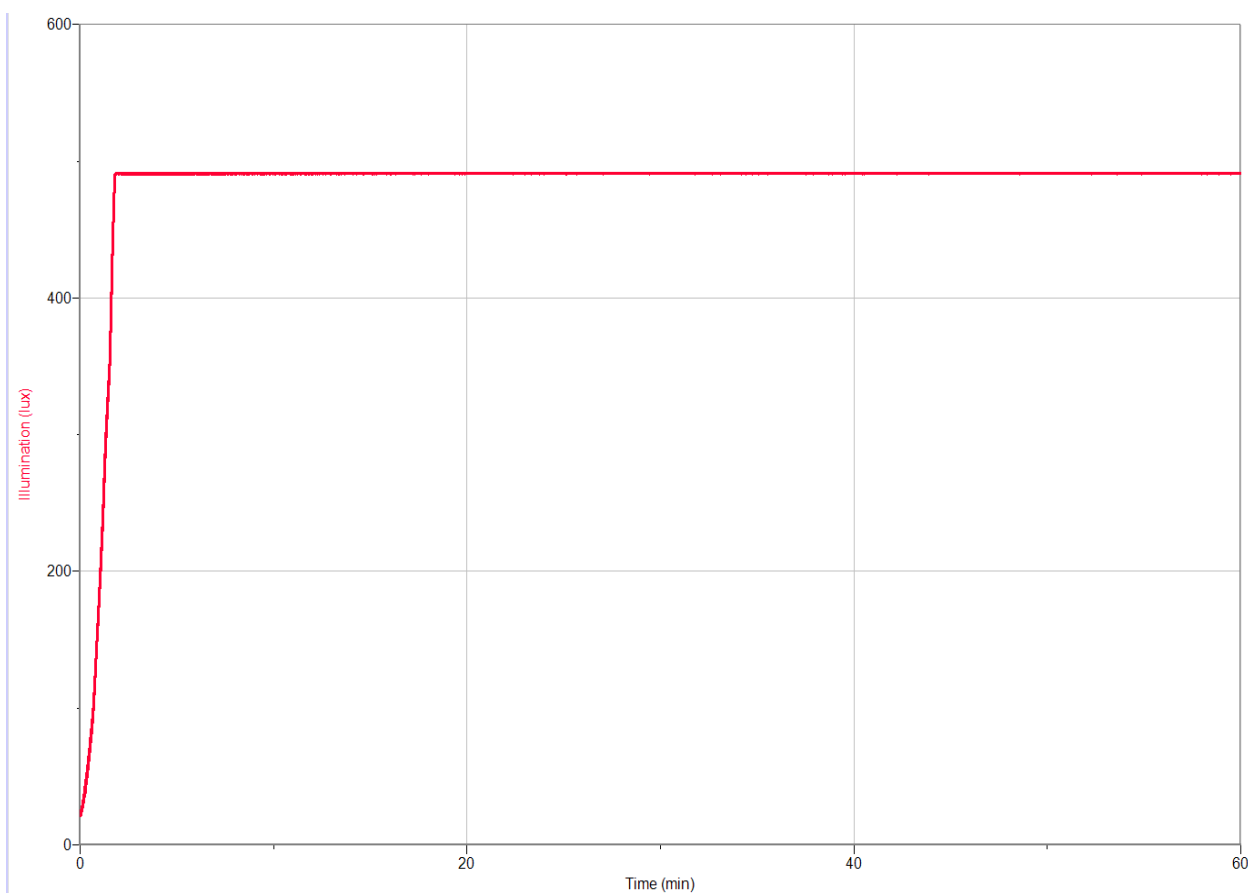
Pri izračunu sem upošteval dejstvo, da so luči na šoli v povprečju prižgane 4,6 ure na dan. Ta podatek so mi posredovali v tajništvu šole. Ker me je zanimala letna poraba energije, sem upošteval, da imamo na leto 190 dni pouka.

## 4 REZULTATI Z INTERPRETACIJO

### 4.1 REZULTATI MERJENJA SVETILNOSTI

Prvih šest meritev svetilnosti sem opravil na varčnih sijalkah, nato pa sem dve meritvi opravil na navadnih žarnicah z različno močjo.

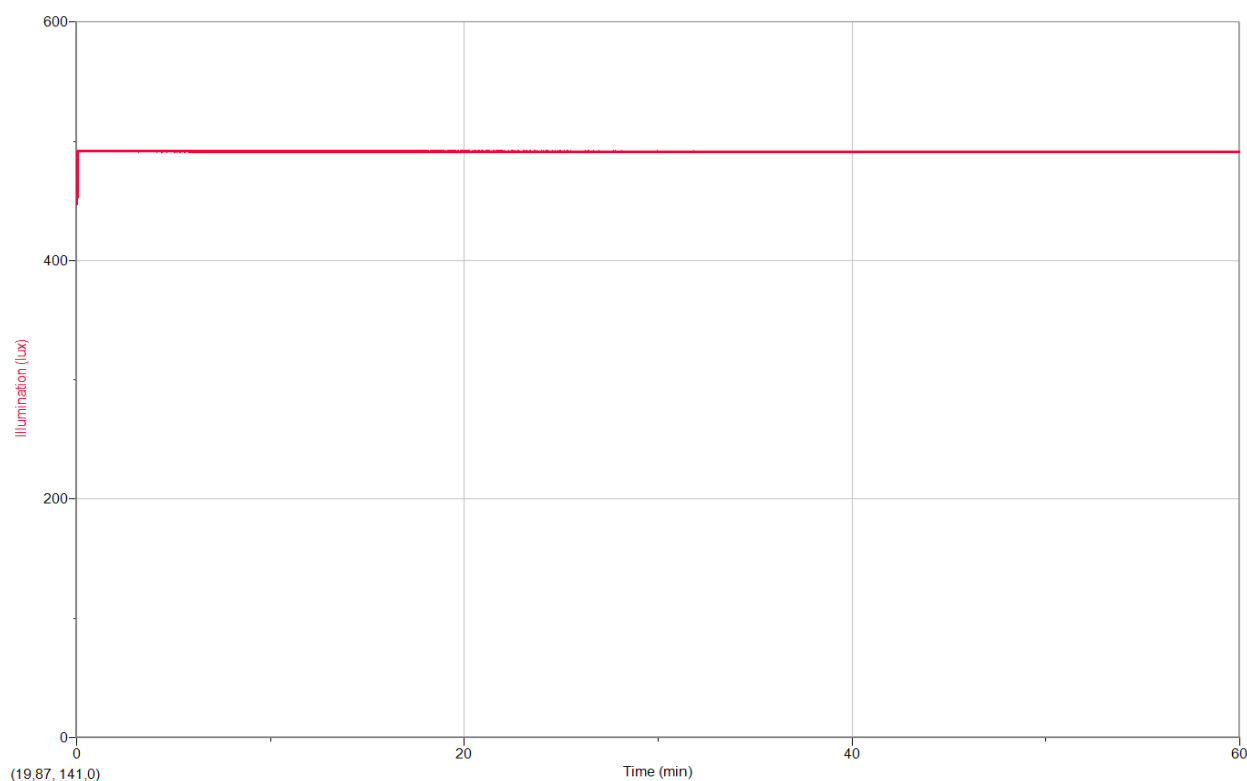
Najprej sem izmeril svetilnost nove varčne sijalke, znamke General electric z močjo 20 W, kar nam prikazuje graf 1.



Graf 1: Svetilnost nove 20 W varčne sijalke General electric.

Varčne sijalke potrebujejo določen čas, da začnejo sijati s polno močjo. Na grafu 1 vidimo, da je črta brezhibno ravna na 490 lux. Na začetku merjenja se mora sijalka najprej ogreti, da lahko nato sveti s polno močjo. V mojem prvem poizkusu ugotovimo, da je nova varčna sijalka General electric 20 W potrebovala dve minuti, da je dosegla najvišjo svetilnost 490 lux. Po prvih dveh minutah se je svetilnost ustalila. Meritev je trajala 60 minut.

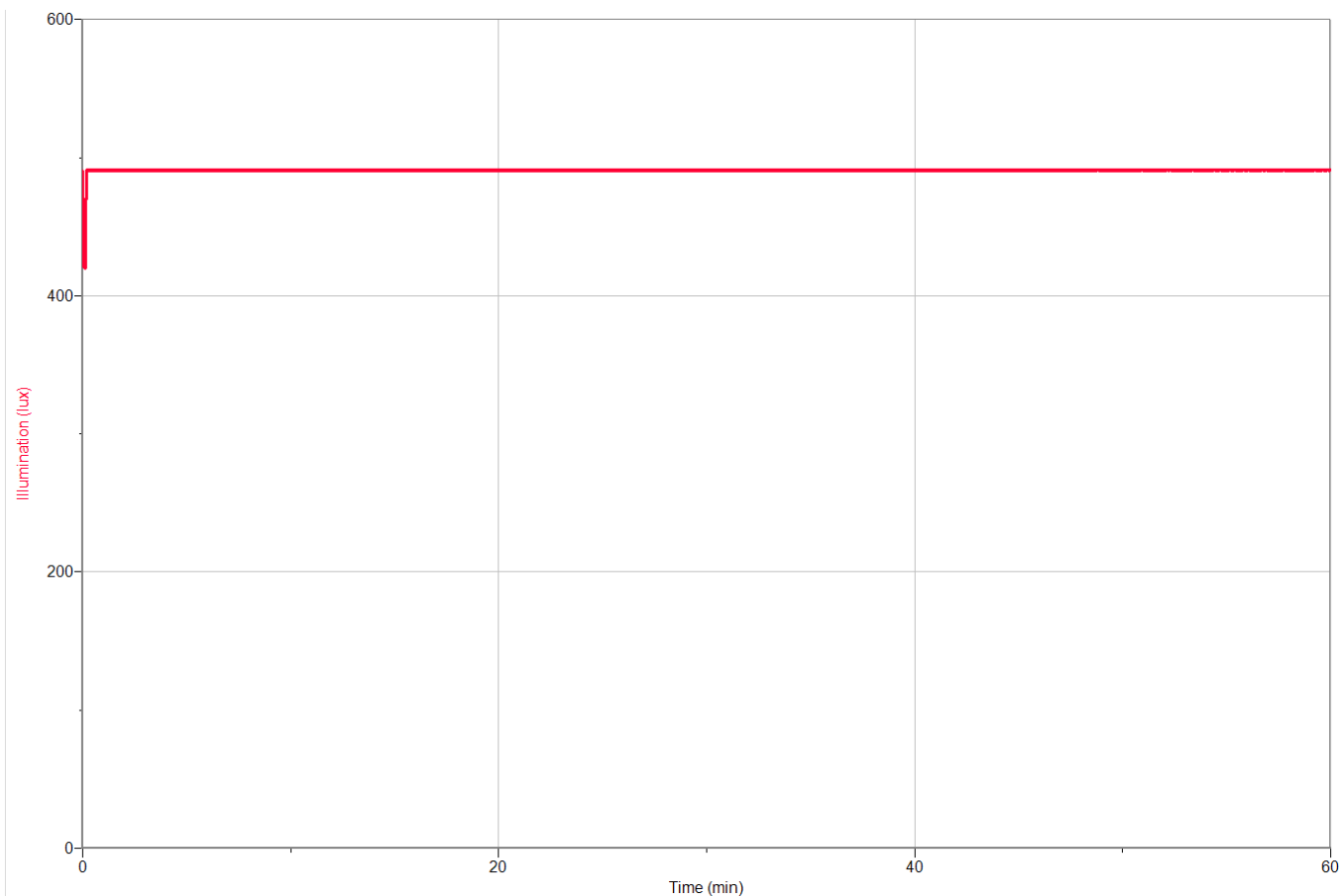
Zanimalo me je, če bodo rezultati meritev enaki pri merjenju svetilnosti rabljene varčne sijalke, prav tako znamke General electric z močjo 20 W. Po nekaterih nepreverjenih podatkih naj bi rabljene varčne sijalke oddajale bolj šibko svetlobo, zato sem to želel tudi sam preizkusiti.



