

Kandidaatintyö

31.3.2009

Ville Tikka

0280845

Säte 5

Energiansäästö kotitalouksien valaistuksessa Suomessa

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Ville Tikka

Työn nimi: Energiansäästö kotitalouksien valaistuksessa Suomessa

Osasto: Sähkötekniikka

Vuosi: 2009

Paikka: Lappeenranta

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 27 sivua, 6 kuvaa ja 6 taulukkoa. Tarkastaja professori Samuli Honkapuro

Hakusanat: valaistus, energiansäästö, Suomi, kotitalous, päästö, päästövähennys

Tässä työssä arvioidaan kotitalouksien energiansäästöpotentiaalia valaistuksen osalta Suomessa. Euroopan Unioni on ratifioinut päästövähennystavoitteen 20 % koskien kaikkia primäärienergiantuotantomuotoja. Päästövähennystavoite on tarkoitus toteuttaa vuoteen 2020 mennessä.

Tässä kandidaatintyössä arvioidaan saavutettavissa olevaa energiansäästöpotentiaalia Suomessa kotitalouksissa laitesähkön osalta. Energiansäästöpotentiaalın arviointi perustuu hehkulampan korvaamismahdollisuuksien vertailuun. Valaistuksessa voidaan saavuttaa jopa 75 % sähkönsäästö, kun korvataan yksi 60 W hehkulamppu vastaavan valomäärän tuottavalla energiansäästölampulla. Kokonaisuudessa kotitalouksien valaistuksessa on tehostamispotentiaalia noin 60 %. Valaistuksen tehostamisella saavutetaan noin 1,5 TWh säästö Suomen kokonaissähkökulutuksessa. Saavutettavat säästöt voivat olla jopa suuremmatkin, jos käytetään lisäksi älykästä valonohjausta. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tehostamispotentiaalia on merkittävästi ja tehostaminen on yksittäiselle kotitaloudelle taloudellisesti kannattavaa. Energiansäästöpotentiaalın toteuttamisen vaikutuksia kansantalouteen ei ole arvioitu.

ABSTRACT

Author: Ville Tikka

Work name: Saving energy in household lighting in Finland

Department: Electrical Engineering

Year: 2009

Place: Lappeenranta

Bachelor thesis. Lappeenranta University of Technology. 27 pages, 6 pictures and 6 tables.

Inspector professor Samuli Honkapuro

Keywords: lighting, energy saving, Finland, household, emission, reduction

Energy consumption reduction and greenhouse gas emissions have been a hot subject in the energy policy of the European Union. The European Council has proposed a cut of at least 20% in greenhouse gas emissions from all primary energy sources by 2020.

This thesis evaluates the savings potential of energy used for lighting in Finnish households. Evaluation is based on the idea of replacing incandescent light bulbs with more energy efficient compact fluorescent light bulbs. The achievable energy saving potential when a single light bulb is replaced is about 70 %. Possible savings would be even higher with more advanced intelligent lighting control systems. Total energy saving in Finland in the area of household lighting would be about 60 %. Replacing a single light bulb or all light bulbs in a single household would be economically feasible, but the effect on the national economy is unknown. Replacing light bulbs might become even more profitable if the price of electricity rises. As a conclusion it is suggested that incandescent light bulbs should be replaced with compact fluorescent light bulbs or with some other efficient technology like light emitting diodes.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto.....	6
2.	Valon luonne.....	9
2.1	Valo	9
2.2	Valo ja silmä	10
3.	Valaistustekniikka	12
3.1	Hehkulamput	13
3.2	Halogeenilamput	15
3.3	Loistelamput	16
3.4	Purkauslamput.....	17
3.5	LEDit	17
4.	Energiansäästämahdollisuudet valaistuksessa.....	19
4.1	Energiansäästötavat.....	19
4.1.1	Valaistussuunnittelu	19
4.1.2	Valaisinohjaus.....	19
4.1.3	Valaisintyyppien valinta	20
4.2	Kotitaloudet.....	21
4.2.1	Hiilidioksidipäästövähennys	23
4.2.2	Taloudellinen etu sähkönsäästöä	24
5.	Johtopäätökset.....	25
	LÄHDELUETTELO.....	26

KÄYTETY MERKINNÄT JA LYHENTEET

MERKINNÄT

A	pinta-ala
E	valaistusvoimakkuus
I	valovoima
L	luminenssi
M	valoeksistenssi
P	teho
r	säde
t	aika
U	jännite
Q	valomäärä

