

MIINA HÄRMA GÜMNAASIUM
TÜ KOLLOID-JA KESKKONNAKEEMIA ÕPPETOOL
KARINA SEIN
11. KLASS

LED-PIRNIDE VÕRDLUS LUMINOFOOR- JA HÕÕGPIRNIDEGA

JUHENDAJAD: ERKKI TEMPEL
KALEV UIGA, M. Sc, TÜ KESKKONNATEHNOLOOGIA ERIALA

SISSEJUHATUS

Euroopa Liidus on energia kokkuhoid aktuaalne teema, kuid ka Eesti Vabariigil on kohustus säästa energiat suurtes kogustes. Üheks energialiigiks on elektrienergia (Tamm, 2011). Meie laiuskraadil, eriti talvisel ajal, on tähtsal kohal valgustus. Umbes neljandik hoone energiakulust läheb valgustusele. Olenevalt elektrikirni liigist tuleb valgustuse maksumus silmapaistvalt erinev. Valgusdiod- ehk LED-lampide tootmis- ja kasutustehnoloogia on niivõrd uus, et selle kohta pole palju uurimistöid Eestis avaldatud. Nende tootmiseks kasutatav tehnoloogia ka täieneb pidevalt ning seoses valgusdiodide hinna soodsamaks muutumisega ja energiasäästlikkusega kasvab nende kasutamise populaarsus. Seda teemat on lähemalt uurinud Tallinna Tehnikaülikooli õppejõud Tiiu Tamm, kes 2012. a ajakirjas „Keskkonnatehnika“ kirjutab, et LED-lambid ei ole oma kõrge hinna pärast Eestis eriti populaarsed ning 100 W hõõglampi LED-lambiga asendada ei saagi (Tamm, 2012).

Sellest ajast on toimunud LED-tehnoloogia tormiline areng ning 2014. a Nobeli füüsikapreemia said Jaapani ja Ameerika Ühendriikide teadlased tõhusa sinise valgusdiodi loomise eest. Sinine valgusdiod on üks olulisemaid valge valguse allika komponente. Valged valgusdiodid põhinevad sinistel, mis on ergastatud luminofooriga, nii et sinine valgus on muundatud valgeks valguseks. Selliste valgusdiodide kasutamisega ulatub 100 000 tunniini ning nende turuosa kasvab jõudsalt seoses lampide pideva odavnemisega. Vahetades hõõglambid ja luminofoorlampid LED-lampide vastu, vähendame oluliselt valgustuse elektritarbimist (Varjas ja Oorn, 2014).

Oma panuse LED-tehnoloogia arengusse annab ka Tartu Ülikooli füüsika instituut. 2014. a märtsis sõlmiti kokkulepe maailma juhtiva tehnoloogiafirmaga Samsung R&D Institute Japan, kellega koos arendatakse tõhusamaid materjale valgete valgusdiodide tarbeks. Tartu Ülikooli materjalide kompuuter-modelleerimise professor Mihhail Birk kommenteeris, et sinise

valgusdiodi leiutamine muudab valgustitööstuse tulevikku ja sellel on tähtis roll inimkonna energianälja piiramisel („Tartu ülikooli füüsikud ja Samsung teevad koostööd valgusdiod- valgustite arendamisel“, 2015).

Käesolevas töös uuritakse ja võrreldakse erinevat tüüpi elektripirnide (nt hõõg-, luminofoor- ja valgusdiodpirn) kasutamisega kaasnevat kulusid tarbijale ning üritatakse leida sellest tulenevat kokkuhoiu võimalusi nii kodumajapidamistes kui ka avalikes hoonetes (nt klassiruumis). Töös vaadetakse, kui suur rahaline kokkuhoid reaalselt tekib, kui minna erinevatelt teistelt pirnitüüpidelt üle LED-pirnidele. Töö eesmärgiks on hinnata LED-pirnide kasutamisele üleminekuga saavutatavat rahalist kokkuhoidu, vaatamata nende suhteliselt kallimale müügihinnale võrreldes teiste elektripirni liikidega, mis tuleneb põhiliselt nende suuremast energiasäästlikkusest ja pikemast tööeest.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	1
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	3
2. MATERJAL JA METOODIKA	7
2.1 Uurimuses kasutatud pirnide tehnilised andmed	7
2.2 Teostatud arvutused energia- ja rahakulu leidmiseks	9
2.2.1 Korteris tarbitud elektrienergia võrdlus	9
2.2.2 Hinna kujunemise arvutamine erinevat tüüpi pirne kasutades	9
3. TULEMUSED.....	10
3.1 LED-lampide kasutuselevõtuga saavutatud energiakulu muutus kodus	10
3.2 Erinevat tüüpi lampide kasutamisest tulenev.....	12
elektrienergia hinna kujunemine kodus	12
3.3 LED lampide kasutuselevõtuga saavutatav energiakulu muutus klassiruumis ja hinna kujunemine	14
4. ARUTELU	17
KOKKUVÕTE	19
SUMMARY	20
KASUTATUD ALLIKAD	21
LISA 1 Klassiruumi valguslahenduse projekt.....	22
LISA 2.....	23

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Kokkuhoiu võimalusi valgustuselt on eelnevalt uurinud Tiiu Tamm oma raamatus „Praktiline valgustustehnika“, mis on välja antud Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liidu poolt aastal 2011. Raamatus on lahti seletatud valgustustehnika põhimõisted, kirjeldatud erinevate elektripirnide tööpõhimõtteid ja selgitatud valgustuse juhtimise võimalust.

Käesolevas uurimistöös on kasutatud järgmisi valgustehnika põhimõisteid:

Valgusvoog – iseloomustab, kui palju valgust lambist välja tuleb ning selle SI-ühikuks on *luumen* (lm). Valgusvoog sõltub lambi liigist, võimsusest, pingest ja valgusviljakusest.

Valgustihedus – pinnale langev valgusvoog pinnaühiku kohta. SI-ühikuks on *luks* (lx). Valgustihedus sõltub lambi ja valgustatava pinna vahelisest kaugusest.

Heledus – iseloomustab valgustatud ala heledust, mis jõuab vaataja silma. Heledus on omadus, mida inimene tajub. Sõltub vaataja vaatenurgast ja pinna peegeldusvõimest. SI-ühikuks on *kandela* ruutmeetri kohta (cd/m^2).

Valgusviljakus – valgusallika valgusvoo ja lambi poolt tarbitava võimsuse suhe. SI-ühikuks on *luumen vati kohta* (lm/W).

Värvustemperatuur – lambid jagatakse näiva värvi järgi ning selle SI-ühikuks on Kelvin (K): soe (alla 3300 K), neutraalne (3300–5300 K) ja külm (üle 5300 K) valgus. (Tamm, 2011)

Tänapäeval kasutuses olevad lambid jagunevad järgmiselt:

- 1) hõõg- ja halogeenlambid;
- 2) madalrõhulahenduslambid;
- 3) kõrgrõhulahenduslambid;
- 4) LED-lambid.

Hõõglambis muundatakse elektrienergia valguseks kõrge temperatuuriga ja pidevat spektrit kiirgava volframhõõgniidi vahendusel. Hõõglambid on üsnagi vastupidavad, kuid nende tööiga vähendavad siiski sagedased lülitused ja vibratsioon. Müügihinna poolest on hõõgpirnid odavamad, kuid võrreldes teiste tehisvalgusallikatega on nende suhteline kasutegur küllaltki väike, kuna suurem osa elektrienergiast (~95%) muundatakse soojuseks. Hõõgpirnid on seetõttu müügil kadumas, kuna need ei suuda energiasäästlikkuse osas teistega konkureerida. Samuti on nende tööiga suhteliselt lühike (~1000 tundi) hõõgniidi läbipõlemise tõttu (Tamm, 2011).