Graf 2: Svetilnost varčne sijalke General electric, 20 W, stare 12 mesecev.

Iz grafa 2 je razvidno, da je ta varčna sijalka porabila bistveno manj časa, da je začela oddajati svetlobo s polno močjo. Vidimo, da je že prej kot v eni minuti po prižigu začela sijalka oddajati svetlobo 490 lux. Ko doseže svetilnost 490 lux, to svetilnost tudi ohranja. Vendar je rabljena sijalka potrebovala manj časa, da se je ogrela, kot popolnoma enaka nova sijalka. Vedeti moramo, da lahko tudi pri meritvah pride do določene napake in zato se pojavijo odstopanja, prav tako pa se lahko sijalke istega proizvajalca, z enako močjo razlikujejo med seboj.

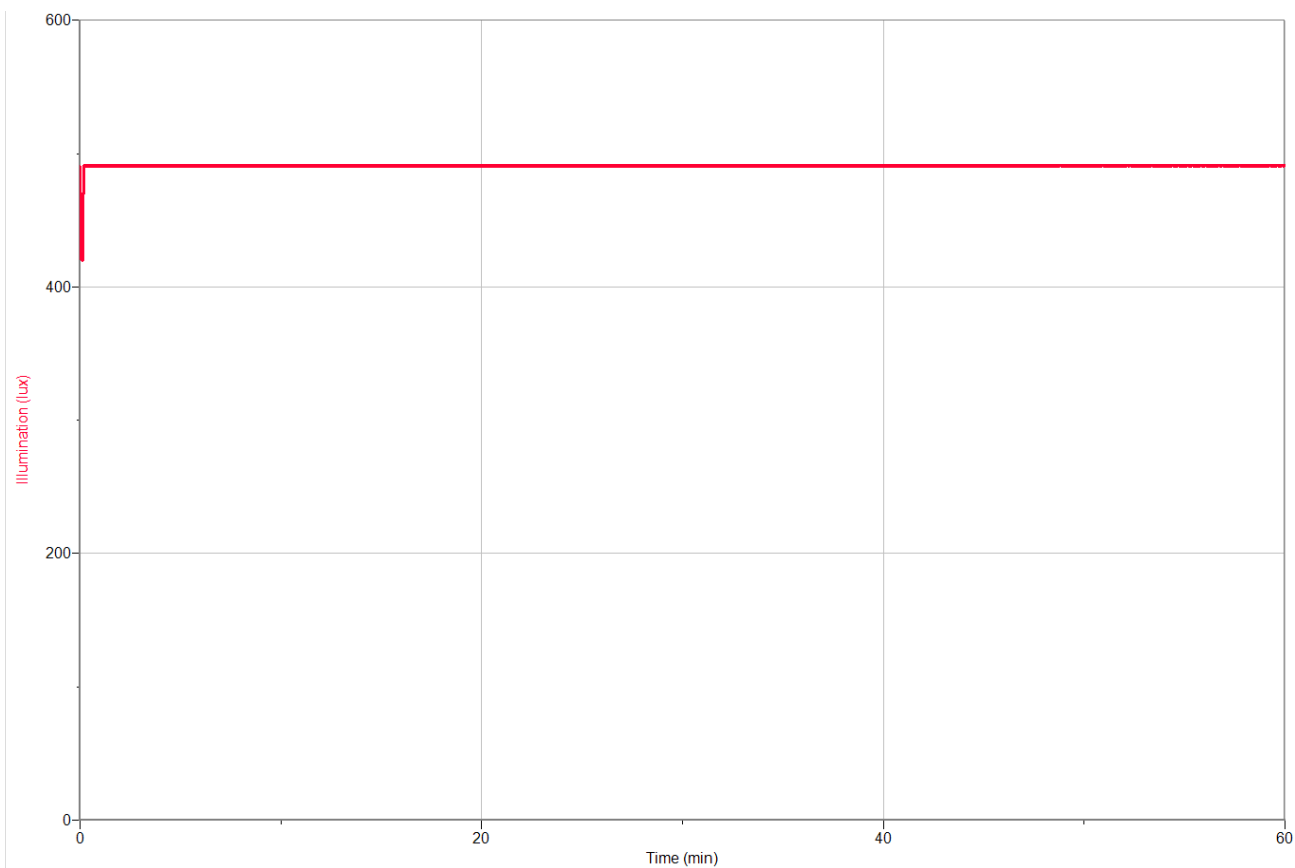
Tretja meritev je potekala na novi sijalki General electric, z močjo 15 W. Kot je razvidno iz grafa 3, je sijalka oddajala svetlobo z močjo 490 lux. Opaziti je mogoče razliko med 20 W in 15 W varčno sijalko, namreč na začetku porabi 15 W nova sijalka manj časa kot 20 W, da začne svetiti s polno močjo. Kljub temu doseže 15 W sijalka enako svetilnost kot 20 W sijalka.



Graf 3: Svetilnost nove varčne sijalke, General electric, 15 W.

Meritev je trajala 60 minut. Po 105 sekundah je sijalka zasijala s polno močjo na 490 lux.

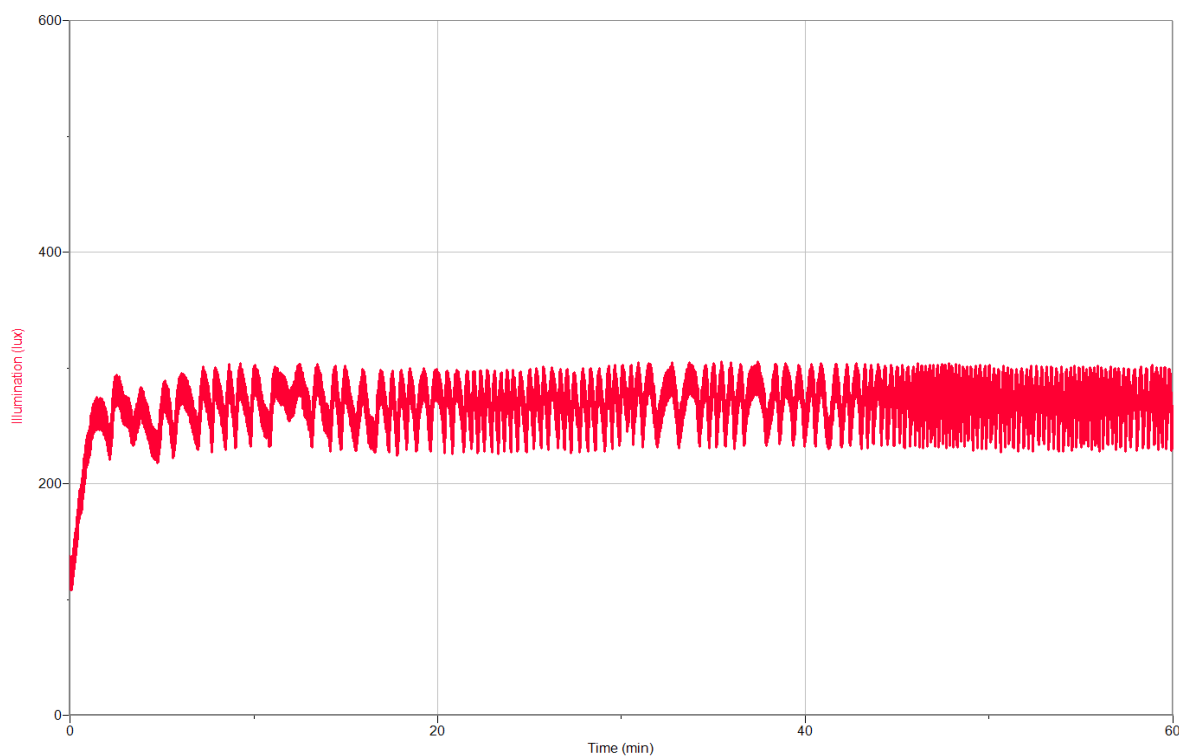
Četrta meritev je potekala na rabljeni varčni sijalki, znamke General electric z močjo 15 W.



Graf 4: Svetilnost rabljene varčne sijalk, General electric, 15 W.

Graf 4 prikazuje meritev na 6 mesecev stari varčni sijalki znamke General electric z močjo 15W. Sijalka je potrebovala 90 sekund, da je začela oddajati svetlobo s 490 lux. Meritev je trajala 60 minut. Od poldruga minute dalje ne zaznavamo nobenih sprememb v svetilnosti.

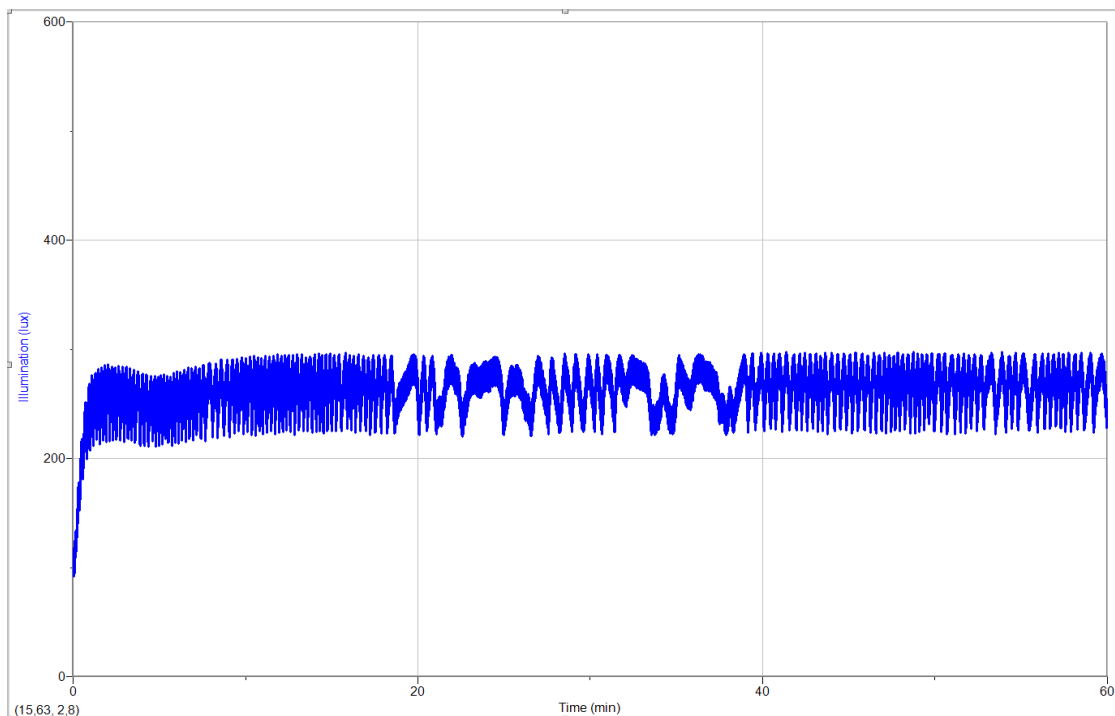
Peta meritev je potekala na novi 14 W varčni sijalki znamke Pilla. Pri tem merjenju ugotavljamo veliko nihanje v svetilnosti.