ALAINDEKSIT

0	nimellinen
---	------------

KREIKKALAISET

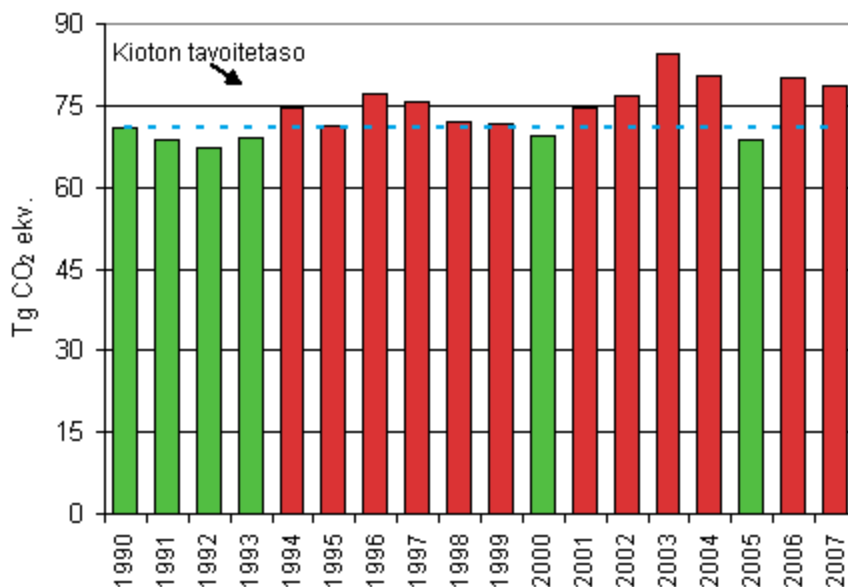
Φ	valovirta
--------	-----------

LYHENTEET

EU	Euroopan Unioni
LED	light-emitting diode

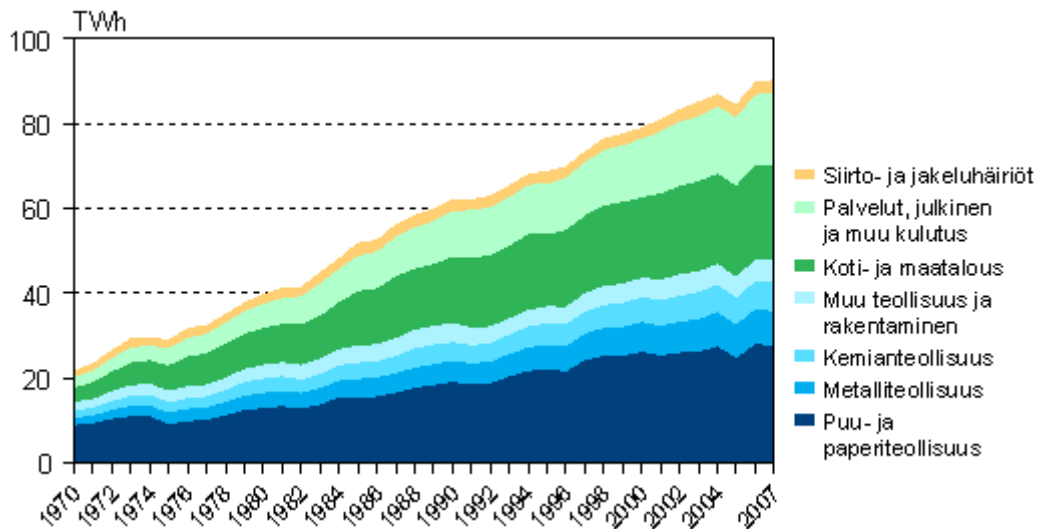
1. Johdanto

Euroopan unioni on ratifioinut 20 % päästövähennystavoitteen vuoteen 2020 mennessä. Samalla tavoitteena on saavuttaa uusiutuvilla energiamuodoilla 20 % osuus kokonaistuotannosta. (EU, 2009) Päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi on suoritettava toimia myös energiankulutuksen puolella eri sektoreilla. Erityisesti energiatehokkuuden kehittäminen teollisuudessa, liikenteessä, kotitalouksissa ja kaikkien edellä mainittujen valaistuksessa on avain asemassa tavoitteiden saavuttamisen kannalta. Suomen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2007 78,5 milj. t CO₂-ekv, hieman yli Kioton tavoiterajan. Energiateollisuus tuotti päästöistä 30,7 milj. t CO₂-ekv, eli noin 39 %. Suomen hiilidioksidipäästöjen kehitys on nähtävissä kuvasta 1.(Tilastokeskus, 2009)



Kuva 1. Suomen kasvihuonekaasupäästöt CO₂-ekvilalenttiarvona, kuvaan on merkitty myös Kioton tavoitetaso.(Tilastokeskus, 2009)

Sähköenergiankulutus on noussut Suomessa melko tasaisella tahdilla vuosikymmenten ajan ja eri sektorien sähköenergiankulutuksen suhteet ovat pysyneet melko tasaisesti samana. Kuvassa 2 voidaan havaita sähkönkulutuksen nousutrendi. Kokonaisenergiankulutus vuonna 2007 oli noin 90 TWh, josta koti- ja maataloudet kuluttivat 25 %, eli 22,4 TWh.



Kuva 2. Sähkönkulutus sektoreittain vuodesta 1970 vuoteen 2007 (Tilastokeskus, 2008)

Työssä tarkastellaan nykyisin käytössä olevia valaisintekniikoita ja suunnitteluperusteita. Valaisintekniikoita verrataan keskenään ja pyritään löytämään eri tyyppien hyvät ja huonot puolet. Valaisutekniikka sisältää myös valaisimien ohjauksen ja ohjauksen kannattavuuden tarkastelun energiansäästön ja taloudellisuuden puolesta unohtamatta mahdollisesti saavutettavia hiilidioksidivähennyksiä. Työ herättää mielenkiintoa nykyisen energiapolitiikan ja EU päästövähennystavoitteiden vuoksi. Energiapolitiikka tähtää päästövähennyksiin useilla alueilla, kuten esimerkiksi valaistuksen toteutuksessa.

Energiapolitiikan vuoksi onkin harkittava uudestaan valon tarpeellinen määrä ja valaistukseen käytettävät teknologiat. Taulukossa 1 nähdään kotitalouksien sähkönkulutuksen jakautuminen laiteryhmittäin. Kokonaisuudessaan vuoden 2006 laitesähkösähkönkulutus kotitalouksissa oli noin 11 TWh, josta valaistus kulutti merkittävän osan noin 2,4 TWh eli 22 % osuus kokonaiskulutuksesta. Suomen sähkönkulutus vuonna 2006 oli noin 90 TWh, joten kotitalouksien valaistuksen osuus Suomen sähkönkulutuksesta on noin 2,7 %.(Adato, 2008)

Taulukko 1. Kotitalouksien sähkönkulutus laiteryhmittäin vuosina 1993 ja 2006 (Adato 2008)

	1993		2006	
Laiteryhmä	GWh		GWh	
Kylmälaitteet	2215	30 %	1461	13 %
Liesi ja muu ruuan valmistus	796	11 %	653	6 %
Astianpesu	125	2 %	261	2 %
Pyykinpesu- ja kuivaus	316	4 %	391	4 %
Televisio ja lisälaitteet	537	7 %	834	8 %
Tietotekniikka			407	4 %
Sähkökiukaat	606	8 %	852	8 %
LVI-laitteet(1)	483	6 %	621	6 %
Sähkölattia lämmitys(2)	0	0 %	206	2 %
Autonlämmitys(3)	226	3 %	218	2 %
Sisävalaistus	1541	21 %	2427	22 %
Ulkovalaistus			623	8 %
Muut laitteet (4)	623	8 %	2572	23 %
Yhteensä	4768		10992	

(1) koneellinen ilmanvaihto, kiertovesipumput, lämmönjakokeskukset

(2) pois lukien sähkölämmitteiset talot

(3) pois lukien kerros- ja rivitalot

(4) muut laitteet mukaan lukien ei sähkölämmitteisten asuntojen sähkölämmitystä

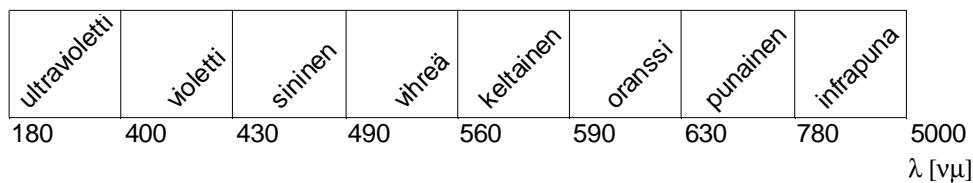
VTT:n tiedotteen mukaan teollisuudessa kulutetaan energiaa valaistukseen vuodessa 1,4 TWh, josta voitaisiin vielä tehostaa energiankäyttöä 0,4 TWh. Adaton julkaisu puolestaan kertoo, että yhdenhengen 45 m² kerrostaloasunnossa sähköä kuluu keskimäärin 1250 kWh, josta 300 kWh kuluu valaistukseen. Vastaavasti neljän hengen 120 m² omakotitalossa ilman sähkölämmitystä kulutus on noin 7000 kWh, josta valaistuksen osuus on noin 1650 kWh. Tiedot ovat vuodelta 2006. Kokonaiskulutus kotitalouksissa sektoreittain on esitetty taulukossa 1. Edellisten perusteella voidaan todeta, että valaistus kuluttaa vajaan neljänneksen kotitalouden sähköstä. Voidaan todeta myös, että valaistuksen osuus on merkittävä osa kokonaisenergiakulutuksesta ja säästötoimenpiteiden tekeminen valaistuksen osaltakin olisi todennäköisesti järkevää jopa taloudellisesti. (Adato, 2008; Motiva, 2008; Tilastokeskus, 2008)