Halogeenpirnid on hõõgpirnid, mis on täidetud inertgaasiga (nt Ar, Xe), mis tõstab pirni

efektiivsust ja tööiga. Erinevad uued halogeenlampides kasutatavad tehnoloogiad suudavad võrreldes tavaliste hõõgpirnidega elektrisäästu suurendada kuni 45%. Halogeenlampi valgusvoog kasvab koos temperatuuri tõusuga, kuid volframi tugevam eraldumine hõõgniidilt lühendab selle eluiga. Kõikide mudelite heledust on võimalik reguleerida ja need sobivad igale valgusti tüübile. Erinevalt hõõglambist talub halogeenlamp tihedat lülitamist ning nende tööiga on 2000 tundi, mis on umbes kaks aastat (Tamm, 2011).

Madalrõhu-lahenduslampid jagunevad madalrõhu-luminofoorlampideks ja madalrõhu-naatriumlampideks. Säästupirnid on oma olemuselt luminofoorpirnid, millele on antud võimalikult sarnane väline kuju hõõglambiga. Nad sobivad iga tüüpi valgustitele, eriti sellisel juhul, kui lamp peab kaua aega põlema. Säästupirnide puuduseks on nende pikk süttimisaeg ning keskkonnoahtlikkus, sest nad sisaldavad väikeses koguses mürgist elavhõbedat. Ehkki säästupirnid on tunduvalt efektiivsemad kui hõõglambid, ei eelista neid paljud inimesed ka välimuse tõttu. Nende elektrisääst võrreldes hõõglambiga on 80% ja tööiga on umbes 15 000 tundi. Madalrõhu-naatriumlampide kasutamine ei ole Eestis juurdunud. Kõrgrõhulahenduslampe kasutatakse põhiliselt välivalgustites. (Tamm, 2011)

LED ehk valgusdiod on tahke pooljuht, mis muundab elektrienergia otse valguseks. Soojust LED praktiliselt ei kiirga, mis suurendab tema kasutegurit. Valgusdiod on väga väikese energiatarbe ja pika tööeaga. Viimase aja tehnoloogia võimaldab toota ka sooja valgusega pirne, mis sobivad paremini sisevalgustitesse hõõg- ja säästulampe asendama. LED-lambid on kogumas tarbijate hulgas populaarsust ja nende müügihind on langenud. Nad säästavad elektrienergiat tavalise hõõglambiga võrreldes kuni 90% ning nende tööiga on keskmiselt 25 000 tundi (Tamm, 2011).

LED-valgustus on viimase aasta valgustustehnika kuum teema. Järjest suuremat populaarsust võidavad need nii sise- kui ka välisvalgustuses. Mitmed Eesti linnad on Euroopa Liidu toel viinud oma tänavavalgustuse üle säästvatele LED-lampidele.

LED-tänavalampide eeliseks on nende suunatav valgus ning valgustugevuse reguleeritavus. Kõik koos annab võrreldes vanade (enamasti kõrgrõhu-luminofoorlampidega) suure energiakokkuhoiu ning projekt tasub end ära paari aastaga (Varjas, 2013) . Energiasäästu vajadusest on pidevalt tõusvate elektrihindade juures aru saanud ka kodutarbijad. Säästes energiat, säästetakse otseselt kulusid eluasemele.

Valgusdiodide kasutamine sai valgustehnikas alguse 1990ndatel aastatel (peamiselt efektvalgustuses). Värvilised reklaamtuled olid silmapaistvad, võtsid vähe energiat ning olid suhteliselt hooldusvabad. Valge valgusdiodi leiutamine käesoleva sajandi alguses tegi LED-valgustuse kasutamise võimalikuks ka igapäevaelus.

Valge diodi saamiseks on kaks võimalust. Ühel juhul saab kasutada punast, sinist ja rohelist diodi korruga. Sellise lahenduse korral tajuvad osalise värvipimedusega inimesed valgust

puudulikuna. Teine võimalus on sinise diodi katmine erinevate fosforkihtidega. Nii on võimalik saada valgust soojast kollasest (2500 K) kuni külma tooni valguseni (10 000 K). (Tamm, 2012)

LED-tehnoloogia areng toob igal aastal müügile järjest uusi põlvkondi erinevaid lahendusi. LED-lampide populaarsuse kasv tõotab kiiret kasu nende tootjatele. Nii on turule ilmunud palju firmasid, kelle toodang on küll veidi odavam, aga ei vasta kehtestatud kvaliteedinõuetele. Nii avaldati 2012. a algul uudis LED-lampide kontrolltestist, kus 168-st LED-lambist ei läbinud testi 139 lampi, sest nad ei vastanud EL-i maades müüdavate toodete nõuetele. Umbes 40% keelustati seetõttu, et need tekitavad elektrivõrgus elektromagnetilisi häireid. 65% oli pärit tundmatutelt tootjatelt ning osal puudus isegi CE tähis. Keelustatud tooted olid pärit Kaug-Idast, Euroopa tootjatega probleeme enamasti polnud. Mõnede LED-pirnide puhul oli puuduseks elektri- või tuleohutusnõuetele mittevastavus, näiteks kruvikeerajaga avatavad pirnid lambi pesas oleku ajal või voolu alla jäämise võimalus pirni pesasse keeramisel. Seega tuleks LED-pirne ostes valida tunnustatud tootja. Teadma peaks, et kõik dimmerid ehk hämardid ei sobi kõikidele LED-lampidele. LED-lampide eluiga sõltub jahutustingimustest ning seetõttu ei saa neid panna kuuma keskkonda. 2011. a selgitati välja ka kõige kvaliteetsem LED-lamp, kus L. Prize'i nimelise auhinna võitis Philipsi LED-lamp, mille valgusvoog ning värvus olid 18 000 tunni töötamise järel peaaegu samad kui uuel lambil (Tamm, 2012).

Tänapäeval ei kahtle enam ükski elektriinsener, et LED-valgustus on energiasäästlik. Tasuvus sõltub aga sellest, millisesse keskkonda LED-valgusteid vajatakse ja kuidas seda kasutatakse (lülitussagedus) ning kui õigesti lambid on valitud. Tundmatutelt tootjatelt ostetud lambid ei pruugi ootustele vastata. Euroopa Elektriseadmete Sertifitseerimise Assotsiatsioon püüab Euroopa turgu kaitsta ebakvaliteetsete toodete eest, väljastades Euroopas kehtivat ENEC sertifikaati. ENEC märgiga kaasneb tootjatehase iga-aastane inspeksioon ning toote nõuetele vastavuse uuring. ENEC sertifikaadi olemasolu saab kontrollida igaüks www.eepca.eu andmebaasist. Sertifitseeritud toodete puhul jääb ära probleem, et paari aasta pärast valgusti ei talitle või annab vähe valgust (Tamm, 2014).

LED-lampidel on palju positiivseid omadusi, millest olulisemad on järgmised:

- 1) nad on löögi- ja põrutuskindlamad kui hõõgniidiga valgusallikas;
- 2) süttivad ja saavutavad heleduse koheselt;
- 3) saadaval on nii sooja kui ka külma valgusena;
- 4) osasid neist saab hämardada dimmeriga;
- 5) valgusdiodid suudab pakkuda 16 miljonit erinevat värvi („Samm edasi LED-ide maailmas ehk sisse-ehitatud valgusallikaga valgustid“, 2014).
- 6) LED-lampe saab paigutada süvisesse, seinale, siinile ja karniisile. Neid on prožektorite ja torudena. Ka disainvalgustid liiguvad üha enam LED-lahenduste poole (Lisa 2).

Kõikide heade omaduste kõrval on LED-lampidel ka mõned puudused. Vähe on räägitud LED-valguse sinise spektriosa mõjust inimese tervisele. Nähtava valguse sinine spektriosa aitab organismil tasakaalustada sisemist bioloogilist kella ning viia seda päevasele rütmile, katkestades unehormooni tootmise. Looduses on sinise spektriosa tähtsus päeval 25–30%, LED-valgustuse puhul ületab see aga 35% kogu spektriosast. See tähendab, et töökohti ei tohi mitmekordselt üle valgustada. Teada on, et 60-aastane inimene vajab rohkem valgust kui 20-aastane, sest tema silmalääts ei lase valguse sinist spektriosa läbi nii hästi nagu noore inimese oma. Töökoha 4–5-kordsel ülevalgustamisel võib silma võrkkest kahjustuda juba lühikese aja jooksul. Seega LED-valgustust planeerides tuleb analüüsida kõiki LED-valgusega kaasnevaid aspekte, sest ainult nii saab olla valguslahendus töötajale tervisesõbralik (Tamm, 2014).