Graf 5: Svetilnost nove varčne sijalke, Pilla, 14 W.

Kot je razvidno iz grafa 5, je moč svetlobe občutno manjša in v nobenem trenutku merjenja ne dosega 490 lux, kot so jih dosegle sijalke pri prejšnjih merjenjih. Sijalka Pilla potrebuje skoraj 3 minute, da doseže svetilnost 260 lux. Po nadaljnjih 3 minutah doseže 290 lux, nato pa v prvih 20 minutah njena svetilnost močno variira med 220 in 290 lux. Po prvih 20 minutah opazamo, da je frekvenca nihanja bolj gosta in med 40. in 60. minuto merjenja je frekvenca nihanja še bolj gosta.

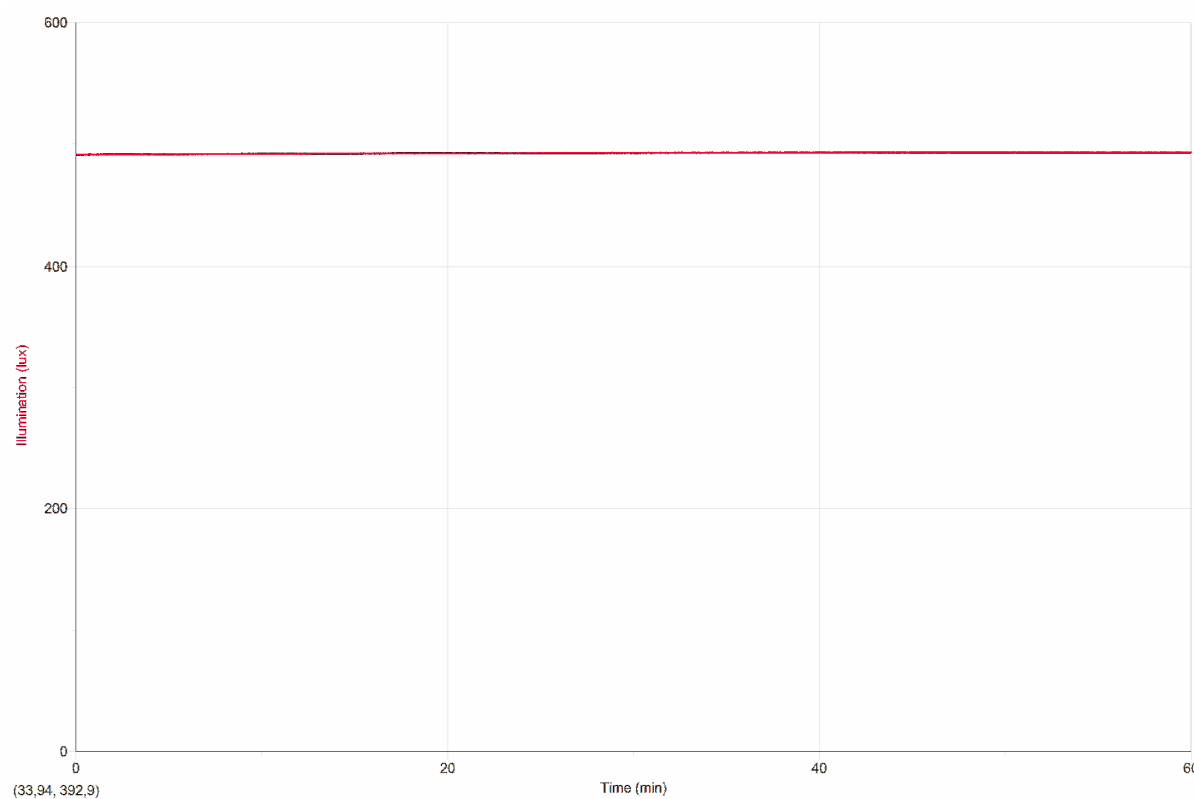
Šesta meritev je potekala na 2 leti stari varčni sijalki znamke Pilla, moči 14 W. Vidimo lahko, da je sijalka potrebovala 3 minute, da je dosegla svetilnost 265 lux.



Graf 6: Svetilnost 2 leti stare varčne sijalke Pilla, 14 W.

Kot je razvidno iz grafa 6, tudi ta sijalka močno niha v svetilnosti. Najgostejše nihanje opazamo med 3. in 17. minuto. Nato sledi 20 minutno obdobje, ko je nihanje redko in potem se med 40. in 60. minuto nihanje znova zgosti.

Sedmo meritev sem izvajal na novi 100 W navadni žarnici Osram. Iz grafa 7 je razvidno, da se vse od začetka merjenja do konca svetilnost ne spremeni.

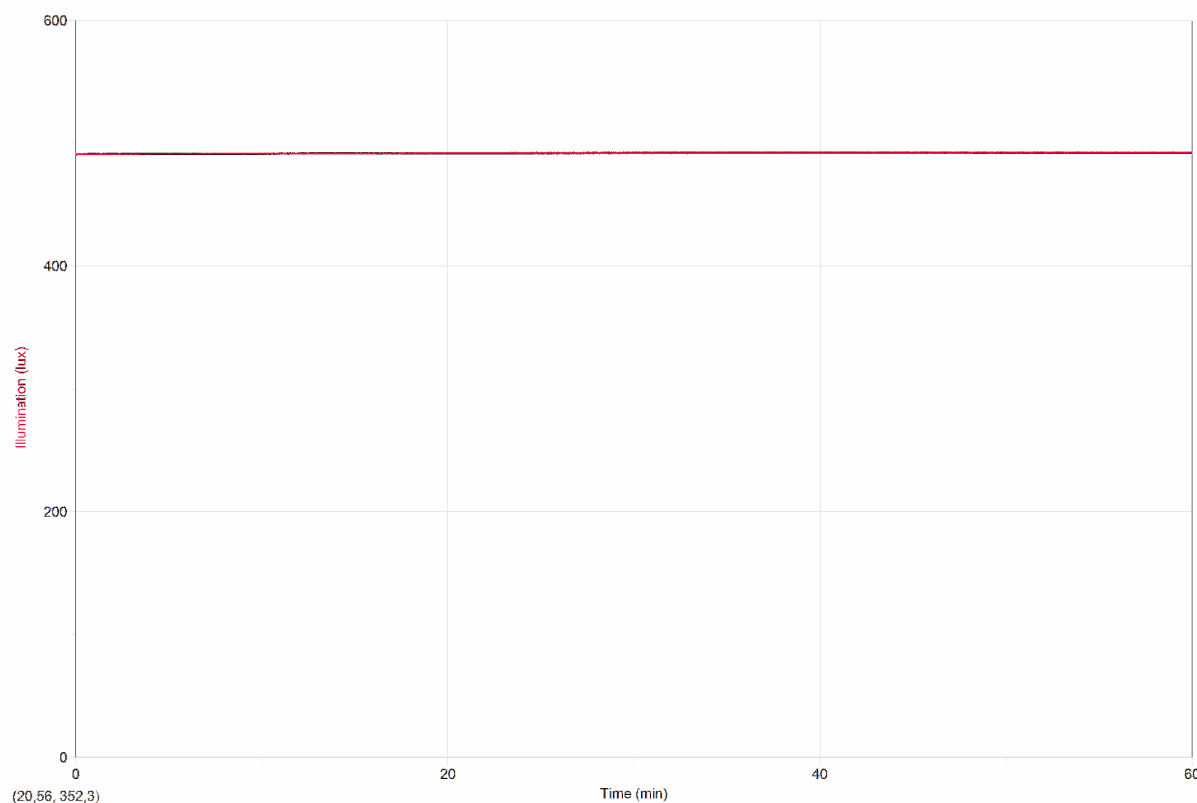


Graf 7: Svetilnost nove navadne žarnice Osram, 100 W.

Vidimo, da se od varčnih sijalk navadna žarnica razlikuje po tem, da ne potrebuje začetnega časa, da doseže maksimalno svetilnost. Izmerjena svetilnost 100 W žarnice je 490 lux, kar je enako kot svetilnost prvih štirih meritev na varčnih žarnicah. Tako naj bi 100 W žarnica približno enako osvetlila prostor, kot 20 W varčna sijalka. Rezultat je pričakovan, saj sem v različni literaturi zasledil ravno takšno primerjavo med učinkom svetjenja navadne žarnice in varčne sijalke.



Osmo meritev sem izvajal na novi 75 W navadni žarnici znamke Osram. Iz grafa 8 je razvidno, da se od začetka do konca merjenja moč svetljenja ne spremeni.



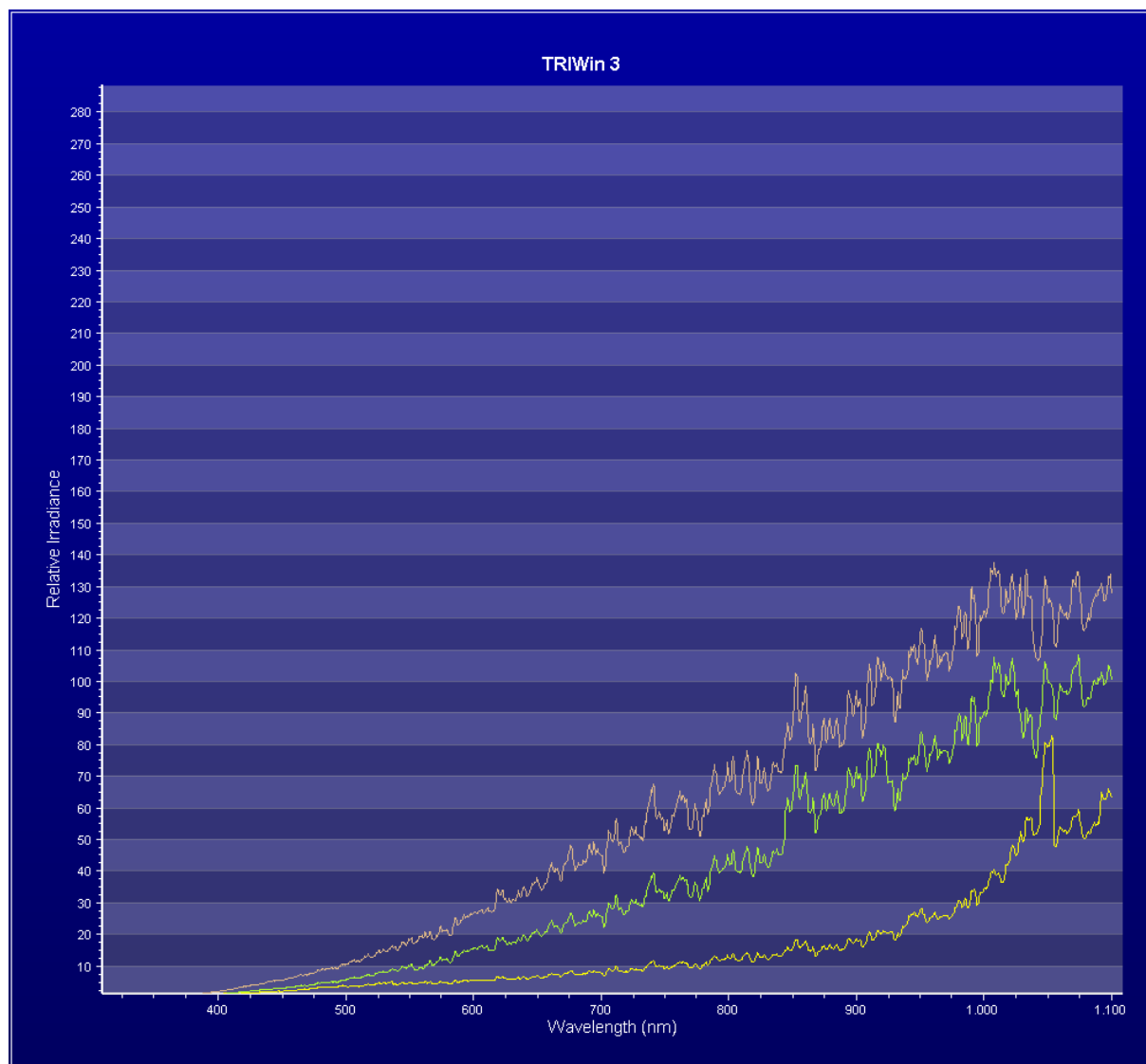
Graf 8: Nova navadna žarnica Osram 75W.