2. Valon luonne

Valolla tarkoitetaan säteilyenergiaa, jonka aallonpituus osuu näkyvälle alueelle. Ihmissilmä havaitsee valon aallonpituuksilla 400-780 nm. Lisäksi valona pidetään myös ultraviolettisäteilyä, jonka aallonpituus on 180 nm ja 400 nm välillä ja infrapunasäteilyä, jonka aallonpituus on 780 nm ja 5000 nm välissä. Seuraavissa kappaleissa käsitellään valon luonnetta ja suureita tehokkuuden ilmaisemiseen. On myös tärkeää tutustua hieman valoa havaitsevaan elimeen, eli silmään. Ihmissilmän herkkyys eritaajuisille säteilyille on erilainen ja tulee täten ottaa huomioon valaistuksen suunnittelussa. (Halonen 1992, s. 25,29)

2.1 Valo

Kuten edellä määriteltiin, näkyvä valo on sähkömagneettista säteilyä tietyllä aallonpituusvälillä. Valonspektri jaetaan yleensä kuuteen osaan värien perusteella. Kuvassa 3 on esitetty valon spektri, jossa näkyy myös infrapuna- ja ultraviolettisäteily. Valonspektrin osat eivät ole tarkasti jakautuneet tietyille taajuuksille, vaan spektrin rajat ovat hyvin pehmeät ja ovat osittain toistensa päällä. (Halonen 1992, s. 34)



Kuva 3. Valonspektri. (Halonen 1992, s. 28)

Valon tehokkuuden ja ominaisuuksien käsittelemiseksi on määriteltävä muutamia perussuureita. Taulukossa 2 on esitetty muutamia valoon liittyviä perussuureita. Valon perussuure on valovoima I, jonka yksikkö on kandela. (Halonen 1992, s. 34)

Taulukko 2. Muutamia perussuureita, merkintöjä ja yksiköitä. (Halonen 1992)

Suure	Merkintä	Yksikkö
valovoima	I	kandela[cd]
valovirta	Φ	luumen[lm]
valaistusvoimakkuus	E	luksi[lx]
valoeksistanssi	M	luumen/neliometri[lm/m ²]
luminenssi	L	kandela/neliometri[cd/m ²]
valomäärä	Q	luumensekunti, luumentunti [lms, lmh]

Kandelan määritelmä on seuraava:

”Valolähteen valovoima tiettyyn suuntaan on yksi kandela (1 cd) silloin, kun valonlähde säteilee monokromaattista, $540 \cdot 10^{12}$ Hz:n taajuista säteilyä ja sen säteilyteho tähän suuntaan on $1/683$ W/sr”

Valovirta voidaan johtaa kandelasta, kun oletetaan, että valo säteilee pistemäisestä valonlähteestä ja valonvoimakkuus on yksi kandela jokaiseen suuntaan. Näin ollen, koska pallon pinta-ala on $4\pi r^2$, on valonvirta yhden metrin etäisyydellä 4π lm. Lumen on dimensioltaan yhtenevä tehonyksikön watin kanssa. (Halonen 1992, s. 35)

Valaistuksen voimakkuutta kuvaa valaistusvoimakkuus, jonka yksikkö on lm/m^2 , näin ollen voidaan todeta valaistuksen voimakkuuden noudattavan seuraavaa yhtälöä

$$E = \frac{\Phi}{A}, \quad (1)$$

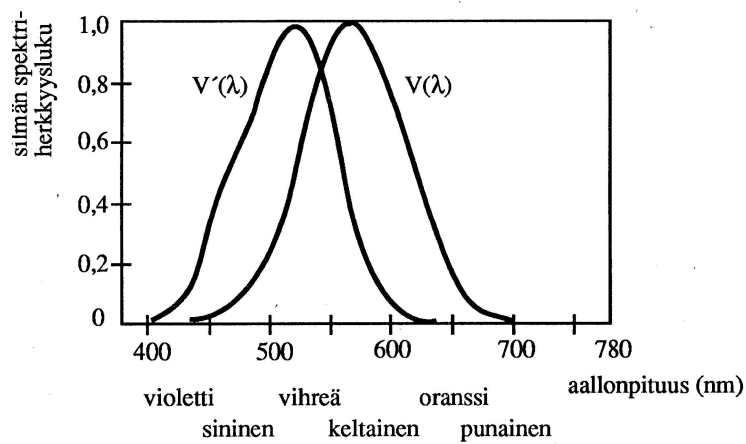
jossa Φ on valovirta ja A on valaistun pinta-ala. Tästä huomataan, että pistemäisen 1 cd voimakkuudella säteilevän kappaleen valovoimakkuus yhden metrin säteellä on 1 lx. (Halonen 1992, s. 35)

Valoeksistenssillä tarkoitetaan valon näkyvää osaa, joka saapuu valonlähteestä esimerkiksi läpinäkyvän pinnan läpi. Pinta absorboi osan valosta ja osa valosta läpäisee pinnan. Edellä esitetyn pallomaisen kappaleen tapauksessa voidaan olettaa, että pallon pinta laskee valosta 80 % läpi ja absorboi loput. Näin ollen valaistusvoimakkuus pallon ulkopinnalla ei enää ole 1 lx, vaan ainoastaan 80 % siitä, eli $0,8 \text{ lm}/\text{m}^2$. Valoeksistenssin yksikkönä käytetään lm/m^2 . (Halonen 1992, s. 37)

2.2 **Valo ja silmä**

Valon havaitseminen riippuu suuresti valoa havainnoivasta laitteesta tai elimestä. Havainnoijan herkkyys eri aallonpituuksiin vaikuttaa havaitun valon väriin ja tehokkuuteen. Esimerkiksi silmä havaitsee hyvin niin sanottua näkyvää valoa aallonpituuksien 400 nm ja 780 nm välissä. Joillakin

valonhavainnointiin tarkoitetuilla kojeilla havaittava spektri voi olla hyvin paljon laajempi tai suppeampi käyttötarkoituksen mukaan. Luonnollisesti myös eri aallonpituuksien havainnointiherkkyys voi vaihdella. Kuvassa 4 on esitetty silmän herkkyys aallonpituuden funktiona hämärässä ja kirkkaassa valaistuksessa. Kuvasta voidaan havaita, että silmä havaitsee kirkkaassa valaistuksessa herkemmin punertavaa valoa ja hämärässä valaistuksessa sinisempää valoa. Ihmisen aistimus valkoisesta valosta syntyy, kun silmä altistetaan useille aallonpituuksille sopivilla intensiteettisuhteilla. Ihmisen silmä on aina yksilöllinen, joten silmän herkkyys ja herkkyuden alueet voivat vaihdella hieman eri ihmisillä. Silmän valon havaitsemiseen vaikuttavat spektriherkkyuden ohella myös monet muut silmän fysiologiset tekijät. (Halonen 1992 s 96-97)