Sageli ei taheta olemasolevaid valgusteid vahetada, vaid piirduakse ainult pirnide või torude väljavahetamisega. See on esialgu odavam investeering, kuid selle tagajärjel võib kannatada valguse kvaliteet. Asendades T8 luminofoorlampid LED-lampidega ja jättes valgustisse alles induktiivdrosseli, kasvab reaktiivenergiakulu hüppeliselt, võimsustegur võib langeda 0,19-ni. Teadma peaks, et firmal Osram on saadaval T8 retrolamp, mille võimsustegur on 0,9 ka siis, kui induktiivdrosselit elektrisüsteemist ei eemaldata. Osadel LED-lampidel võib tekkida hämardumisprobleeme. Kõik hämardid ei sobi iga tüüpi LED-lampidega. Võib juhtuda, et lamp lülitab end välja või hakkab ise hämarduma. Ka võib tekkida hämardamisel häiriv sumin või lambi värelus. Nendest probleemidest vabanemiseks on välja töötatud LED-lampide digitaalne hämardamine. LEDOTRON-hämardusega saab lampi sujuvalt juhtida nullist kuni 100%-ni, ilma et võimsustegur väheneks, tekiks sumin või värelus. Jälgida tuleb aga, et nii lamp kui ka hämardi oleksid LEDOTRON-märgistusega. (Tamm, 2014)

Soovitused valgustusenergialt säästmiseks:

- Valgustite valikul tuleb lähtuda kõige energiasäästlikumatest valgustitest, kuid valimisel ei tohi ainult lähtuda energiasäästust, vaid tuleb läbi mõelda kogu terviklahendus.
- Nõutava valgustihedusega tuleb valgustada tööpinnad, mitte käigulad.
- Ka sisekujundajad peaksid tegema koostööd elektrisüsteemide projekteerijatega, et vältida energiakulukate disainvalgustite kasutamist.
- Töökeskkond tuleb planeerida selliselt, et päevavalguse kasutamine oleks maksimaalne.
- Ruumides, kus pidevalt ei liiguta, peab valgus olema liikumisandurite poolt juhitud.

Energiasääst ka väikestes asjades aitab säilitada ümbritsevat keskkonda (Tamm, 2011).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Uurimuses kasutatud pirnide tehnilised andmed

Praegu on meil korteris kasutusel järgmiste tootjate LED-pirnid (Tabel 1).

Tabel 1. Uurimuses kasutatud LED-pirnid.

1)	Tootja	LEDURO
	Valgusvoog	1050 lm
	Tööiga	40 000 h
	Värvustemperatuur	2700 K
	Võimsus	12 W
	Hind	20 €
2)	Tootja	PHILIPS
	Valgusvoog	230 lm
	Tööiga	50 000 h
	Värvustemperatuur	2700 K
	Võimsus	4 W
	Hind	9 €
3)	Tootja	W-TAC
	Valgusvoog	850 lm
	Tööiga	30 000 h
	Värvustemperatuur	4500 K
	Võimsus	10 W
	Hind	8,50 €

Enne LED-lampide kasutamist kasutati valgustuses järgmisi säästulampe (Tabel 2).

Tabel 2. Uurimuses kasutatud säästulambid.

1)	Tootja	SYLVANIA
	Valgusvoog	1200 lm
	Tööiga	12 000 h
	Võimsus	20 W
	Hind	4,50 €
2)	Tootja	SYLVANIA
	Valgusvoog	600 lm
	Tööiga	12 000 h
	Võimsus	11 W
	Hind	3 €
3)	Tootja	SYLVANIA
	Valgusvoog	1700 lm
	Tööiga	9000 h
	Võimsus	18 W
	Hind	1,50 €

Klassiruumi pirnide tehnilised andmed:

Võtsin uurimiseks kooli füüsikaklassis kasutusel oleva valgustuse. Tabelis on esimesena välja toodud klassis olemasolevad T8 madalrõhu luminofoorlambid (Tabel 3).

Tabel 3. T8 madalrõhu luminofoorlambid

1)	Tootja	PHILIPS
	Valgusvoog	6582 lm
	Tööiga	18 000 h
	Värvustemperatuur	840 K
	Võimsus	58 W
	Hind	3,38 €

Teises tabelis on välja toodud LED-lambid, mis sobivad T8 madalrõhu luminofoorlampide asendamiseks (Tabel 4).

Tabel 4. LED-lambid, mis sobivad T8 madalrõhu luminofoorlampide asendamiseks

2)	Tootja	OSRAM
	Valgusvoog	2600 lm
	Tööiga	40 000 h
	Värvustemperatuur	4000 K
	Võimsus	25 W
	Hind	21,6 €

Esvika Elekter AS pakkus klassiruumi valgustuseks välja omapoolse lahenduse, kasutades järgnevaid LED-laevalgusteid (Tabel 5).

Tabel 5. LLL 65 W ALDP 4000 K LED-lambid.

3)	Tootja	MODUS
	Valgusvoog	5429 lm
	Tööiga	40 000 h
	Värvustemperatuur	4000 K
	Võimsus	65 W
	Hind	102,96 €

2.2 Teostatud arvutused energia- ja rahakulu leidmiseks

2.2.1 Korteris tarbitud elektrienergia võrdlus

Võrdlesin korteri elektrienergia (kWh) kulu 2012. aastal, kui kasutati säästulampe, ja 2014. aastal, kui kasutati LED-lampe. Arvutasin energiakulu muutuse igas kuus ja aasta lõikes.

2.2.2 Hinna kujunemise arvutamine erinevat tüüpi pirne kasutades

Hinna kujunemise arvutamiseks kasutasin järgnevaid valemeid:

- 1) vaadeldava aja hind = tükihind / pirni keskmine tööiga × vaadeldav aeg × pirnide arv;
- 2) kogu elektri tarbimine (kWh) = vaadeldav aeg × pirnide arv × pirni võimsus;
- 3) kogu elektri maksumus = kogu elektri tarbimine (kWh) × 1kW hind elektrikpaketi +

vaadeldava aja hind.