Pri navadni žarnici opazimo, da začne takoj, ko jo prižgemo, svetiti s 490 lux. Iz grafa 8 razberemo, da se svetilnost giblje na 490 lux brez nihanj v vsem času merjenja. Rezultat me je presenetil, saj sem pričakoval, da bo svetilnost 75 W žarnice manjša od svetilnosti 100 W žarnice. Že s prostim očesom namreč vidimo, da 75 W žarnica oddaja šibkejšo svetlobo. Razlog lahko morda iščemo v spektrih svetlobe, ki jih različne žarnice oddajajo.

Varčne sijalke sem med seboj primerjal. Ugotovil sem, da imata General electric 20 W in 15 W nova enako svetilnost, medtem ko ima Pilla 14 W sijalka manjšo svetilnost od obeh General electric. To nam pove, da je Pillina sijalka šibkejša od General electricove, vendar ima zato tudi manjšo porabo energije. Slabost Pilline sijalke je tudi v nihanju svetilnosti, kar naše oči sicer ne zaznajo, a nas lahko zaradi tega bolijo in daje svetloba neprijeten občutek.

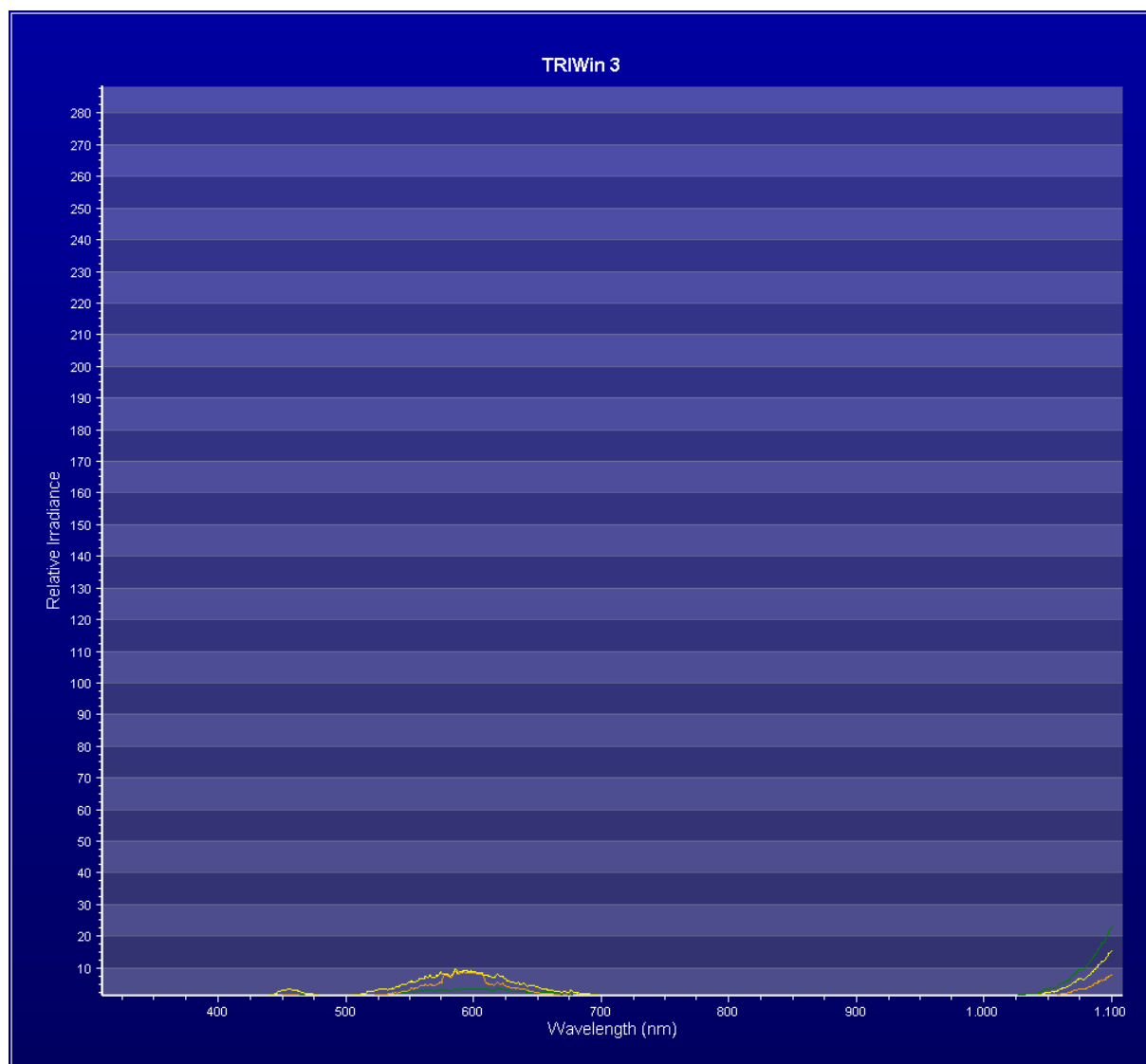
#### 4.2 REZULTATI MERITEV S SPEKTROMETROM

V tem sklopu meritev sem opravil 7 merjenj. Meril sem valovno dolžino svetlobe, ki jo oddajajo različno močne varčne sijalke in navadne žarnice ter LED dioda.



Graf 9: Halogenska žarnica takoj po vklopu, 2 minuti po vklopu, 3 minute po vklopu.

Graf 9 prikazuje valovne dolžine svetlobe halogenske žarnice. Rumeno gibanje označuje valovno dolžino svetlobe takoj ob prižigu, zelena označuje gibanje valovne dolžine svetlobe po dveh minutah, rdeča pa kaže, kako se barvni spekter svetlobe spreminja tri minute po tem, ko prižgemo žarnico. Od svetlobe, ki jo žarnica oddaja, zazna človeško oko svetlobo med 400 in 700 nm.



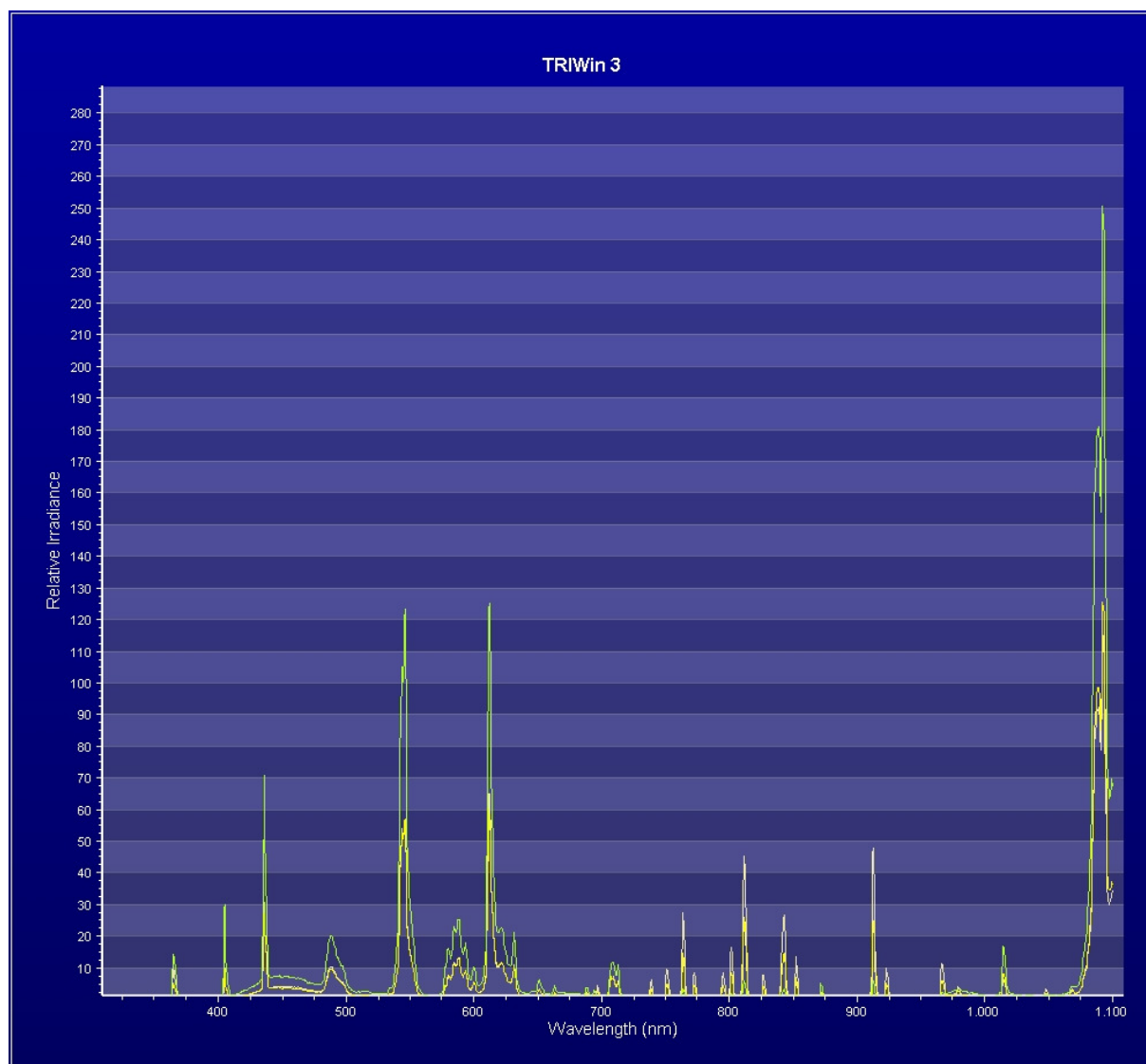
Graf 10: LED dioda takoj po prižigu, po dveh minutah, po treh minutah.