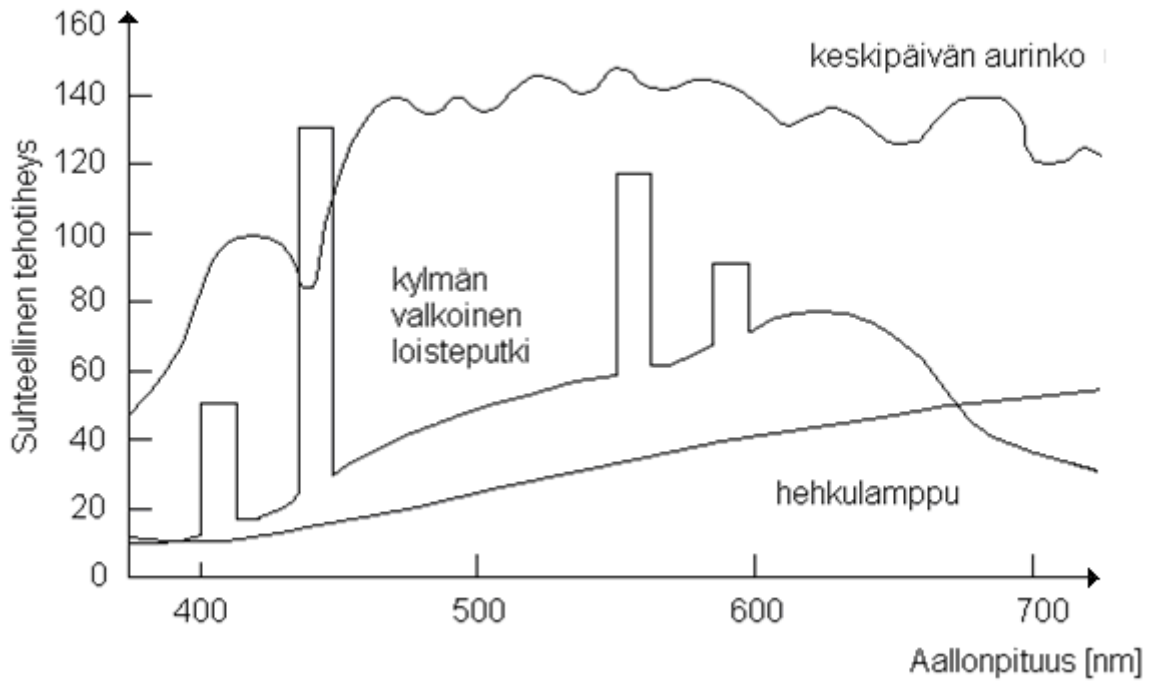
Kuva 4. Kuvaaja esittää silmän silmänspektriherkkyyttä valoisassa $V(\lambda)$ ja hämärässä $V'(\lambda)$ (Halonen 1992 s 97)

3. Valaistustekniikka

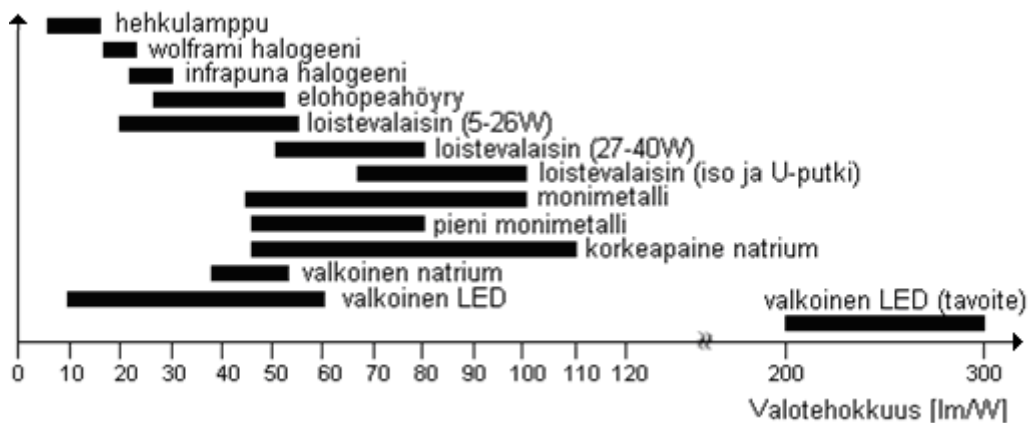
Seuraavissa kappaleissa käsitellään erilaisia valaistustekniikoita lähinnä erilaisten valaisintyyppien kannalta. Valaistuksen toteuttamiseen on huomattava määrä erilaisia vaihtoehtoja, jotka poikkeavat toisistaan melko paljon tehokkuuden ja muiden ominaisuuksien puolesta. Valonlähteiden ominaisuudet on tunnettava melko tarkasti, jotta voidaan tehdä johtopäätöksiä eri vaihtoehtojen kannattavuudesta. Tekniikan kehittyminen on tuonut uusien valonlähteiden lisäksi myös mahdollisuuden toteuttaa valaistuksen ohjausta aikaisempaa edullisemmin.

Valonlähteiden joukkoon on viimevuosina liittynyt muutamia uusia tulokkaita, kuten energiansäästölamput ja LEDit. Energiansäästölamppujen energiatehokkuus on merkittävästi parempi, kuin esimerkiksi hehkulamppujen.(Airam, 2006) LEDien kehitys on myös ollut nopeaa viimevuosina ja näin ollen niidenkin tehokkuus on kasvanut huomattavasti. LEDejä voidaankin pitää pian varteenotettavina kilpailijoina hehkulampuille ja jopa energiansäästölampuille. Nykyisin markkinoilla olevien LEDien tehokkuus on noin 2-5 kertainen hehkulamppuun verrattuna. Tulevaisuudessa LEDien tehokkuuden uskotaan kasvavan jopa 10 kertaiseksi hehkulamppuun verrattuna. LEDien yleistymisen esteenä on toistaiseksi ollut hieman korkea hinta verrattuna esimerkiksi hehkulamppuun. Toisaalta nykyinen energiapolitiikka tähtää energiankäytön vähentämiseen useilla aloilla, joten se vaikuttanee LEDien yleistymiseen lähitulevaisuudessa melko paljon tehokkuuden parantumisen ja hinnan alentumisen ohella.(Nykänen, 2008)

Erityyppisillä valaisimilla on hyvin erilaisia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi spektrijakauma. Kuvassa 5 voidaan nähdä loisteputken ja hehkulampan spektrien jakauma verrattuna luonnolliseen valonlähteeseen aurinkoon. Myös valaisintyyppien tehokkuudet eroavat toisistaan hyvin paljon. Kuvassa 6 on esitetty erilaisten valaisimien tehokkuuksia ja samalla tavoite LED tekniikan kehitykselle.



Kuva 5. Kuvassa on esitetty erilaisten valolähteiden spektrijakaumia. (OEE, 2006).



Kuva 6. Valaisintyyppien tehokkuuksia ja erään lähteen asettama tavoite LEDin tehokkuudelle. (Pan, 2005).