3. TULEMUSED

3.1 LED-lampide kasutuselevõtuga saavutatud energiakulu muutus kodus

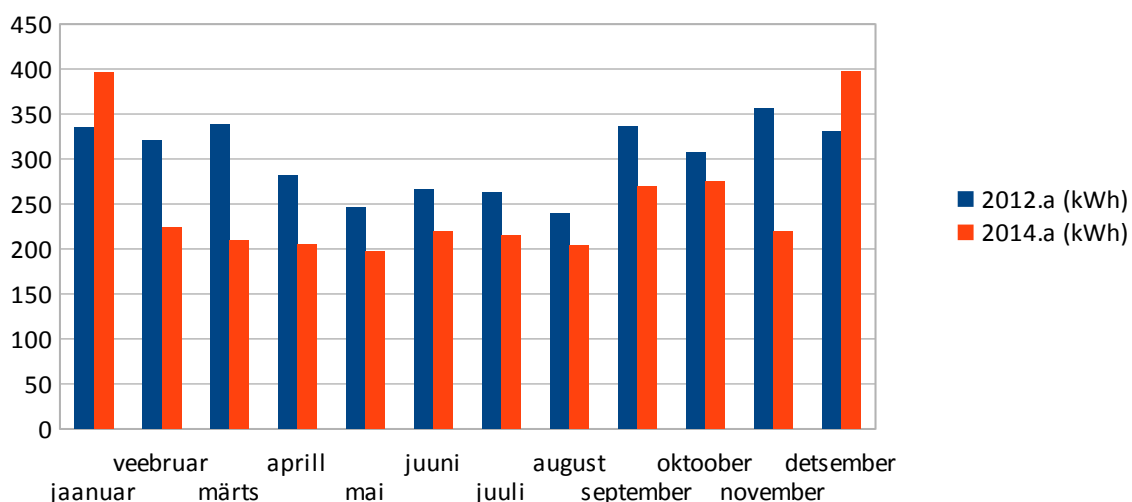
Meie korteris otsustati LED-lampidega katsetama hakata 2013. aastal. Järk-järgult vahetati välja laelampides seitse 20 W säästupirni 12 W LED-pirnide vastu. Koridoris vahetati välja 2 ×18 W luminescentstorud kahe 10 W LED-toru vastu. Abiruumis asendati alguses 11 W säästupirn 8 W LED-pirniga, kuid see oli liiga hele ning asendati katsetuste käigus hiljem 4 W LED-pirniga, mis tundus oma heleduselt võrdväärse vana 11 W säästupirniga. Vahetamata jäi lamp hämardatavas valgustis, sest nende maksumus oli 122 eurot. LED-lamp, mida saanuks hämardada, maksis ka tunduvalt rohkem, kui analoogsed säästu- või hõõglambid. Tasuvusaeg oleks olnud samuti liiga pikk.

Võrdleme korteri elektrienergia (kWh) kulu 2012. aastal, kui kasutati säästulampe, ja 2014. aastal, kui kasutati LED-lampe (Tabel 6, Joonis 1).

Tabel 6. Korteris tarbitud elektrienergia võrdlus 2012. ja 2014. aastal.

	2012. a (kWh)	2014. a (kWh)	Muutus (kWh)
Jaanuar	335	396	61
Veebruar	321	224	-97
Märts	338	210	-128
Aprill	282	205	-77
Mai	246	197	-49
Juuni	266	219	-47
Juuli	263	215	-48
August	240	204	-36
September	336	270	-66
Oktoober	307	275	-32
November	356	219	-137
Detsember	331	397	66
Kokku	3641	3031	-610

Energiakulude võrdlus



Joonis 1. Energiakulude võrdlus aastatel 2012 ja 2014.

Selgus, et 2014. aastal kulutati 610 kWh elektrienergiat vähem. Kokkuhoid toimus tõenäoliselt valgustuse arvelt, sest muu elektritarbimine on lisandunud tarbijate arvel kasvanud. 2014. aasta jaanuaris ja detsembris suurenes elektrienergia tarbimine tõenäoliselt elektriradiaatori kasutamise tõttu ühe toa kütmisel. LED-pirnide põlemisel ühe tunni jooksul kulutatakse varasema ajaperioodiga võrreldes siiski vähem energiat (Tabel 7):

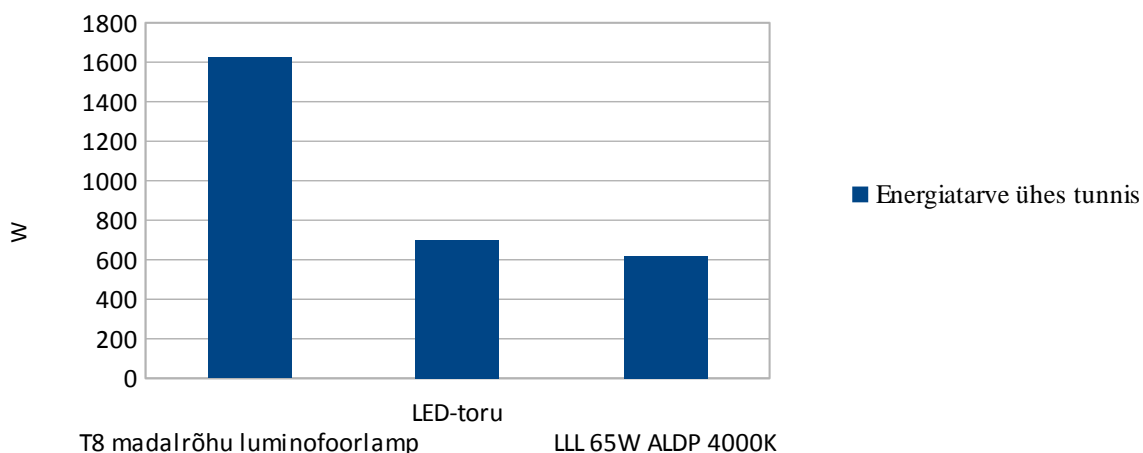
Tabel 7. Energiakulude võrdlus enne ja pärast LED-pirnide kasutuselevõttu.

Enne	Praegu
8 × 20 W	8 × 12 W
2 × 18 W	2 × 10 W
11 W	4 W
Kokku: 207 W = 0,207 kW	Kokku: 120 W = 0,12 kW

Energiasääst on seega $207 - 120 = 87$ W.

Energiakulu erinevaid lampe kasutades ühe tunni kohta on välja toodud joonisel 2.

Energiatarve ühes tunnis erinevat liiki lampide puhul



Joonis 2: Energiatarve ühes tunnis erinevat liiki lampide puhul.

3.2 Erinevat tüüpi lampide kasutamisest tulenev elektrienergia hinna kujunemine kodus

Arvutasin, kui palju raha kulub korteris, kui kasutada erinevaid pirnitüüpe. Lampe võrdleva graafiku tegemiseks arvutasin kulud pirni kasutamisel 500, 1000, 2000 ja 5000 tunni jooksul.

LED-pirnid:

Uurimuses kasutati seitset LED-pirni, kusjuures ühe pirni keskmine tööiga on 40 000 tundi (tootja LEDURO) ja ühe pirni hinnaks on 20 eurot. 500 tundi maksaks seega $20 : 40\,000 \times 500 = 0,25$ eurot. Kuna LED-lampe on seitse, siis korrutame saadud arvu seitsmega ning saame hinnaks 1,75 eurot. Seitsmega korrutame ka tundide arvu ($7 \times 500 = 3500$ tundi) ja korrutame selle ühe pirni võimsusega, et saada kogu elektritarbimist, mis on $3500 \times 12 = 42\,000$ Wh = 42 kWh. 1 kWh maksab (sõltuvalt valitud elektripaketist) hetkel ligikaudu 0,1 eurot, seega 42 kWh maksab $42 \times 0,1 = 4,2$ eurot. Liites kokku 42 kWh elektrienergia maksumuse ja LED-pirnide hinna, saame kogumaksumuseks $4,2 + 1,75 = 5,95$ eurot. Sama meetodit kasutades saame:

- 1) Seitsme LED-pirni (tootja LEDURO, keskmine tööiga 40 000 tundi, tükihind 20 eurot) põlemisel 1000 tunni jooksul tuleks elektrienergia maksumuseks 11,9 eurot. Seega 5000 tunni puhul kujuneks selle maksumuseks 59,5 eurot.
- 2) Ühe LED-pirni (tootja PHILIPS, keskmine tööiga 50 000 tundi, tükihind 9 eurot) põlemisel 5000 tunni jooksul tuleks maksumuseks 2,9 eurot.
- 3) Kahe LED-pirni (tootja W-TAC, keskmine tööiga 30 000 tundi, tükihind 8,5 eurot) põlemisel

5000 tunni jooksul tuleks maksumuseks 12,84 eurot.

Kui arvestada, et eelpool nimetatud LED-pirnid põlevad keskmiselt kaheksa tundi päevas (2920 tundi aastas), lambid tarbivad tunnis kokku 0,12 kW ja kWh maksab 0,1 eurot, siis aastas kuluks LED-lampidele $2920 \times 0,12 \times 0,1 = 35,04$ eurot.