Iz grafa 10 je razvidno, da je svetloba, ki jo oddaja LED dioda, hladna modra svetloba. Valovne dolžine v vidnem polju se gibljejo med 400 in 700 nm, vidimo pa, da izven vidnega polja pravzaprav LED dioda svetlobe ne oddaja (razen nekaj malega pri 1050 do 1100 nm). To nam kaže, da je LED dioda zelo varčna, da pa tudi oddaja zelo malo svetlobe. Takoj ko LED diodo prižgemo, je graf modre barve na izredno nizkem nivoju. Dve minuti po tem, ko diodo prižgemo, je graf oranžne barve in se skoraj ne spremeni tudi po treh minutah gorenja (rumena barva).



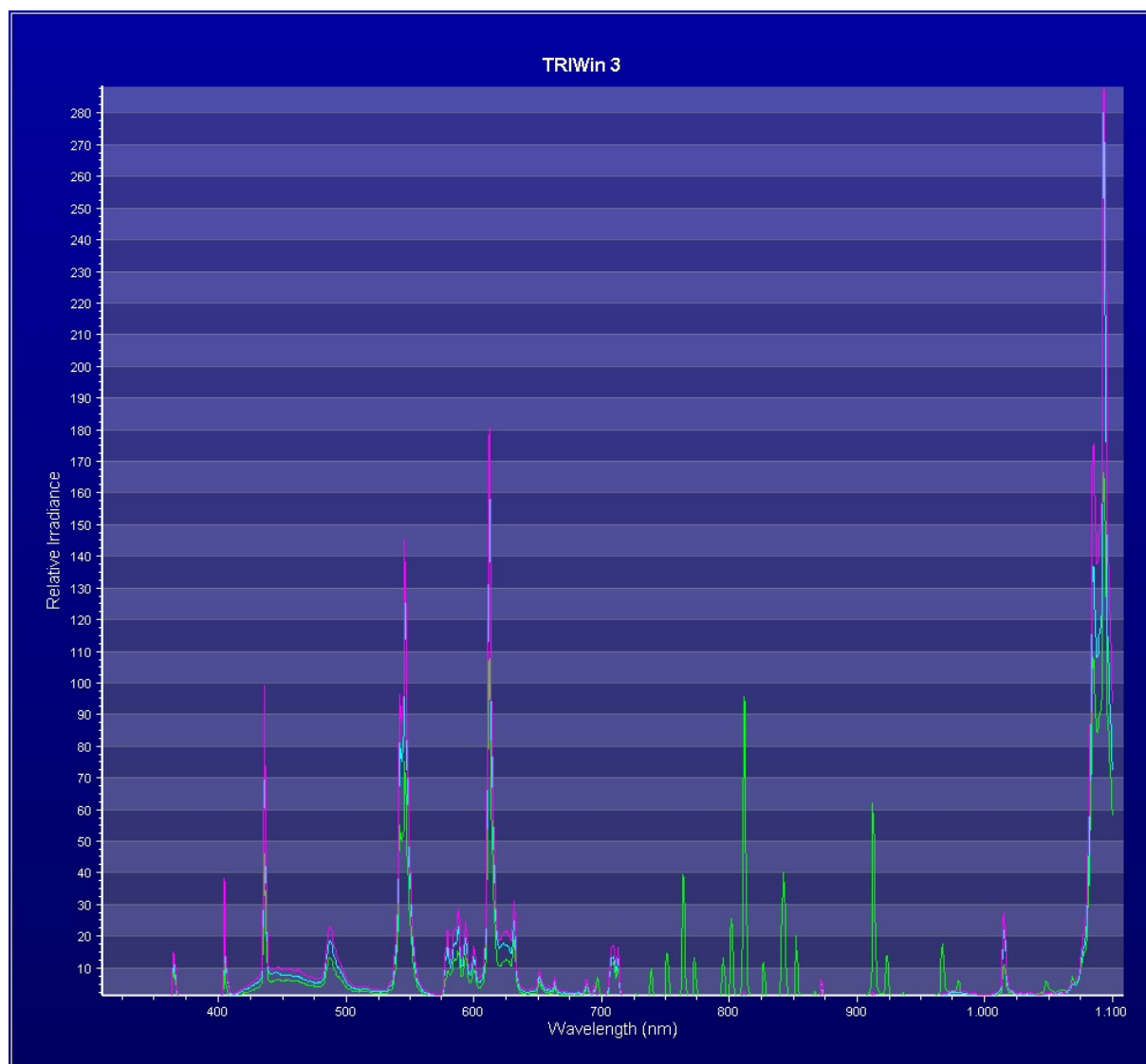
Graf 11: Navadna žarnica takoj po prižigu, po dveh minutah, po treh minutah.

Iz grafa 11 je zelo lepo videti, da navadna žarnica odda zelo malo svetlobe v človekovem vidnem polju in ogromno v infrardečem področju, kar je tudi vzrok za tolikšne izgube v obliki toplote. Ko žarnico prižgemo, nam kaže njeno valovno dolžino graf rdeče barve. Stanje po dveh minutah nam prikazuje graf sive barve, kjer je sevanja več kot takoj ob prižigu. Sevanje se poveča na valovni dolžini vidne svetlobe, posebej še na 617 nm. Po treh minutah gorenja nam svetlobno sevanje prikazuje črta rumene barve. Največ sevanja je v infrardečem področju, ki ga človeško oko ne zazna (od 700 nm dalje). Navadna žarnica da največ od sebe ravno na področju med 1050 in 1070, kar je za nas, ki te svetlobe ne zaznamo, nekoristno in energetsko potratno.



Graf 12: Osram Cold white 8W takoj ob prižigu, po dveh minutah, po treh minutah.

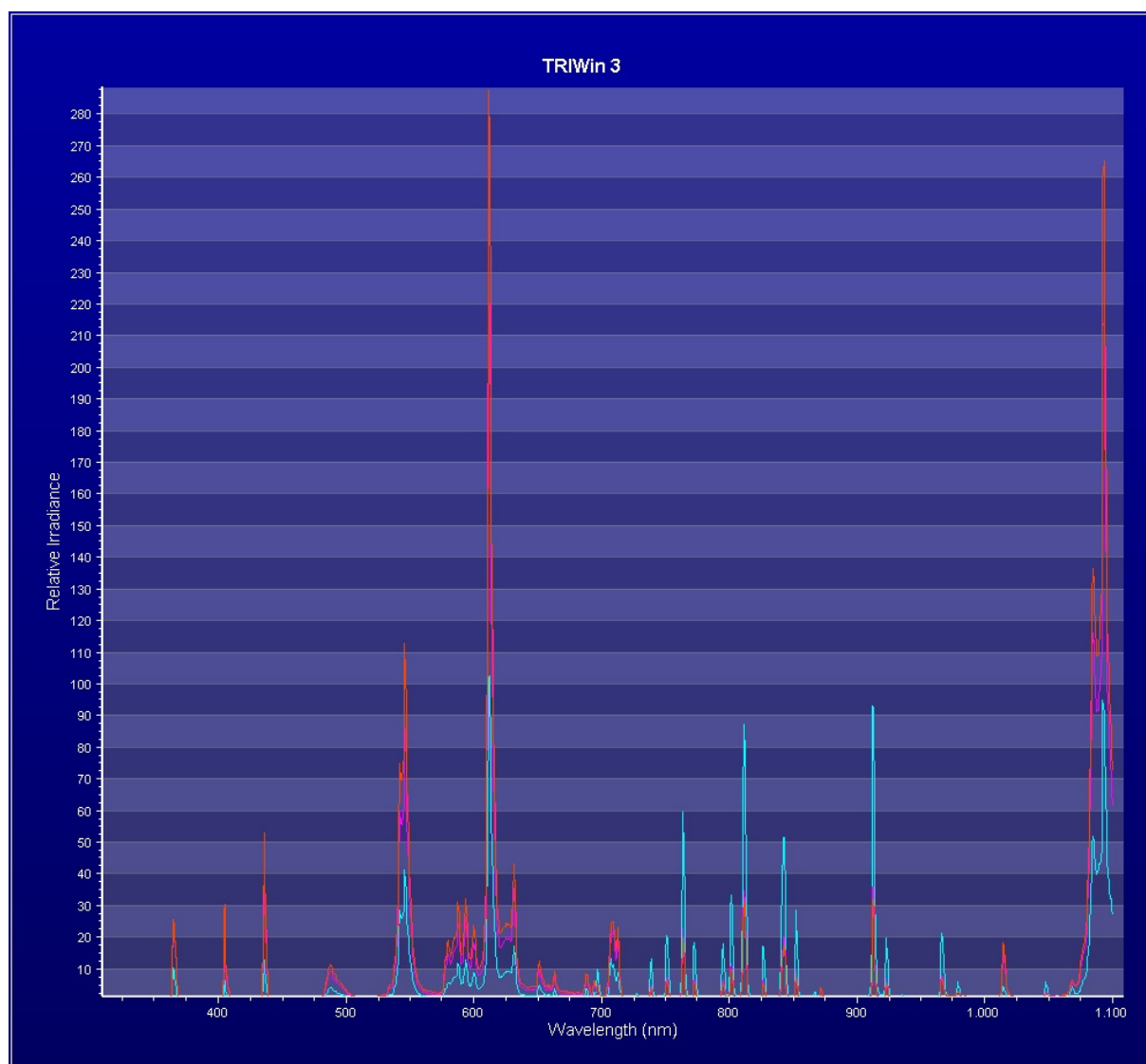
Meril sem Osramovo varčno sijalko z močjo 8 W in ugotovil sem, da ima podobno kot navadna žarnica močno valovanje v infrardečem področju, še posebej med 1070 in 1100nm. Takoj, ko sijalko prižgemo, oddaja svetlobo, ki jo označuje graf oranžne barve. Vidimo ga lahko med 400 in 500 nm. Po dveh minutah se situacija zelo spremeni, kar nam kaže graf rumene barve. Opazimo skokovit porast sevanja na 550 in 610 nm. Zelen graf pa kaže valovno dolžino svetlobe tri minute po prižigu sijalke. Tu so porasti sevanja najbolj skokoviti, in sicer lahko opazimo dva vrha pri valovnih dolžinah 548 in 617 nm, kjer sevanje poskoči na več kot 120.



Graf 13: Osram cold white 18W takoj po vžigu, po dveh minutah, po treh minutah.