3.1 *Hehkulamput*

Hehkulamppu on yksinkertainen komponentti, joka on tarkoitettu valon tuottamiseen. Ensimmäinen kaupalliseen tuotantoon sopiva hehkulamppu kehitettiin Thomas Alva Edisonin toimesta vuonna 1879. Ensimmäiseen kaupalliseen hehkulamppuun valittiin hehkulangaksi hiillytetty bambukuitu, joka oli tyhjiökuvun sisällä. Myöhemmin bambukuitu korvattiin ohuella kuparilangalla. Hehkulampun kehitys jatkui aina vuoteen 1910 asti, jolloin valmistettiin ensimmäinen hehkulamppu wolframi hehkulangalla. Wolframi havaittiin hyvin toimivaksi materiaaliksi ja sen

vuoksi nykyisin käytetään edelleen volframi hehkulamppuja. Suomessa toteutettiin ensimmäinen sähkövalaistus vuonna 1881 Finlaysonin tehdassalissa.(Halonen 1992, 17)

Nykyisin tunnettu kaksoiskierukkainen kaasutäytteinen hehkulamppu on rakenteeltaan varsin yksinkertainen ja edullinen valmistaa. Hehkulamppu koostuu lasikuvusta, kannasta ja hehkulangasta. Lasikupu on täytetty jalokaasulla, johon on lisätty typpeä ionisoitumisen estämiseksi. Vastapaineikaasun tehtävä on rajoittaa volframin höyrystymistä lampun käytön aikana. Lampun kupu voi olla myös käsitelty erilaisilla tavoilla, jotka vaikuttavat näkyvän valon luonteeseen. Lampun hehkulanka on kiinnitetty johtimiin ja tuettu mahdollisilla sisätuilla. Johtimille on läpiviennit lampun lasisen tyven läpi lampun metalliseen kantaan, jonka avulla sähkö johdetaan lamppuun.(Halonen 1992, 20-22)

Lampun kestoikä on riippuvainen hehkulangan paksuudesta ja langan ohenemisesta. Käytössä langasta höyrystyy materiaalia ja lanka ohenee. Myös valmistustekniset syyt luovat jonkin verran hajontaa lamppujen elinikään. Hehkulangan oheneminen on riippuvainen langan lämpötilasta ja vastaavasti langan lämpötila riippuu lampun käyttöjännitteestä. Voidaankin sanoa lampun käyttöiän noudattavan likimain seuraavaa yhtälöä

$$t = \left(\frac{U}{U_0} \right)^{-14} t_0, \quad (1)$$

jossa U on käyttöjännite, U_0 on nimellinen käyttöjännite ja t_0 on nimellinen kesto aika. Lampun käyttöjännitettä pienentämällä saavutetaan pidempi kesto aika ja samalla lampun tehontarve pienenee. Lampun verkosta ottamaa tehoa voidaan approksimoida vastaavasti, kuin yhtälössä 1 lampun kesto aikaa. Seuraavassa yhtälössä approksimaatio on esitetty lampun tehon riippuvuus jännitteestä

$$P = \left(\frac{U}{U_0} \right)^{1.5} P_0, \quad (2)$$

jossa P_0 on lampun nimellinen tehontarve kytkettynä nimelliseen jännitteeseen.(Halonen 1992, 183-189)

Hehkulampun säteilystä vain pieni osa osuu näkyvän valon taajuudelle ja tämän vuoksi hehkulamppua ei voida pitää kovin tehokkaana valonlähteenä. Hehkulamppuvalmistaja Airam ilmoittaa 60 W hehkulampun valovirraksi 600 lm, eli näin ollen lampun valotehokkuus on noin 10 lm/W. Vastaavasti 75 W hehkulampulla valovirraksi ilmoitetaan 910 lm, josta voidaan laskea valotehokkuuden olevan noin 12 lm/W.(Airam, 2009) Yleisesti hehkulampun hyötysuhde on noin 10 % ja paranee hiukan lampuntehon lisääntyessä ja vastaavasti laskee lampun tehon pienentyessä. Airam ilmoittaa tavallisen talouskäytössä käytettävän hehkulampun eliniäksi 1000 t.(Halonen 1992, 187)

3.2 *Halogeenilamput*

Hehkulamppujen tehokkuuden parantamiseen tähtäävän tutkimuksen seurauksena havaittiin, että halogeenikaasun ja volframin välillä tapahtuu varsin suotuisa kemiallinen reaktio. Halogeenin ja volframin huomattiin synnyttävän lampun kuvun sisälle kiertoprosessin, jossa höyrystyvä volframi pystyi tiivistymään takaisin hehkulangan pintaan halogeenikaasun avulla. Kiertoprosessin ansiosta hehkulangan lämpötilaa on mahdollista nostaa ja saavuttaa näin ollen suurempi valoteho ilman, että lampun tehontarve kasvaisi yhtä paljon.(Halonen 1992, 194, 196)

Halogeenilampun kupu on muodoltaan erilainen kuin hehkulampulla, jotta saavutetaan kiertoprosessin vaatimat lämpötilaolosuhteet. Kuvun täytekaasuna käytetään jalokaasua, kuten argon tai krypton. Lisäksi kaasuun on sekoitettu halogeenikaasua ja tyypeä haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Kuvun materiaalilla on kovemmat vaatimukset kuin hehkulampun kuvulla, koska halogeenilampun lämpötila on huomattavasti korkeampi. Materiaalina onkin usein kvartssia, jossa on piitä tai korkeansulamispisteen omaavaa lasia. (Halonen 1992, 192)

Halogeenilampuilla on useita etuja hehkulamppuun verrattuna, kuten parempi tehokkuus, kompakti koko ja elinikä. Halogeenin voidaan arvioida olevan noin 50 % hehkulamppua tehokkaampi valonlähde. On kuitenkin huomioitava, että halogeenivalaisimien tehokkuus paranee, kun valaisimen kokoa kasvatetaan. Pienillä halogeenilla tehokkuus ei ole merkittävästi parempi verrattuna hehkulamppuun. Halogeenivalovalmistajan sivuilta voidaan todeta 100 W kupumallisen halogeenilampun tuottavan 2100 lm. Valotehokkuudeksi saadaan näin ollen 14 lm/W, joka on jo huomattavasti parempi kuin hehkulampuilla. Suurempi 500 W putkimallinen halogeeni tuottaa jo 8500 lm valovirran ja valotehokkuudeksi voidaan laskea 17 lm/W. Parhaimmillaan halogeenilampulla voidaan saavuttaa jopa 35 lm/W tehokkuus. Halogeenilamppu voi saavuttaa jopa

2000 t eliniän, joka on vastaava kuin Airamien ilmoittama arvo putkimallisille halogeenilampuille.(Airam, 2009; Halonen 1992, 199-200)

Halogeenilamppu voidaan toteuttaa myös kylmäsädehalogeenina, jossa halogeenipolttimon takana on heijasti, jonka tehtävä on heijastaa valoa haluttuun suuntaan. Heijastin on toteutettu niin, että se heijastaa ainoastaan halogeenipolttimon valon, eikä juurikaan lämpösäteilyä. Tällöin halogeenista valaistavaan kohteeseen tuleva lämpösäteily jää melko vähäiseksi, mutta valaisimen tausta lämpenee melko paljon. Kylmäsädehalogeenit toimivat usein 12 V tai 24 V käyttöjännitteellä. Pienemmällä jännitteellä toimivien halogeenien haittapuolena on kuitenkin teholähde, joka tarvitaan syöttämään verkkojännitettä pienempää jännitettä. Tehonlähde aiheuttaa jonkin verran häviöitä ja näin ollen valaisimen kokonaistehokkuus laskee. Toisaalta kylmäsädehalogeenilla saavutetaan jopa 3500 t elinaikoja pienien käyttöjännitteiden vuoksi. Valotehokkuus on parempi kuin hehkulamputta, mutta ei kuitenkaan yllä verkkojännitteellä toimivien suurempien halogeenipolttimoiden tasolle.