Säästupirnid:

Ühe 20 W säästupirni (tootja SYLVANIA, keskmine tööiga 12 000 tundi, tükihind 4,5 eurot) põlemisel 500 tunni jooksul tuleb pirni maksumuseks $4,5 : 12\ 000 \times 50 \approx 0,19$ eurot. Kuna säästulampe on seitse, siis korrutame saadud arvu seitsmega ning saame hinnaks $7 \times 0,19 = 1,33$ eurot. Seitsmega korrutame ka tundide arvu ($7 \times 500 = 3500$ tundi) ja korrutame selle ühe pirni võimsusega, et saada kogu energiatarvet, mis teeb $3500 \times 20 = 70\ 000$ Wh = 70 kWh. 1 kWh maksab 0,1 eurot, seega 70 kWh elektrienergiat maksab $70 \times 0,1 = 7$ eurot. Liites kokku 70 kWh maksumuse ja säästupirnide hinna, saame kogumaksumuseks $7 + 1,33 = 8,33$ eurot.

Sama meetodit kasutades saame:

1) Seitsme 20 W säästupirni (tootja SYLVANIA, keskmine tööiga 12 000 tundi, tükihind 4,5 eurot) kasutamise maksumuseks tuleb 1000 tunni puhul 16,66 eurot (5000 tunni jooksul 83,3 eurot).

2) Ühe 11 W säästupirni (tootja: SYLVANIA, keskmine tööiga 12 000 tundi, tükihind 3 eurot) kasutamise maksumuseks tuleb 1000 tunni puhul 1,35 eurot (5000 tunni jooksul 6,75 eurot).

3) Kahe 18 W luminescentstoru (tootja SYLVANIA, keskmine tööiga 9000 tundi, tükihind 1,5 eurot) kasutamise maksumuseks tuleb 1000 tunni puhul 3,94 eurot (5000 tunni jooksul 19,7 eurot).

Kui arvestada, et pirnid põlevad keskmiselt kaheksa tundi päevas (2920 tundi aastas), lambid tarbivad tunnis 0,207 kW ja kWh maksab 0,1 eurot, siis aastas kuluks säästupirnidele $2920 \times 0,207 \times 0,1 \approx 60,44$ eurot.

Hõõglambid:

Vaatlen olukorda, kui kõik katses olevad lambid asendada hõõglampidega. Koridoris olevad kaks luminescentstoru vahetan ühe 100 W = 0,1kW hõõglambi vastu.

Ühe 100 W hõõglambi (valgusvoog ~1500 lm) tööiga on keskmiselt 1000 tundi ja maksumus 1,4 eurot. 500 tundi maksab seega $1,4 : 1000 \times 500 = 0,7$ eurot. Kuna hõõglampe on üheksa, siis korrutame saadud arvu üheksaga ning nende hinnaks saame kokku $0,7 \times 9 = 6,3$ eurot. Liites sellele summale juurde 500 tunni jooksul üheksa 100 W = 0,1 kW hõõgpirni poolt tarbitud elektrienergia maksumuse ($500\ h \times 0,1\ kW \times 0,1\ € \times 9 = 45$) saame kogumaksumuseks $6,3 + 45 = 51,3$ eurot

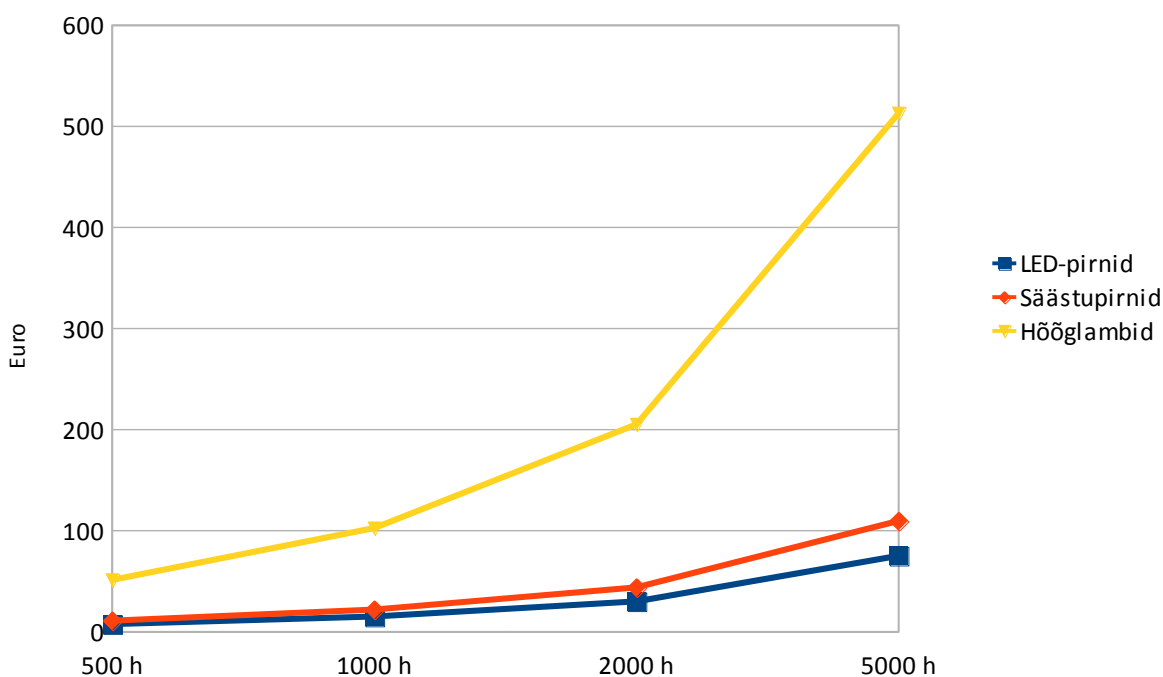
Sama meetodit kasutades saame:

1000 tunni puhul oleks maksumus 102,6 eurot ja 5000 tunni korral seega 513 eurot.

Kui arvestada, et hõõgpirnid põlevad keskmiselt kaheksa tundi päevas (2920 tundi aastas), lambid tarbivad tunnis $9 \times 0,1 = 0,9$ kW ja kWh maksab 0,1 eurot, siis aasta kohta tuleks maksumuseks $2920 \times 0,9 \times 0,1 = 262,8$ eurot.

Tabeli koostamisel on arvestatud, et kõik pirnid põlevad võrdse arvu tunde. Hinna kujunemine on näha joonisel 3.

Hinna kujunemine erinevat tüüpi lampe kasutades



Joonis 3. Hinna kujunemine erinevat tüüpi lampe kasutades

3.3 LED-lampide kasutuselevõttuga saavutatav energiakulu muutus klassiruumis ja hinna kujunemine

Algsete T8 madalrõhu luminofoorlampidega:

Klassis on praegu 28 T8 madalrõhu luminofoorlampi, kusjuures ühe toru keskmine tööiga on 18 000 tundi (tootja PHILIPS) ja nende tükihinnaks on 3,38 eurot. 500 tundi maksaks seega $3,38 : 18\ 000 \times 500 \approx 0,09$ eurot. Kuna madalrõhu luminofooritorusid on 28, siis korrutame saadud arvu 28-ga ning saame hinnaks $0,09 \times 28 \approx 2,63$ eurot. 28-ga korrutame ka tundide arvu ($28 \times 500 = 14\ 000$ tundi) ja korrutame selle ühe toru võimsusega, et saada kogu

elektritarbimine, mis on $14\ 000\ \text{h} \times 58\ \text{W} = 812\ 000\ \text{Wh} = 812\ \text{kWh}$. 1 kWh maksab hetkel ligikaudu 0,1 eurot, seega 812 kWh maksab $812 \times 0,1 = 81,2$ eurot. Liites kokku 812 kWh elektrienergia maksumuse ja madalrõhu luminifoortorude hinna, mille me eelnevalt välja arvutasime, saame kogumaksumuseks $81,2 + 2,63 = 83,83$ eurot.