Graf 13 nam prikazuje, kakšne valovne dolžine svetlobe zaznamo pri 18 W varčni sijalki. Takoj, ko sijalko prižgemo, nam njeno sevanje prikazuje graf modre barve. Vidimo izrazit skok pri 555 nm in 615 nm valovne dolžine vidne svetlobe ter na 1090 infrardeče svetlobe, ki je ne zaznamo več. Po dveh minutah ostaja na valovni dolžini vidne svetlobe sevanje skoraj nespremenjeno. Spremembe se dogajajo med 720 in 1000 nm, česar pa mi ne zaznamo več. Po treh minutah gorenja pride do silovitih skokov sevanja pri 430 nm, 550 nm in 620 nm, kar človekovo oko zazna. Pri 1085 nm še enkrat skokovito naraste na preko 290, kar je več kot pri katerikoli drugi sijalki. Večja kot je valovna dolžina svetlobe, bolj je svetloba topla in s tem prijazna za človeka in obratno. Manjša kot je valovna dolžina svetlobe, večji je delež modre svetlobe, kar je za človeka manj prijetna svetloba. V tem merjenju je sijalka, ki jo kaže graf

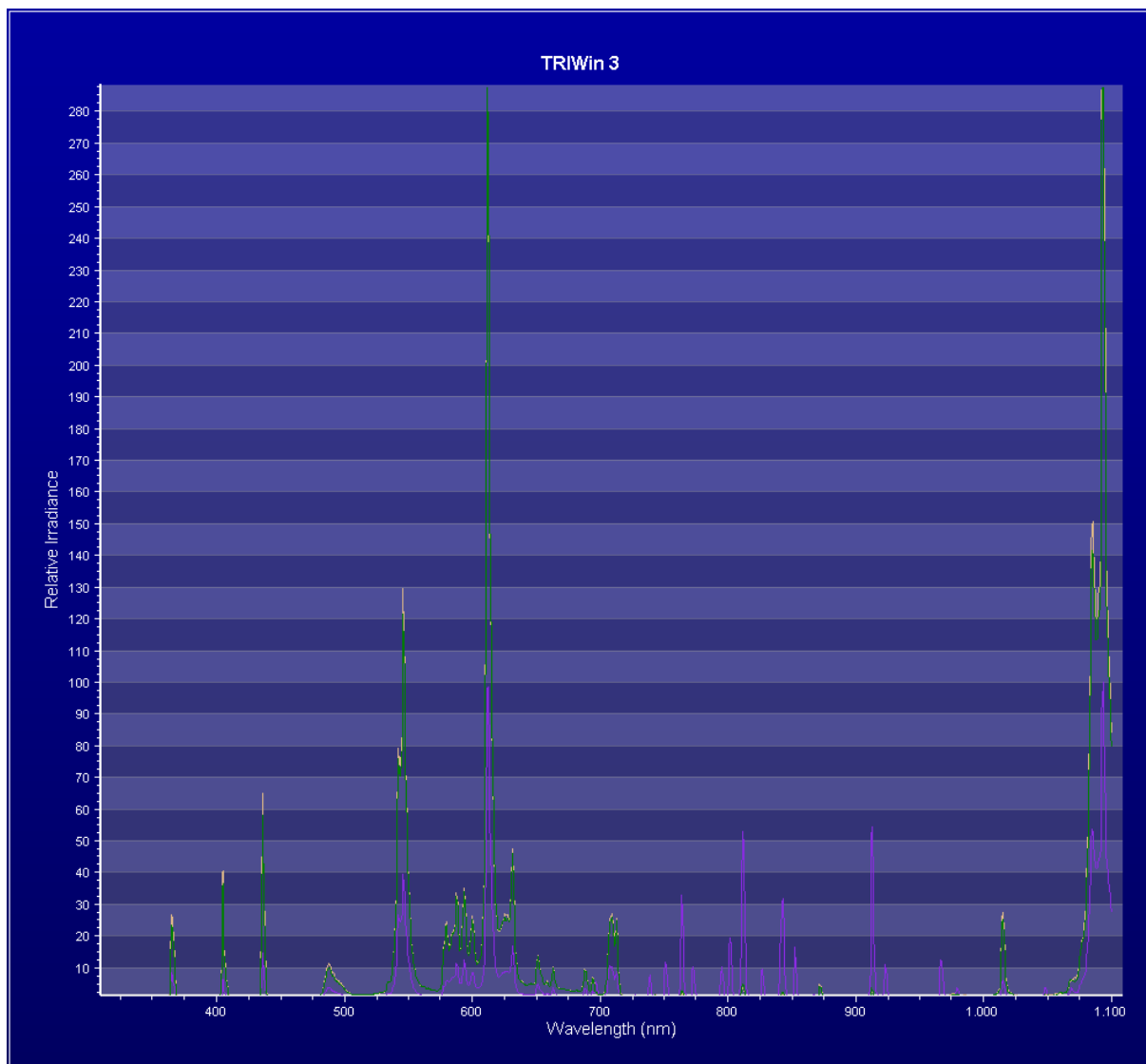
13, deloma topla, ker nad 600 nm svetloba postaja rumena, oranžna in rdeča, kar je topla svetloba in človeku ugaja.



Graf 14: Osram warm light 14 W takoj po prižigu, po dveh minutah, po treh minutah.

Naslednja sijalka, ki sem ji izmeril valovno dolžino svetlobe, je bila Osramova 14 W, ki oddaja toplo svetlobo. Napis na embalaži te varčne sijalke se ujema z mojimi ugotovitvami, namreč, svetloba, ki jo oddaja, je v resnici topla, saj presega 600 nm. Pri 570 zaznamo rumeno, pri 600 je oranžna, 700 pa pomeni zaznavanje rdeče svetlobe. Kot vidimo na grafu 14, je v valovni dolžini vidne svetlobe največji poudarek na oranžni barvi (pri 620 nm sevanje skokovito poraste nad 280). Takoj po prižigu varčne sijalke je na grafu označena valovna dolžina svetlobe s sivo barvo, ki je komaj zaznavna. Giblje se okrog 20 in manj v območju vidne svetlobe. Dve minuti po vžigu sijalka oddaja svetlobo, ki je na grafu označena z modro

barvo. Z rdečo barvo je na grafu označena valovna dolžina svetlobe, ki jo je sijalka oddala tri minute po vklopu.



Graf 15: Osram, WL 18 W takoj po prižigu, po dveh minutah, po treh minutah.

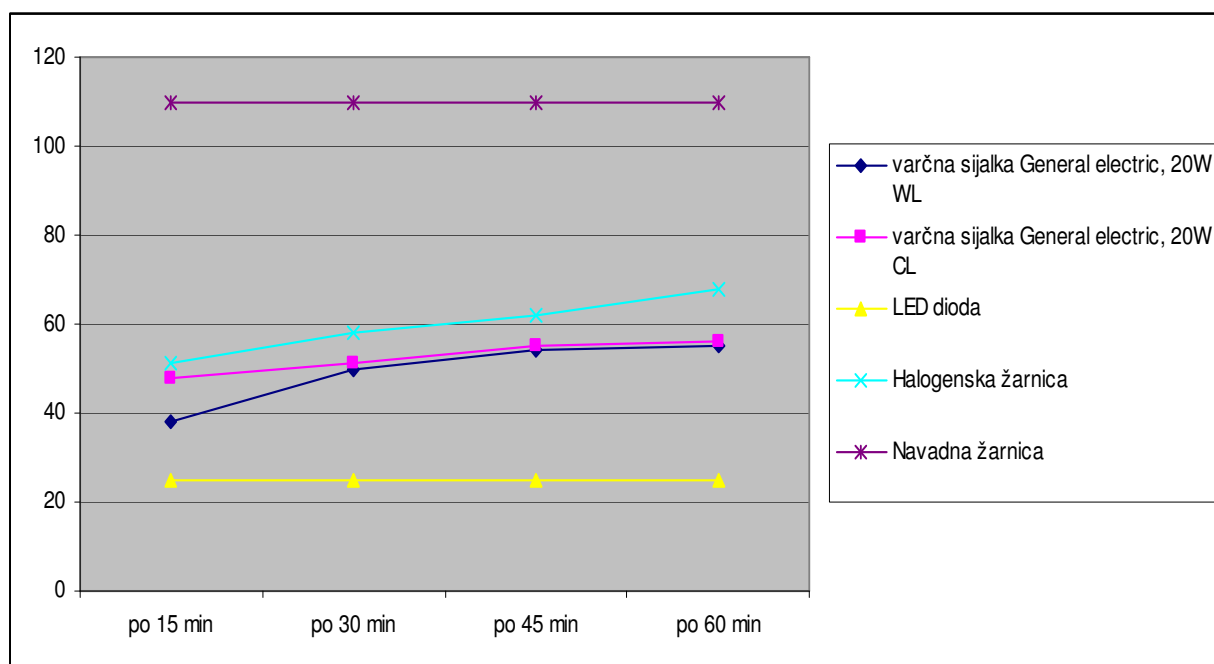
Zadnja dva grafa prikazujeta svetlobni spekter sijalk, ki oddajata toplo svetlobo. Na grafu 15 lahko vidimo, da je takoj po prižigu zarisan graf v vijolični barvi. Stanje po dveh minutah prikazuje graf rumene barve, stanje po treh minutah pa graf zelene barve. Najvišje nihanje zaznamo pri grafu zelene barve. Ta se povzdigne nad 280 pri valovni dolžini 625 nm. To je valovna dolžina, ki jo oko zazna kot oranžno barvo.

Meritve valovnih dolžin svetlobe so pokazale, da oznake na embalažah varčnih sijalk držijo. Dejstvo je, da je hladna svetloba človeku manj prijetna in celo moteča, zato bo verjetno razvoj varčnih sijalk šel v smer razvoja sijalk, ki bodo čim bolj posnemale naravno sončno svetlobo.



### 4.3 MERITVE TEMPERATURE

Z alkoholnim termometrom sem izmeril temperature petim različnim žarnicam, in sicer dvema 20 W varčnima sijalkama, LED diodi, halogenski žarnici in 100 W navadni žarnici. Rezultati meritev so vidni na grafu 16. Halogenska žarnica in obe varčni sijalki so se približno enako segrevali, saj se je izmerjena temperatura na površini žarnice gibala okoli 50°C in 60°C. Temperatura halogenske žarnice je bila po 30-ih minutah višja za 10°C v primerjavi z varčnima žarnicama. Za meritve sem izbral varčni sijalki, ki oddajata različni svetlobi, saj me je zanimalo, če tudi to vpliva na spreminjanje segrevanja površine sijalk. Izkazalo se je, da se sijalka, ki oddaja hladno svetlobo (oznaka CL) sprva bolj segreje, a se že po 30-ih minutah temperaturi obeh sijalk praktično izenačita.



Graf 16: Temperature različnih žarnic po določenem času.

Med meritvami najbolj izstopata meritvi temperature na površini navadne žarnice in LED diode. Navadna žarnica se je segrela nad 110°C, vendar sem bil pri merjenju omejen, saj sem uporabljal alkoholni termometer s temperaturno skalo do 110°C. Navadna žarnica se je že na začetku segrela do zgornje meje zmogljivosti termometra. Druga skrajnost je LED dioda, katere temperatura je bila ves čas merjenja 15°C.