(Halonen 1992, 202-203)

3.3 **Loistelamput**

Loistelamppujen rakenteet poikkeavat paljon toisistaan, vaikka toimintaperiaate on melko samanlainen. Rakenteessa on kuitenkin paljon yhteneväisyyksiä, kuten lasinen loisteputki ja loisteputken sisäpinnan loisteainekäsittely. Putken muoto voi olla hyvinkin erilainen lampun tyypistä riippuen ja se voi olla yksi- tai kaksikantainen. Loisteputken sisällä on kaasua pienessä paineessa ja putken päissä on volframilankaelektrodit. Elektrodeihin johdetaan sähköä ja näin ollen ne emittoivat elektroneja. Emittoituneet elektronit törmäävät putken täytekaasun atomeihin ja törmäysten seurauksena syntyy ultraviolettisäteilyä, joka ei ole näkyvällä aallonpituudella, joten putki on käsitelty lisäksi loisteaineella. Putken sisäpinnan loisteaine loistaa näkyvää valoa, kun se altistetaan ultraviolettisäteilylle.(Halonen 1992, 204-206)

Loistelamppujen valotehokkuus riippuu paljon lampun rakenteesta ja lampun suuruudesta. Kuten muillakin valaisimilla myös loisteputkilla saavutetaan parempi tehokkuus isommilla yksiköillä ja suuremmilla tehoilla. Valotehokkuus on yleensä välillä 15-90 lm/W. Tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita, kuten loisteaineen ominaisuudet ja valon spektrin jakauma. Myös lampun ikä vaikuttaa melko paljon valovirran suuruuteen, koska hyvin lyhytaaltainen säteily turmelee

loisteainetta ja lisäksi lampun sisäpinnalle muodostuu erinäisistä yhdisteistä kerrostumaa, joka estää UV-säteilyn pääsyä loisteaineeseen. (Halonen 1992, s209)

Loistelamppujen polttoikä on keskimäärin hyvin pitkä, jos lamppua ei kuormiteta useasti kytkemällä päälle ja pois. Lampun polttoiän määrää katodin emissioaineen riittävyys, koska lamppu ei enää syty emissioaineen loputtua. Polttoajat voivat olla jopa 10000 h luokkaa. (Halonen 1992, s 210)

Nykyisin etenkin puhekielessä yleistyneellä energiansäästölamppulla tarkoitetaan usein yksikantaista kierrekannalla varustettua loistelamppua, joissa kuristin on sisällytetty lampun kantaan. Energiansäästölamppuja voidaan näin ollen käyttää suoraa korvaamaan valoteholtaan samansuuruisia hehkulamppuja. (Motiva, 2008)

3.4 **Purkauslamput**

Purkauslamppu käsitellään tässä työssä hyvin pintapuolisesti, koska se ei ole sovelias valaisin kotitalouskäyttöön ominaisuuksiensa vuoksi. Oikeassa käyttökohteessa, kuten teollisuudessa, tai liikennevalaistuksessa se on kuitenkin erittäin energiatehokas valaisin. Purkauslamppuilla saavutetaan jopa 100 lm/W tehokkuus sopivissa olosuhteissa. Myös lampun polttoikä on melko pitkä tavalliseen hehkulamppuun tai halogeeniin verrattuna. Lamppu saavuttaa lopullisen käytönaikaisen kirkkauden melko hitaasti kytkemisen jälkeen. (Halonen, 1992, s 226, 235)

3.5 **LEDit**

LED eli light-emitting diode on puolijohdekomponentti tavallisen diodin tapaan, mutta se emittoi valoa ollessa myötäsuuntaan biasoituna. Tämä tarkoittaa, että LED on kytketty tasajännitteeseen siten, että puolijohdepuolen p-puoli on positiivisen jännitteen puolella ja n-puoli maatasossa. LEDin valo syntyy elektronien reaktiivisuuden yhteydessä vapautuvasta energiasta. LEDissä tapahtuvaa valon syntymisen prosessia kutsutaan elektroluminesenssiksi. LEDien väri voidaan valita käyttämällä sopivia puolijohdemateriaaleja, LEDien värivalikoima on kuitenkin vähäinen, koska tunnettuja puolijohdeyhdistelmiä on vain rajallinen määrä. (Floyd, 2005, s 130-131)

LEDien tehokkuus ja käyttöikä ovat hehkulamppuun verrattuna huomattavasti suurempia. Hyötysuhde voi olla jopa yli 80 % mukaan lukien LEDin tarvitseman ohjauselektronikan.

Esimerkiksi Airam LED -valaisin, joka on tarkoitettu kylmäsädehalogeenin korvaavaksi valaisimeksi tuottaa jopa 420 lm valovirran. Valaisimessa on kolme 3 W tehoista LED -polttimoa, joten yhteistehoksi saadaan 9 W. Valaisimen valotehokkuus on täten noin 47 lm/W, joka on varsin kilpailukykyinen verrattuna hehkulamppuun tai halogeenivalaisimeen. Loistelampputyypin energiansäästölamppu on vielä kuitenkin parempi valotehokkuudeltaan, vaikka häviääkin polttoajassa LED -valaisimelle. LEDien kehityksen uskotaan vasta olevan alussa, joten valotehokkuus tulee parantumaan vielä huomattavasti ja LED -valaisimet kilpailevat loistevalaisimien kanssa.(Airam, 2009; Nykänen, 2008)

4. Energiansäästömahdollisuudet valaistuksessa

Tässä osiossa käsitellään energiansäästöä valaistuksessa keskittyen kotitalouksien energiansäästömahdollisuuksiin. Valaistuksen energiankulutuksesta ei ole saatavilla kovin tarkkoja arvoja tai laskelmia, joten seuraavissa kohdissa esitettävät laskelmat ovat vain esimerkkitapauksia tai karkeita arvioita kokonaistilanteesta

4.1 *Energiansäästötavat*

Energiansäästö on mahdollista useilla eritavoilla, kuten rakennusvaiheessa valaistuksen järkevällä suunnittelulla. Työn laajuuden puitteessa asian tarkempi tarkastelu joudutaan sivuuttamaan, mutta asia käsitellään ja mahdolliset säästötavat mainitaan. Toisaalta valaistusta voidaan ohjata ja näin säästää energiaa. Ratkaisevin asia on kuitenkin valaisintyyppien valinta, joka on osaltaan myös valaistuksen suunnitteluun kuuluva asia. Valaisintyyppien valinta käsitellään kuitenkin erillisenä osa-alueena seuraavissa kappaleissa, koska valaisintyyppien vaihto on usein mahdollista myös jälkikäteen, eikä pelkästään uudiskohteissa.