Sama meetodit kasutades saame:

1) 28 T8 madalrõhu luminifoortoru (tootja PHILIPS, keskmine tööiga 18 000 tundi, tükihind 3,38 eurot) põlemisel 1000 tundi tuleks elektrienergia maksumuseks 167,66 eurot. 2000 tundi tuleks 335,32 eurot. Seega 5000 tunni puhul kujuneks selle maksumuseks 838,29 eurot.

2) Kui arvestada, et tuled põlevad keskmiselt kaheksa tundi päevas (2920 tundi aastas), lambid tarbivad tunnis $28 \times 58 = 1624\ \text{W} = 1,624\ \text{kW}$ ja kWh maksab 0,1 eurot, siis aastas kuluks madalrõhu luminifoortorudele $2920 \times 1,624 \times 0,1 \approx 474,21$ eurot.

Energiakulu ühe tunni kohta oleks selle variandi puhul:

$$28 \times 58\ \text{W} = 1624\ \text{Wh}.$$

LED-lampidega, mis sobivad T8 madalrõhu luminifoortorlampide asendamiseks:

Ühe 25 W LED-lambi (tootja OSRAM, keskmine tööiga 40 000 tundi, tükihind 21,6 eurot) põlemisel 500 tundi tuleb pirni maksumuseks $21,6 : 40\ 000 \times 500 = 0,27$ eurot. Kuna LED-lampe on 28, siis korrutame saadud arvu 28-ga ning saame hinnaks $0,27 \times 28 = 7,56$ eurot. 28-ga korrutame ka tundide arvu (saame $28 \times 500 = 14\ 000$ tundi) ja korrutame selle ühe pirni võimsusega, et saada kogu energiatarvet, mis tuleb $14\ 000\ \text{h} \times 25\ \text{W} = 350\ 000\ \text{Wh} = 350\ \text{kWh}$. 1 kWh maksab umbes 0,1 eurot, seega 350 kWh elektrienergia maksab $350 \times 0,1 = 35$ eurot. Liites kokku 350 kWh maksumuse ja LED-lampide hinna, saame kogumaksumuseks $35 + 7,56 = 42,56$ eurot.

Sama meetodit kasutades saame:

1) 28 LED-lambi (tootja OSRAM, keskmine tööiga 40 000 tundi, hind 21,6 eurot) põlemisel 1000 tundi tuleks elektrienergia maksumuseks 85,12 eurot. 2000 tundi tuleks 170,24 eurot. Seega 5000 tunni puhul kujuneks selle maksumuseks 425,6 eurot.

2) Kui arvestada, et pirnid põlevad keskmiselt kaheksa tundi päevas (2920 tundi aastas), lambid tarbivad tunnis $28 \times 25 = 700\ \text{W} = 0,7\ \text{kW}$ ja kWh maksab 0,1 eurot, siis aastas kuluks LED-lampidele $2920 \times 0,7 \times 0,1 = 204,4$ eurot.

Klassiruumi jaoks läheb vaja 28 luminifoortoru, mille kogumaksumuseks tuleks $21,6 \times 28 = 604,8$ eurot. Algsete T8 luminifoortorude aastane kulu on 489,83 eurot, LED-lampide puhul on aastane kulu 248,55 eurot. Aastas oleks uute lampide korral kokkuhoid $489,83 - 248,55 = 241,28$ eurot. LED-torude tasuvusaeg oleks seega $604,83 : 241,28 \approx 2,5$ aastat. LED-lampide pikk tööiga säästab ka hoolduskulusid, sest neid on vaja vahetada oluliselt harvemini kui madalrõhu luminifoortorlampe.

Energiakulu ühe tunni kohta oleks selle variandi puhul:

$$28 \times 25 \text{ W} = 700 \text{ Wh.}$$

Sisse-ehitatud LED-tuledega valgustid:

Esvika Elekter AS pakkus klassiruumi valgustuseks välja omapoolse lahenduse (Lisa 1). Arvutiprogrammi abil saadi lahenduseks paigaldada klassi lakke kaheksa sisse-ehitatud LED-tuledega valgustit. Alles peaksid jääma ka neli tahvlivalgustit. Tahvlivalgustiteks kasutatakse LED-lampe tootjalt OSRAM, keskmine tööiga 40 000 tundi, tükihind 21,6 eurot, võimsus 25 W. Lakke paigaldatavad valgustid oleksid LLL 65 W ALDP 4000 K (Tabel 5).

Ühe 65 W LED-lambi (tootja MODUS, keskmine tööiga 40 000 tundi, tükihind 102,96 eurot) põlemisel 500 tundi tuleb pirni maksumuseks $102,96 : 40\,000 \times 500 \approx 1,29$ eurot. Kuna LED-lampe on kaheksa, siis korrutame saadud arvu kaheksaga ning saame hinnaks $1,29 \times 8 = 10,32$ eurot. Kaheksaga korrutame ka tundide arvu ($8 \times 500 = 4000$ tundi) ja korrutame selle ühe pirni võimsusega, et saada kogu energiatarvet, mis tuleb $4000 \text{ h} \times 65 \text{ W} = 260\,000 \text{ Wh} = 260 \text{ kWh}$. 1 kWh maksab umbes 0,1 eurot, seega 260 kWh elektrienergiat maksab $260 \times 0,1 = 26$ eurot. Liites kokku 260 kWh maksumuse ja LED-lampide hinna, saame kogumaksumuseks $10,31 + 26 = 36,31$ eurot.

Ühe tahvlivalgusti (tootja OSRAM, keskmine tööiga 40 000 tundi, tükihind 21,6 eurot) põlemisel 500 tundi tuleb pirni maksumuseks $21,6 : 40\,000 \times 500 = 0,27$ eurot. Kuna tahvlivalgusteid on neli, siis korrutame saadud arvu neljaga ning saame hinnaks $0,27 \times 4 = 1,08$ eurot. Neljaga korrutame ka tundide arvu ($4 \times 500 = 2000$ tundi) ja korrutame selle ühe pirni võimsusega, et saada kogu energiatarvet, mis tuleb $2000 \text{ h} \times 25 \text{ W} = 50 \text{ kWh}$. 1 kWh maksab umbes 0,1 eurot, seega 50 kWh elektrienergiat maksab $50 \times 0,1 = 5$ eurot. Liites kokku 50 kWh maksumuse ja tahvlivalgustuse hinna, saame kogumaksumuseks $1,08 + 5 = 6,08$ eurot. Sellise valguslahenduse puhul läheks 500 tundi maksma $36,31 + 6,08 = 42,39$ eurot.

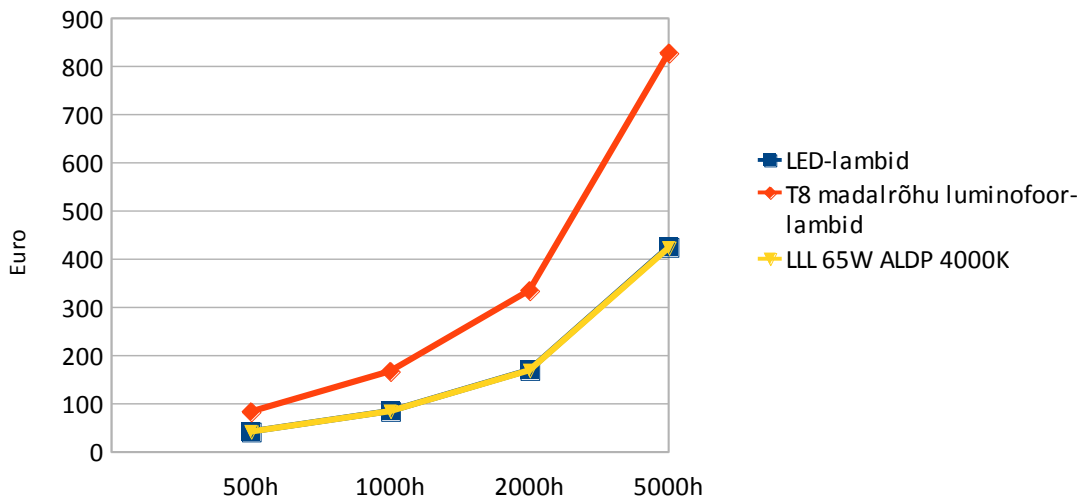
Sama meetodit kasutades saame:

1) 1000 tunni maksumuseks tuleks 84,78 eurot. 2000 tundi tuleks 169,56 eurot. Seega 5000 tunni puhul kujuneks maksumuseks 423,9 eurot.