#### 4.4 IZRAČUN PRIHRANKA ENERGIJE

Razsvetljava na šoli predstavlja pomemben delež v porabi električne energije, saj je v razredih in na hodnikih veliko luči. Seveda je porabnikov električne energije še več (npr. grafoskopi, računalniki, DVD predvajalniki, projektorji, televizorji ipd.), vendar sem želel izračunati samo porabo električne energije pri uporabi navadnih žarnic v primerjavi s porabo energije pri uporabi varčnih sijalk. Na OŠ Gustava Šiliha je v učilnicah, na hodnikih, v kabinetih, jedilnici in telovadnici skupno 374 svetil, ki v povprečju goriijo 4,6 ure na dan. Pri izračunu sem upošteval, da imamo 190 dni pouka. Seveda se zavedam, da nekatere žarnice (predvsem v kabinetih, na hodnikih in v nekaterih učilnicah) goriijo tudi med počitnicami in v popoldanskem času, a gre le za približno oceno in so zato v izračun zajeta povprečja, ki so mi jih posredovali v tajništvu šole.

*Varčne sijalke:*  $374 \times 20 \text{ W} \times 4,6 \text{ h} \times 190 \text{ dni} = 6.537.520 \text{ Wh}$   $\sim 7.000 \text{ kWh} / \text{leto}$

*Navadne žarnice:*  $374 \times 100 \text{ W} \times 4,6 \text{ h} \times 190 \text{ dni} = 32.687.600 \text{ Wh}$   $\sim 33.000 \text{ kWh} / \text{leto}$

---

*RAZLIKA*  $\sim 26.000 \text{ kWh} / \text{leto}$

Iz zgornjega izračuna lahko vidimo, da navadne žarnice na leto porabijo kar 26.000 kWh električne energije več, kot bi jih varčne sijalke. Odstopanja od zgornjega izračuna so lahko tudi zaradi različne moči žarnic in varčnih sijalk.

V nadaljnjem izračunu sem primerjal porabo premoga, če bi na OŠ Gustava Šiliha za razsvetljava uporabljali varčne sijalke in če bi uporabljali navadne žarnice. Pri tem sem upošteval, da je za proizvodnjo energije, ki jo porabi 10 100W žarnic, potrebno 1 kg premoga, torej je za 374 žarnic potrebno 37,4 kg premoga. Za proizvodnjo energije, ki jo porabi 10 20W varčnih sijalk, pa je potrebno 0,20 kg premoga, torej je za 374 varčnih sijalk potrebno 7,4 kg premoga.

*Varčne sijalke:*  $7,4 \text{ kg} \times 4,6 \text{ h} \times 190 \text{ dni} = 6.467,6 \text{ kg}$   $\sim 6 \text{ ton premoga}$

*Navadne žarnice:*  $37,4 \times 4,6 \text{ h} \times 190 \text{ dni} = 32.687,6 \text{ kg}$   $\sim 33 \text{ ton premoga}$

---

*RAZLIKA*  $\sim 27 \text{ ton premoga}$

V zgornjem izračunu sem prav tako upošteval, da so prostori v šoli v povprečju razsvetljeni 4,6 ure na dan 190 dni v letu. Za pridobivanje električne energije za letno razsvetljavo šolskih prostorov porabimo približno 33 ton premoga. Če bi vseh 374 navadnih žarnic zamenjali z varčnimi sijalkami, bi za pridobitev električne energije porabili približno 6 ton premoga.

V nadaljnjem izračunu sem želel ugotoviti, ali tudi v finančnem smislu pomeni zamenjava svetil prihranek. Za razsvetljavo prostorov v šoli bi v primeru varčnih sijalk porabili približno 7.000 kWh električne energije na leto (glej zgornji izračun), kar pomeni 56.000 kWh v osmih letih. 1 kWh električne energije stane 0,06 €, torej bi v tem primeru za razsvetljavo šolskih prostorov plačali 3.360 €. Upoštevati moramo tudi strošek nabave varčnih sijalk, ki so dražje od navadnih žarnic, saj ena kvalitetna varčna sijalka stane okoli 7 €. Za nakup 374 sijalk bi v osmih letih porabili 2618 €, če upoštevamo dejstvo, da imajo varčne sijalke življenjsko dobo okoli 8 let. Skupni strošek razsvetljave v primeru uporabe varčnih sijalk bi v osmih letih tako znašal okoli 6.000 €.

Če bi namesto varčnih sijalk še naprej uporabljali navadne žarnice, bi na OŠ Gustava Šiliha za razsvetljavo prostorov na leto porabili 33.000 kWh električne energije, v osmih letih torej 264.000 kWh, kar bi nas stalo 15.840 €. Ker žarnice hitreje pregorijo, bi jih morali vsako leto zamenjati, zato bi v osmih letih kupili 2.992 žarnic. Navadna 100 W žarnica stane 0,69 €. 374 žarnic bi kupili za približno 2.000 €. Skupni strošek razsvetljave šole bi v osmih letih ob uporabi žarnic znašal okvirno 17.800 €.

Razlika je očitna, čeprav predstavlja nakup varčnih sijalk sprva večji strošek, se njihov nakup na dolgi rok obrestuje, saj bi v osmih letih lahko prihranili okoli 11.000 €.

Iz zgornjih izračunov lahko vidimo, da sijalke res predstavljajo varčnejši način razsvetljave.

## 5 RAZPRAVA

Z raziskavo sem želel preveriti pet hipotez. Zanimalo me je, če varčna sijalka oddaja manj toplote od navadne žarnice, če varčna sijalka sveti močnejše od navadne žarnice, če navadna žarnice stanejo več od varčnih sijalk, če imajo varčne sijalke daljšo življenjsko dobo od navadne žarnice, če so varčne sijalke v primeru, ko se razbijejo, nevarne za zdravje človeka in če so škodljive za oči zaradi poudarjenega belega spektra.

Varčna sijalka v resnici oddaja manj toplote od navadne žarnice. Ta hipoteza je bila v raziskavi po opravljenih merjenjih potrjena, saj varčna sijalka kljub segrevanju (tudi do 55°C) odda pol manj toplote kot navadna žarnica. Najmanj se segreva LED dioda.

Po izvedenih poskusih je mogoče ugotoviti, da navadna žarnica in varčna sijalka svetita enako močno in sicer dosežeta svetilnost 490 lux. Hipotezo, da varčna sijalka sveti močnejše od navadne žarnice, zavrnamo, saj varčna sijalka z močjo 20 W sveti s svetilnostjo 490 lux. Sicer prvi dve minuti po prižigu res sveti manj močno, saj se mora najprej ogreti. Navadna 100 W žarnica pa vse od začetka merjenja do konca sveti s 490 lux. Torej je svetilnost 20 W varčne sijalke primerljiva s svetilnostjo 100 W navadne žarnice. S poskusom sem tudi ugotovil, da starost žarnice ne vpliva na njeno svetilnost. Če bi želel imeti primerljive rezultate, bi moral uporabiti enako močne sijalke, istega proizvajalca in različno stare. Glede na to, da pri meritvah, ki sem jih opravil z novimi in starimi sijalkami, ni bilo odstopanj od svetilnosti, je tudi ni pričakovati, če bi uporabil še več različno starih sijalk. Na drugi strani pa je nemška raziskava pokazala, da žarnice Ecopak, Aldi nord Varilux, Isotronic, Megaman in Osram Dulux že po 3000 urah svetijo slabše. Nasprotno pa je žarnica Philips PLED 20-23 W tudi po 10.000 urah svetila enako kot na začetku, le pogosti izklopi ji ne ustrezajo (Tihec, 2010).

Zelo zanimiv podatek, ki sem ga dobil z merjenjem svetilnosti, je ta, da 15 W varčna sijalka sveti z 490 lux, tako kot močnejša 20 W varčna sijalka istega proizvajalca. Prav tako sta s 490 lux svetili 75 in 100 W navadna žarnica. Pri navadnih žarnicah se že na oko lahko opazi razlika v moči. Takšne rezultate si lahko razlagam le z dejstvom, da sem meril svetilnost na razdalji 40 cm. Verjetno bi se pokazale razlike, če bi meril osvetljenost določenega prostora pri uporabi različno močnih sijalk in žarnic.

Pri merjenju svetilnosti se je izkazalo, da vse varčne sijalke niso enako kvalitetne, saj so se pri cenejših pojavila nihanja v svetilnosti. Teh nihanj sicer s prostim očesom ne opazimo, a so za

oko in počutje lahko zelo moteča. Tukaj bi lahko primerjal varčne sijalke različnih proizvajalcev, preverjal nihanja v svetilnosti in primerjal njihove cene.

Po obiskih večine trgovin po Velenju sem ugotovil, da varčna sijalka stane veliko več od navadne žarnice. Varčna sijalka stane od 4,99 evra naprej, medtem ko navadna žarnica le do 1,99 evra. S tem lahko zavrnemo hipotezo, ki govori o tem, da je navadna žarnica dražja od varčne sijalke.

Četrto hipotezo, da so sijalke nevarne za zdravje, sem preveril in v raziskavi potrdil. Sijalke so nevarne, kajti če se razbijejo, zaradi vsebnosti živega srebra ogrožajo zdravje človeka. Živo srebro lahko pride v stik s sluznico in tkivi, kar privede do zastrupitve z živim srebrom. Ravno zaradi tega je reciklaža in nasploh odlaganje varčnih sijalk med ostale odpadke zelo problematično. Vprašati se moramo, koliko ljudi je dovolj zavednih, da bodo pravilno odstranili izrabljene sijalke. Zanimivo bi bilo narediti raziskavo, v kateri bi ugotavljali, ali ljudje poznajo nevarnost za zdravje zaradi stika z živim srebrom v sijalkah. Zelo pomembno se mi tudi zdi, da se bi večkrat govorilo o tem, kako primerno odstraniti izrabljeno varčno sijalko ali celo kako ravnati, če se ti sijalka razbije. Na tem mestu se mi zdi ozaveščanje ljudi izrednega pomena, saj lahko v nasprotnem primeru množična uporaba varčnih sijalk predstavlja korak nazaj v skrbi za okolje.

Biofizika ugotavlja, da bela svetloba za človeka sicer ni nevarna, je pa neprijetna. V raziskavi ugotavljam, da imajo nekatere sijalke močno poudarjen bel spekter ali tako imenovano belo svetlobo. Nekatere ljudi bolijo oči in glava, če pod takšno sijalko berejo ali delajo. Na nekatere ljudi pa poudarjen bel spekter nima posebnega vpliva. Ker je bel spekter za večino neprijeten, so začeli izdelovati sijalke, ki oddajajo toplo svetlobo. Seveda je razvoj sijalk še v povojih in pričakujemo lahko, da bodo v prihodnosti sijalke oddajale človeku prijaznejšo svetlobo.

Nemška neodvisna organizacija Stiftung Warentest se ukvarja s preizkušanjem in ocenjevanjem najrazličnejših stvari, od pralnega stroja do zavarovalniških uslug. Zanimiv je tudi njihov test varčevalnih žarnic, v katerem so primerjali kvaliteto, ceno, življenjsko dobo, odpornost na pogoste izklope in svetilnost. Rezultati testa so pokazali, da so nekatere varčne sijalke skoraj neuničljive. Še po 19.000 urah stalnega delovanja so svetile naprej in pri isti svetilnosti porabile za 80% manj energije od običajnih žarnic, zato se nakup takšnega izdelka zagotovo izplača, saj običajne žarnice po 1000 urah zagotovo pregorijo. Test so začeli izvajati junija 2004, sijalke pa so preizkušali tako, da so gorele 165 minut, nato pa so jih za 15 minut ugasnili ter nato spet prižgali. Od 27 svetil je 9 modelov zdržalo več kot

19.000 ur. Poleg uveljavljenih znamk Osram in Philips so testirali tudi izdelke drugih firm. Merili pa so tudi svetilnost, ki je ob zaključku povprečno padla na 69 %, pri dobrih izdelkih pa ostala skoraj nespremenjena, na 94 % (Tihec, 2010).