4.1.1 **Valaistussuunnittelu**

Kotitalouksissa voidaan vaikuttaa valaistuksen energiankulutukseen valaistussuunnittelulla hyvinkin paljon. Valaisimia tulee sijoittaa paikoille, joissa valoa tarvitaan ja mahdollinen luonnonvalon osuus tulee ottaa huomioon mahdollisimman hyvin. Pohjoismaissa kesäkaudet ovat hyvin valoista aikaa, koska aurinko on näkyvissä suurimman osan aikaa vuorokaudesta. Uudisrakennuksien ikkunat olisikin hyvä suunnitella siten, että luonnonvalo voidaan hyödyntää mahdollisimman hyvin kesäaikana. On tietysti huomioitava, että ikkunoiden sijoittelua on rajoittamassa rakennusteknisiä asioita, sekä lämmöneristykseen liittyviä tekijöitä. (Korhonen et al. 2002)

4.1.2 **Valaisinohjaus**

Valaistuksenohjaukseen on monia tapoja, kuten ajan mukaan tapahtuva ohjaus tai tarpeen mukaan tapahtuva ohjaus. Teknillisen korkeakoulun artikkelissa mainitaan, että liikennevalaistuksessa olisi mahdollista saavuttaa jopa 40 % energiansäästö ohjaamalla valaistusta älykkäällä ohjauksella. Valaistuksen tarve ja voimakkuus määritettäisiin ympäristön olosuhteiden ja liikenteen määrän

mukaan. Valojen päälle kytkentä, kirkkaudensäätö ja liikenteen määrän seuraaminen tapahtuisi keskitetysti tiehallinnon keskustietokoneella.(Guo, 2008)

Ohjaus on mahdollista toteuttaa myös teollisuuskiinteistöihin, julkisiin kiinteistöihin ja mahdollisesti myös kotitalouksiin jossain muodossa. Kotitalouksissa voitaisiin periaatteessa käyttää hieman vastaavan tyyppistä tekniikkaa, kuin liikennevalaistuksessa. Valaistus voitaisiin kytkeä kunkin talon keskustietokoneeseen, joka voisi ohjata valaistusta tarpeen mukaan talon jokaisessa tilassa erikseen ja ehkä jopa valaisinkohtaisesti. Näin luonnonvalon hyödyntäminen olisi tehokkaampaa, kun valaistuksen kirkkaus mukautuisi luonnonvalon mukaan. Järjestelmä voisi olla lisäksi liikkeentunnistimilla varustettu ja sammuttaa ylimääräisiä valoja tiloista joissa ei oleskella pienellä viiveellä pois. (Guo, 2008; Korhonen et al. 2002)

4.1.3 Valaisintyyppien valinta

Valaisintyyppien valinta riippuu energiatehokkuuden lisäksi valaisimen muista ominaisuuksista ja valaistavan tilan ympäristön olosuhteista. Kappaleissa 3.1 - 3.5 on kuvattu erilaisten valaisintyyppien ominaisuuksia ja valaisimien tehokkuutta. Nykyisen valaisintekniikan puolesta kotitalouksiin kannattaisi valita yleisvalaisimeksi energiatehokas pienloistelamppu tai LED -valaisin.

Valaisimien valinnassa on kuitenkin joitakin rajoitteita, kuten esimerkiksi loistelamppu ei kestä kovinkaan hyvin jatkuvaa kytkemistä päälle ja pois. Loistelamppu on myös hieman hidaskäynnistyvä ja saavuttamaan huippu kirkkauden. Loistelamppu ei tämän vuoksi ole kovinkaan hyvin soveltuva tiloihin kuten vaatehuoneet, kylpyhuoneet tai WC -tilat. Valaisimeksi voisikin olla hyvä valita perinteinen hehkulamppu tai energiatehokkaampaa ratkaisua haettaessa kylmävalohalogeni tai LED. Näistä vaihtoehtoista LED puolustaa paikkaansa vahvasti parhaalla energiatehokkuudella.

On myös joitakin erikoistiloja kuten sauna, jossa lämpötila voi olla hyvinkin korkea ja lämmön vaikutus kohdistuu myös valaisimeen. Tällöin valaisimeksi ei voida valita pienloistelamppua, eikä myöskään LED -valaisinta. Loistelamput eivät kestä hyvin korkeita lämpötiloja täytekaasun ominaisuuksia vuoksi. LED on puolestaan puolijohdekomponentti, jonka valoteho laskee merkittävästi lämpötilan kohotessa liiaksi.

4.2 **Kotitaloudet**

Kotitalouksissa energiaa voidaan säästää esimerkiksi korvaamalla hehkulamppu energiansäästölamppulla tai kyläsädehalogeeni LED -valaisimella. Energiansäästö voidaan laskea yksinkertaisesti, kun tunnetaan korvattavan ja korvaavan valaisimen tehonkulutus. Lasketaan esimerkkitapauksena 60 W hehkulamppun korvaus 15 W energiansäästölamppulla. Molemmilla valaisimilla valovirta on hyvin lähelle samaa luokkaa, joten valaisimen korvaus toisella ei vaikuta valaisimen toimivuuteen käyttökohteessa. 15 W loistelampulla voidaan jopa saavuttaa parempi valovirta kuin 60 W hehkulamppulla. Hehkulamppun polttoikä on noin 1000 h ja energiansäästölamppun polttoikä on noin 10000 h, eli hehkulamppuja joudutaan käyttämään 10 kpl energiansäästölamppun iän aikana. Energiankulutus voidaan laskea seuraavalla yhtälöllä

$$E = t * P_n , \quad (3)$$

jossa t on valaisimen ikä tunteina ja P_n on valaisimen nimellinen verkosta ottama teho. Hehkulamppujen käyttämä energia on näin ollen 600 kWh ja yhden energiansäästölamppun käyttämä energia 150 kWh. Lisäksi energiansäästölamppulle kertyy elinkaarenaikana hieman enemmän energiakulutusta valmistuksesta ja kierrätyksestä, mutta sähkönkulutuksen ero hehkulamppuun on kuitenkin hyvin suuri. Energiansäästölamppu vaikuttaisi olevan noin 75 % tehokkaampi ratkaisu hehkulamppuun verrattuna. Tarkasteltaessa 45 m² kerrostaloyksión valaistuksen energiankulutusta vuodessa voidaan todeta, että valaistuksen kuluttamaa energiatehokkuuden parantamispotentiaali olisi edellä mainitun suuruinen, jos kaikki hehkulamput korvattaisi energiansäästölamppuilla. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että 300 kWh vuotuinen valaistuksen sähkönkulutus putoaisi reilusti vajaan 100 kWh vuodessa. Edellä laskettu energiansäästö ei kuitenkaan ole välttämättä todellista energiansäästöä, vaikka se näkyykään asukkaan sähkönkulutuksessa.