2) Kui arvestada, et pirnid põlevad keskmiselt kaheksa tundi päevas (2920 tundi aastas), lambid tarbivad tunnis kokku $8 \times 65 + 4 \times 25 = 520 + 100 = 620 \text{ W} = 0,62 \text{ kW}$ ja kWh maksab 0,1 eurot, siis aastas kuluks LED-lampidele $2920 \times 0,62 \times 0,1 = 181,04$ eurot.

Tabeli koostamisel on arvestatud, et kõik pirnid põlevad võrdse arvu tunde. Hinna kujunemine on näha joonisel 4.

Hinna kujunemine erinevat tüüpi lampe kasutades



Joonis 4. Hinna kujunemine, kasutades erinevaid lambitüüpe.

Kogu klassi valgustus läheks maksma $8 \times 102,96 + 4 \times 21,6 = 910,36$ eurot. Energiakulu ühe tunni kohta oleks selle variandi puhul $8 \times 65 \text{ W} + 4 \times 25 \text{ W} = 620 \text{ Wh}$.

4. ARUTELU

Vaadeldes oma korteri energiatarbimist, kasutades erinevat tüüpi valgusallikaid, tuleb välja, et kõige energiakulukam on kasutada hõõglampe. Kui kõik katses vaadeldud hõõglambid põleksid iga päev kaheksa tundi, oleks aastane energiakulu 2628 kWh. Säästulampide korral on aastane energiakulu 604,44 kWh. Seega on võimalik aastas hõõglampidelt säästulampidele üle minnes kokku hoida $2628 - 604,44 = 2023,56$ kWh elektrit. Kui üks elektrienergia kWh maksab umbes 0,1 eurot, siis rahaline kokkuhoid tuleks $2023,56 \times 0,1 \approx 202,36$ eurot.

Meie korteris olid enne katse algust kasutusel säästupirnid. Arvutades energiakulu kõikide pirnide igapäevase kaheksatunnise põlemise korral, saame 604,44 kWh. Vahetades säästupirnid LED-lampide vastu, vähenes aastane elektrienergia kulu 350,4 kWh-ni.

Seega aastane kokkuhoid tuleks $604,44 - 350,4 = 254,04$ kWh. Rahalises väärtuses oleks see $60,44 - 35,04 = 25,4$ eurot. Kogu komplekt LED-pirne korteri tarbeks maksis 166 eurot. Arvestades, et igal aastal hoitakse kokku 25,4 eurot, tuleb viie aasta jooksul kokkuhoiuks $5 \times 25,4 = 127$ eurot. Säästulampe peab selle aja jooksul uue komplekti ostma ja tegelikult kokkuhoiuks tuleks selle aja vältel $127 + 37,5 = 164,5$ eurot. Sellega on LED-pirnid oma tasuvuseni jõudnud. Seega tasuks uutele pirnidele üleminek ära umbes viie aastaga. Tänu

LED-tehnoloogia kiirele arengule on LED-pirnide hind tänaseks umbes poole võrra alanenud. Sellega alaneb ka pirnide tasuvusaeg umbes 2,5 aastale. Elektrienergia hinnatõusu korral väheneb see aeg veelgi. Kui veel mõni aasta tagasi tundus tasuvusaeg liiga pikk olevat, siis praeguste hindade korral on üleminek LED-pirnidele juba igati mõistlik. Näiteks 12 W LEDURO LED-pirn, mis uurimustöö koostamise ajal maksis 20 €, maksab 2015. aasta jaanuaris ainult 10,23 €.

Vaadeldes üleminekut hõõglampidelt säästulampidele, on energia kokkuhoid $2628 - 350,4 = 2277,6$ kWh, mis oleks rahaliselt 227,76 euro suurune võit. Seega tasuks üleminek LED-lampidele ära juba aastaga ja neid võiks kõigile soovitada.

Klassi valgustus on üks teguritest, mis mõjutab õpilaste õppeedukust. Valgustus ei tohi silmi väsitada ja peab tagama hea nähtavuse. Peamine vaateväli jääb õpilasel töölaua ja õpetaja või tahvli vahele. Tõstes pilgu laualt, ei tohi õpilast pimestada ükski valgusallikas. Katmata lamp vaateväljas võib ületada valuaistingu valuläve isegi neli korda. Üldiselt on klassiruumides ette nähtud valgustustase 300 luksit, aga on ka ainetunde, mille nõutav valgustustase on 500 luksit. Elektrienergia hind tõuseb tarbijale pidevalt. Sellega seoses tuleks kasutada kallimat, kuid energiasäästlikumat valgustuspaigaldist. Energiasäästlikke valgusallikaid võib ruumi paigaldada ka vähem ning sellega lüheneb nende tasuvusaeg mõnele aastale (Tamm, 2013).

Mina vaatlesin oma uurimuse käigus kooli füüsikaklassi, kus praegu on kasutusel 58 W t8 madalrõhu luminofoorlampid. Kui tuled põlevad iga päev kaheksa tundi, kulub aastas energiat 28 toru puhul:

$$28 \times 8 \times 365 \times 58 = 4\,742\,080 \text{ Wh} = 4742,08 \text{ kWh, mis teeb hinnaks 474,2 eurot.}$$

Vahetades T8 torud LED-torude vastu, kulub aastas energiat:

$$28 \times 8 \times 365 \times 25 = 2\,044\,000 \text{ Wh} = 2044 \text{ kWh ning maksta tuleks 204,4 eurot.}$$

Aastane energiasääst LED-torude puhul oleks $4742 - 2044 = 2698$ kWh ning rahaline sääst $474,2 - 204,4 = 269,8$ eurot.

Komplekt torusid klassi tarbeks maksaks $28 \times 21,6 = 604,8$ eurot. Seega tasuvusajaks tuleks 2,3 aastat.

Ideaalne klassivalgustus on juhitavate valgustitega. Vähese valguse puhul saab juhitavate valgustitega viia valgustaseme täpselt vajalikule tasemele. Kohalolekuandur lülitab tühja ruumi puhul valgustuse välja. Valgust on võimalik vähemaks keerata, kui klassis kasutatakse näiteks videoprojektorit. Osa valgustitega on võimalik valida ka valguse värvi. Kui muusikatunniks sobib kollane valgus, siis matemaatikatunnis aitab valge valgus paremini keskenduda. (Tamm, 2013)

Esvika Elekter AS-i poolt pakutud lahenduses on kaheksa LED-valgustit ja neli tahvlivalgustit. Aastane energiakulu kaheksatunnise igapäevase põlemise korral tuleks: $8 \times 8 \times 65 \times 365 + 4$

$\times 8 \times 25 \times 365 = 1\,518\,400 + 292\,000 = 1\,810\,400 \text{ Wh} = 1810,4 \text{ kWh}$. Rahaline kulu aasta jooksul oleks selle variandi puhul 181 eurot. Energiakulu saaks veelgi vähendada valgustuse targa juhtimise abil. Näiteks on olemas regulaatoreid, mis hoiavad ruumi valgustaseme kogu aeg ühtlasel paika pandud tasemel. Kui välisvalguse valgustase muutub suuremaks, muudetakse automaatselt väiksemaks tehisvalgustuse taset ning vastupidi. Selliseid regulaatoreid ei õnnestunud aga Tartu kaubandusest ega elektrikaupade hulgiladudest leida. Siiani pole nende vastu Tartus huvi tuntud ja seega pole neid ka tellitud.