Najbolje so se odrezali izdelki Osram, pri čemer velikost navoja E27 ter manjšega E14 ni pomembna. Niso samo varčne in zdržljive temveč tudi odporne na pogosto ugašanje, pri čemer močno prekašajo ostale proizvajalce. Od preizkušenih je 12 žarnic zaradi izklopov predčasno pregorelo, med njimi proizvodi Aldi, Bauhaus, Ikea, Isotronic, Luxx in TIP. Po 7000 hitrih izklopih se niso več vključile, zato so dobile slabšo oceno, vendar pa so bile ob nakupu cenejše od boljših izdelkov. Nakup slabših pa se vseeno izplača, saj so kljub vsemu zdržale 6.800 ur delovanja (Tihec, 2010).

Tabela 2: Primerjava lastnosti in cen nekaterih varčnih sijalk (Tihec, 2010).

Proizvajalec	Srednja cena €	Srednja življ. doba - ure	Svetla kot običajna žarn.	Svetlost	Opisna ocena
Ikea	1,50	15 900	60 W	+	DOBRO (2,4)
Aldi Nord	3,80	9 900	40 W	+	DOBRO (2,5)
Megaman	7,95	13 000	40 W	+	DOBRO (2,5)
Philips	7,10	> 19 000	60 W	+	ZADOVOLJIVO (2,6)
Bauhaus	2,55	18 800	40 W	+	ZADOVOLJIVO (2,8)
Isotronic	2,15	9 600	40 W	+	ZADOVOLJIVO (2,8)
TIP	3,00	19 000	40 W	+	ZADOVOLJIVO (2,8)
Neolux	3,70	18 800	40 W	+	ZADOVOLJIVO (3,0)
Ecopak	3,50	14 700	25 W	o	ZADOVOLJIVO (3,6)
Osram	17,00	> 19 000	75 W	+	DOBRO (2,1)
Megaman	13,00	18 800	75 W	+	ZADOVOLJIVO (3,0)
Luxxx	2,00	4 600	40 W	+	ZADOVOLJIVO (3,6)

Ob prehodu na varčne sijalke je potrebno upoštevati nekaj pravil. Ker slednje delujejo kot fluorescentne sijalke, manjka v njihovem spektru rdeča barva, zato rdeče obarvani predmeti pod njihovo svetlobo delujejo rjavkasto in so brez sijaja. Za rožnato obarvana in opremljena stanovanja torej varčne sijalke niso primerne. Zato je ob nakupu potrebno dobro prebrati podatke na embalaži in iskati izdelke z oznako »ekstra toplo bela« ali »toplo bela« (Warmweiss ali Warm White«). Sijaj teh žarnic je prijetnejši od izdelkov z oznako »dnevna svetloba«, ki daje predmetom bled in plavkast pridih, ter je za bivalne prostore manj primeren (Tihec, 2010).

V Sloveniji smo začeli varčne sijalke resneje uvajati v naš vsakdan oktobra 2007. Takrat je Holding Slovenskih elektrarn sprožil akcijo razdeljevanja varčnih sijalk v vsako gospodinjstvo. Skupaj z računom za električno energijo je vsako gospodinjstvo prejelo kupon, s katerim smo dobili brezplačno varčno sijalko znamke Osram, moči 21 W. Njena življenjska doba je 8.000 ur, kar ustreza povprečni porabi osem let. Takoj se je v akcijo vključilo tudi podjetje Zeos, ki je za odslužene sijalke ponudilo posebne zbiralnike in jih ekološko reciklira. Zbiralnike za odslužene sijalke lahko danes najdemo tudi v večjih trgovskih centrih.



Slika 14: Varčna sijalka Osram, ki jo je prejelo vsako gospodinjstvo (Tihec, 2010).

Hiter razvoj tehnologije nam omogoča, da se pogosteje srečujemo z novostmi. Komaj smo se navadili na varčno sijalko, že nam strokovnjaki obljublajo izboljšave na področju razsvetljave prostorov z bolj učinkovitimi varčnimi sijalkami ali celo z izboljšavami LED diod. Vsekakor pa pomeni uporaba varčnih sijalk in tudi LED diod prihranek za vsako gospodinjstvo. Res je ta prihranek opazen šele v daljšem časovnem obdobju, kar sem prikazal tudi v izračunu prihranka za OŠ Gustava Šiliha. Zanimivo bi bilo narediti še enkrat celotno raziskovalno nalogo ter med sabo primerjati navadno žarnico, varčno sijalko in LED diodo. Zanimivo bi bilo vključiti tudi mnenja ljudi, ki ta svetiila uporabljajo.

## 6 ZAKLJUČEK

Ugotovimo lahko, da so varčne sijalke v resnici varčne, ko jih uporabimo namesto žarnic. Pri tem pa je treba upoštevati še nekaj. Namreč, proizvodnja navadnih žarnic je bistveno enostavnejša in cenejša kot proizvodnja zahtevnih sijalk. Druga težava, na katero naletimo pri varčnih sijalkah je ta, da je njihovo recikliranje izjemno problematično. Žarnice je v primerjavi s sijalkami zelo preprosto reciklirati, pri sijalkah pa je potrebno ločiti plastiko od stekla, živo srebro, pline (na primer argon) oziroma živosrebrno paro, ki oddaja ultravijolično svetlobo, nato pa še praške, ki ultravijolično svetlobo spreminjajo v vidne dele spektra. Ko govorimo o prihranku električne energije, je varčna sijalka zagotovo bolj primerna od navadne žarnice z vidika posameznega uporabnika. Z vidika celotne proizvodnje in recikliranja pa varčna sijalka ne zasluži več tega imena.

Ker je razvoj varčnih sijalk še v povojih, lahko pričakujemo, da bodo v prihodnje izpopolnili proizvodnjo sijalk in tudi recikliranje bo zagotovo postalo bolj enostavno. Lahko pa se zgodi, da se bomo morali od varčnih sijalk, prav zaradi skrbi za okolje, posloviti. Ironično, a vendar resnično. Tako kot smo se morali posloviti od termometrov na živo srebro, se moramo zavedati, da je tudi živo srebro v varčnih sijalkah nevarno za naše zdravje. Mogoče je prihodnost svetil usmerjena v razvoj kakšnih drugih žarnic. Sam vidim prihodnost v LED diodah, ki so še manjši porabniki energije kot varčne sijalke in so tudi okolju ter ljudem bolj prijazne. Izpopolniti jih je potrebno samo še v smislu boljše svetilnosti, kar nekateri proizvajalci že rešujejo z uporabo leč. Prav lahko se zgodi, da bomo čez nekaj let odkrili in spoznali še kakšno drugo tehnologijo za razsvetljevanje naših bivalnih prostorov, v tem času pa bomo preizkušali in uporabljali različna svetila, ki bodo seveda bolj ali manj ustrezna.



## 7 POVZETEK

Osnovni namen naloge je bil ugotoviti, koliko lahko varčna sijalka prispeva k ohranjanju narave. Zanimalo me je, kako varčne so v resnici varčne sijalke. Z lux metrom sem izmeril svetilnost navadnih žarnic in varčnih sijalk. Nato sem s spektrometrom izmeril svetlobne spektre, da bi ugotovil, iz katerih barv, ki jih zazna človek v svojem vidnem polju, je sestavljena svetloba sijalke, navadne žarnice, LED diode in halogenske žarnice. Meritve temperature žarnic in sijalk sem opravil z alkoholnim termometrom in ugotovil, da navadne žarnice ogromno energije pretvorijo v toploto, medtem ko varčne sijalke energijo pretvarjajo v svetlobo. Ugotovil sem, da svetilnost pri sijalkah cenejših proizvajalcev niha, medtem ko svetilnost navadne žarnice ne niha. Varčne sijalke so dražje od navadnih žarnic, imajo pa zato daljšo življenjsko dobo. Če jih razbijemo, zaradi vsebnosti živega srebra, postanejo nevarne za zdravje, zato je izredno pomembno, da odslužene varčne sijalke odvržemo v zato pripravljene zabojnike.

Četudi varčne sijalke porabijo manj električne energije od navadnih žarnic, je vprašljiva njihova proizvodnja v smislu ekologije in varčevanja z energijo – za izdelavo navadnih žarnic je potrebne manj energije, materiali so cenejši, pa tudi z ekološkega vidika so navadne žarnice primernejše.

## 8 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici mag. Aniti Povše za spodbudo, svetovanje in podporo pri izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvala gre tudi mojima staršema, ker sta me motivirala in spodbujala, gospe Andreji Centrih Erjavec, prof. Petru Jevšenaku in prof. Tatjani Kanduti z Gimnazije Velenje, ki so mi posodili program za izračun in risanje grafov pri merjenju svetilnosti in si vzeli čas, da so mi delovanje luxmetra razložili.

Zahvaljujem se tudi prof. dr. Nataši Vaupotič, dekanici Fakultete za naravoslovje in matematiko v Mariboru, ki mi je zaupala uporabo povsem novega spektrometra, me naučila ravnati z njim in mi pojasnila njegovo delovanje. Nakup spektrometra je bil omogočen v okviru projekta Naravoslovni izobraževalni center za trajnostni razvoj (SI0039-GAN-00087-E-V1-Norwegian FM) z donacijo Norveške preko Norveškega finančnega mehanizma.

## 9 LITERATURA

- Klsične žarnice ali varčne sijalke  
<http://www.svetloba.satcitananda.si/svetila.html#spekter> (3. 1. 2010).
- Kako reciklirati varčne žarnice  
www.bodieko.si (10.3.2010).
- LED žarnice  
www.bodieko.si (10.3.2010).
- Vpliv svetlobe na zaznavo barve  
<http://www.kii2.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/barvila1/index.html>  
(12.2.2010).
- Leksikon Cankarjeve založbe, Cankarjeva založba Ljubljana, (str. 232, 1050), 1988.
- Mijatović, V. Delovanje sijalke, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.  
<http://zvonko.fgg.uni-lj.si/seminarji> (10.2.2010).
- Navadna žarnica  
[zvonko.fgg.uni-lj.si/.../zarnice/zarnice.html](http://zvonko.fgg.uni-lj.si/.../zarnice/zarnice.html) (22.11.2009).
- Ardley N., Lambert M., Muiriden J., Pick C., Wright J. 1990. Enciklopedija vprašanj in odgovorov kako. Mladinska knjiga.
- Tihec, S. 2010. Test varčnih sijalk.  
<http://varcevanje-energije.si/razsvetjava/test-varcnih-sijalk.html> (15.1.2010).
- Svetlomer  
<http://www.slo-foto.net/clanki/53/svetlomer> (5.3.2010).