Veel on võimalik energiat säästa, kasutades kohalolekuandurit, mis automaatselt kustutab tuled, kui ruum on tühi, Ka on võimalik programmeerida valgustid näiteks vahetunni ajal põlema väiksema võimsusega. Kõik need lahendused nõuaksid spetsiaalseid valgusteid ja nendega sobivaid regulaatoreid ja on praegu veel üsna kallid ning seetõttu paigaldatakse neid vähe, kuid tehnoloogia arenedes muutuvad nad aasta-aastalt odavamaks ning tõenäoliselt suureneb ka nende kasutamine lähiaastatel.

KOKKUVÕTE

Umbes neljandik hoone energiakulust läheb valgustusele. Nii hoonete siseseid kui ka väliseid valguslahendusi saab projekteerida, kasutades erinevat tüüpi lampe. Energia tarbijatena soovime me raha kokku hoida ning käituda tuleb ka keskkonnasõbralikult.

Töös võrreldi kodumajapidamise valgustuse maksumust, kasutades hõõg-, säästu- ja LED- pirne, mille aastane energiatarve tuli arvutuste tulemusena küllaltki erinev (vastavalt 2628 kWh/a, 604,44 kWh/a ja 350,4 kWh/a). Seega kasutades LED-lampe, käitatakse kindlasti energiasäästlikult. Antud näite puhul oli säästulampidelt LED-lampidele ülemineku tasuvuse aeg (6,5 aastat) üsnagi pikk, kuid nende odavnemise tõttu lüheneb kindlasti ka see näitaja lähiajal. Seetõttu on ka majanduslikult põhjendatud suure energiatarbega hõõglampide asendamine LED-lampidega, sest 100 W võimsusega hõõglambi valgustugevusele vastab 12 W LED-lamp – energiasääst on 88%.

Arvutused klassiruumi kohta näitasid, et kõige energiasäästlikum on kasutada sisse-ehitatud valgusallikaga LED-valgusteid. Oma pika tööea (kuni 50 000 tundi) tõttu toimub kokkuhoid ka hoolduskulu arvelt. Praeguste valgustitega on aastane energiakulu 4742,08 kWh. Torude vahetamisel LED-torude vastu on energiakulu 2044 kWh ning sisse-ehitatud valgusallika korral 1810,4 kWh. Kokkuhoidu saab suurendada targa juhtimise abil, mis muutub järjest populaarsemaks ning kättesaadavamaks. LED-lampide paljude heade omaduste kõrval (näiteks kohene süttimine, mehaaniline vastupidavus, saadavus erinevate valgustoonidena, pikk tööiga) esineb ka mõningaid puudusi, millest peamised on järgnevad:

- ei saa kasutada kuumas ruumis;

- ülevalgustamise korral on oht silmade tervisele;
- LED-valguse violetne-sinine värvusosa takistab unehormoonide tootmist ning võib seega tekitada valgustundlikel inimestel unehäireid.

Kokkuvõtteks võib öelda, et vajadus energiat kokku hoida toob tulevikus LED-pirne järjest rohkem kasutusele. Teema tähtsust näitab ka 2014.aasta Nobeli füüsikapreemia omistamine siniste leedide leiutajatele.

SUMMARY

Saving money from electricity is a topical issue in the European Union. Depending on the lighting that is used, the difference in the cost of electricity is remarkably different. In this study, possible ways to save money by switching to LED-lights was analysed. An Estonian scientist, Tiiu Tamm has already addressed this problem. Lights can be divided into four groups:

- 1) incandescent and halogen lamps;
- 2) low-pressure discharge lamps;
- 3) high-pressure discharge lamps;
- 4) LED-bulbs.

In this study, the calculations were made with incandescent light bulbs, energy saving bulbs and LED bulbs. The power consumption per year is immensely different while using different types of light bulbs. Incandescent light bulbs use 2628 kWh annually, energy saving bulbs use 604,44 kWh and LED bulbs use 350,4 kWh. Even if LED bulbs are the most expensive, they consume the least power and make up for their high price in the long run.

LED bulbs have many good attributes such as:

- lighting immediately;
- mechanical resistance;
- available in warm and cold shades;
- dimming option (not all light bulbs have this option);
- a long serviceable life.

However, they have a few shortages:

- cannot be used in hot rooms;
- overexposure may harm eyes;
- the violet-blue component of LED bulbs' colour prevents sleep hormone production and therefore may cause sleeping disorders on photosensitive people.

In summary, LED bulbs are becoming more and more popular because of low power consumption. The importance of this topic is emphasized by the fact that the Nobel Prize in Physics in 2014 was awarded to the inventors of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light source.

KASUTATUD ALLIKAD

Tamm, T. (2011). „*Praktiline valgustustehnika*“. Tallinn: Eetel-eksperit.

Tervisekaitsenõuded koolidele. (n.d.). Retrieved from

<https://www.riigiteataja.ee/akt/131052013012>

Tamm, T. (13.12.2013). „Klassiruumi valgustus mõjutab õppeedukust“ *Õpetajate Leht*, lk 15.

Tamm, T. „Milline lamp valida hõõglambi asemele“ *Keskkonnatehnika* 5, lk 19-20. 2012.

Varjas, T. & Oorn, A. „Tänavuse Nobeli füüsikapreemiaga tunnustati siniste leedide leiutajaid“ *Elektriala* 8, pp. 8-10. 2014. a

„Tartu ülikooli füüsikud ja Samsung teevad koostööd leedvalgustite arendamisel“. *Elektriala* 1, 21-21. 2015.

Tamm, T. „Leedlambid hõõglampide asemele?“ *Elektriala* 5, 26-28. 2012.

Tamm, T. „Ikka jälle leedvalgustusest“. *Elektriala* 5, lk 20-21. 2014.

„Samm edasi LEDide maailmas ehk sisse-ehitatud valgusallikaga valgustid“ (17.01.2014)

Varjas, T. „Leedvälisvalgustuse areng, suunad ja hinnangud“. *Valgustus* 8, lk 13-15. 2013.

LISA 1 Klassiruumi valguslahenduse projekt

Project 1

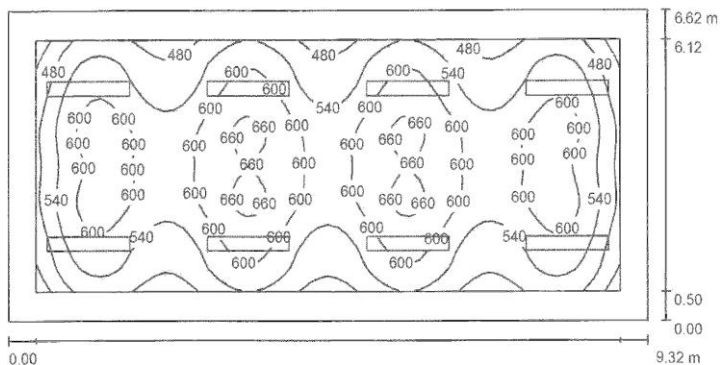
DIALux

23.01.2015

Esvika Elekter AS
Tammisaare tee 118
12918 Tallinn

Operator: Raul Peedu
Telephone: +372 6077662
Fax:
e-Mail: raul.peedu@esvika.ee

Room 1 / Summary



Height of Room: 3.800 m, Mounting Height: 2.800 m, Maintenance factor: 0.80 Values in Lux, Scale 1:84

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u_0
Workplane	/	566	385	674	0.680
Floor	20	473	260	628	0.549
Ceiling	70	83	59	98	0.716
Walls (4)	50	192	61	322	/

Workplane:
Height: 0.700 m
Grid: 64 x 32 Points
Boundary Zone: 0.500 m

UGR Lengthways- Across to luminaire axis
Left Wall 14 19
Lower Wall 14 19
(CIE, SHR = 1.00.)

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.314, Ceiling / Working Plane: 0.146.

Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	8	MODUS 2 LLL2RLKO4V1/2100ND (1.000)	5429	5429	69.0
Total:			43431	43432	552.0

Specific connected load: $8.95 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Ground area: 61.70 m^2)

LISA 2