Valaisimet tuottavat myös lämpöä valon ohella. Esimerkiksi hehkulamppun käyttämästä tehosta lähes 90 % muuttuu suoraan lämpöenergiaksi. Ilman lämpeneminen auttaa kerrostalojen tapauksessa kaukolämpölämmitystä, jos huoneiston lämmitys on termostaattisäätöinen. Jos lämmitys ei perustu termostaattisäätöön, valaisimen lämpö on hukkalämpöä. Toisaalta myös valaisimen sijoittelu on hyvin ratkaisevassa osassa lämmön hyödyntämisen kannalta, koska lämpö nousee huoneistossa ylöspäin kattoa kohti. Jos valaisin on asennettu katon läheisyyteen, ei valaisimen lämmittävää vaikutusta päästä hyödyntämään kovinkaan hyvin. Motivan mukaan lampun hukkalämmöstä saadaan hyödynnettyä lämmitykseen 70 % (Motiva, 2008). Näin ollen energiansäästölamppun nettosäästö pienenee jonkin verran, mutta pysyy kuitenkin vielä

positiivisena. On huomioita myös, että energiansäästölamppun kokonaisenergiankulutuksestakin osa muuttuu valoksi ja loppu lämmöksi. Yleisesti voidaan todeta, että kaikki nykypäivän valaistusratkaisut tuottavat hukkalämpöä. Lisäksi on huomioitava, että kotitalouksien valaistuksessa käytetään muitakin valaisintyyppisiä, kuin hehkulamppuja. Täten ei voida todeta suoraan, että kotitalouden valaistuksen suhteellinen energiansäästö olisi vastaava kuin yhden korvattavan suhteellinen hehkulamppun energiansäästö.

Työtehoseuran julkaisussa on esitetty mallitilanne, jossa keskiverto kotitalouden kaikki hehkulamput korvataan energiansäästölamppuilla. Hehkulamppun on todettu olevan käytössä noin 511 h/a ja hehkulamppun keskimääräiseksi kooksi on laskettu 58 W. Tilastot ovat vuodelta 2000, jolloin Suomessa oli 2 384 000 kotitaloutta. Taulukossa 3 on mainittu, että energiansäästölamppuja oli keskimäärin vain 1 kappale kotitaloutta kohden vuonna 2000.(Korhonen et al. 2002)

Taulukko 3. Kotitalouksien valaistuksen energiankulutus vuonna 2000.(Korhonen et al. 2002)

Lampputyyppi	kpl/asunto	kpl	teho [W]	h/vrk	h/a	GWh/a	%
Hehkulamppu	19	45 296 000	58	1,4	511	1 342	83,0
Halogeenilamppu	0,5	1 192 000	21	2	730	18	1,1
Vakioloistelamppu	3	7 152 000	36	2,5	913	235	14,5
Energiansäästölamppu	1	2 348 000	10	2,5	913	21	1,3
Σ	23,5	55 988 000				1 617	

Työtehoseuran julkaisussa on esitetty ihanteellinen tapaus, jossa kaikki hehkulamput korvattaisiin energiansäästölamppuilla. Korvaavan energiansäästölamppun tehoksi on valittu 10 W, joka vastaa jokseenkin valoteholtaan kuvitteellista 58 W hehkulamppun valotehoa. Energiankulutuksen laskelma on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Kotitalouksien valaistuksen energiankulutus ennuste säästötoimenpiteiden jälkeen.(Korhonen et al. 2002)

Lampputyyppi	kpl/asunto	kpl	teho [W]	h/vrk	h/a	GWh/a	%
Hehkulamppu	0	0	58	1,4	511	0	0,0
Halogeenilamppu	0,5	2 600 000	21	2	730	40	2,5
Vakioloistelamppu	3	9 100 000	36	2,5	913	299	18,5
Energiansäästölamppu	20	54 600 000	10	1,4	511	279	17,3
Σ	23,5	66 300 000				618	

Edellä esitetyistä voidaan laskea, että saavutettu energiansäästö on noin 62 %. Adaton tutkimusraportissa puhutaan hieman 1 TWh suuremmista lukemista säästöpotentiaalilta osalta. On kuitenkin syytä muistaa, että kotitalouksien sähkötuloitus on kasvanut vuodesta 2000 jonkin verran vuoteen 2006. Vuonna 2006 kotitalouksien sähkötuloitus oli noin 10 TWh, josta valaistuksen

osuus noin 22 %, eli 2,57 TWh. Näin ollen voidaan todeta, että säästöpotentiaali olisi jopa 1,5 TWh luokkaa.(Adato, 2008)

Älykästä valonjoausta hyödyntämällä voidaan saavuttaa vieläkin suurempia säästöjä kuin pelkästään valaisintekniikkaa uusimalla.

4.2.1 Hiilidioksidipäästövähennys

Vuoden 2008 sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt olivat yhteensä noin 12,4 milj. t CO₂ ilman biotuotannon päästöjä (Energiateollisuus 2009). Biotuotantoa voidaan pitää hiilidioksidivapaana energiantuotantomuotona ja siksi päästöjen vähennystä ei huomioida niiden osalta. Kuten edellä on mainittu, on teoriassa mahdollista vähentää kotitalouksien vuotuista sähköenergiankulutusta 1,5 TWh. Koko Suomen tasolla tämä tarkoittaa vajaan 1,7 % pudotusta sähkönkulutukseen. Vuoden 2008 koko sähköntuotannosta noin 34 % on tuotettu fossiilisilla polttoaineilla, tämä vastaa noin 29,5 TWh kokonaistuotannon ollessa 86,9 TWh (Energiateollisuus, 2009). Jos oletetaan, että tuotantoa vähennetään ainoastaan fossiilisilla tuotantomuodoilla, voidaan saavuttaa 0,6 milj. t CO₂ päästövähennys vuodessa, fossiilisilla tuotantomuodoilla tuotettujen ominaishiilidioksidipäästöjen ollessa 420 CO₂/g/kWh. Suomen kasvihuonepäästöt olivat vuonna 2007 noin 78 milj. t CO₂-ekv, josta sähkön- ja lämmöntuotannon osuus on noin 30 milj. t CO₂-ekv(Energiateollisuus, 2009). Suhteutettuna Suomen kokonaiskasvihuonepäästöihin 2007 päästövähennys olisi noin 0,8 %.

Toisaalta saavutettavissa oleva päästövähennys voidaan laskea myös kokonaistuotannon ominaishiilidioksidipäästöjen perusteella olettaen, että sähköntuotanto laskee tasaisesti kaikilla sektoreilla. Hiilidioksidin ominaispäästöt Suomessa ja Pohjoismaissa vuosilta 2006 ja 2008 on esitetty taulukossa 5. Suomen hiilidioksidin keskimääräiseksi ominaispäästökseksi saadaan noin 216 CO₂/g/kWh ja Pohjoismaisella tuotantorakenteella 110 CO₂/g/kWh. Näin ollen Suomen tuotantorakenteella laskettuna hiilidioksidipäästövähennys olisi noin 0,3 milj. t CO₂ ja Pohjoismaisella tuotantorakenteella 0,16 milj. t CO₂. Vähennykset voidaan suhteuttaa vuoden Suomen vuoden 2007 kokonaiskasvihuonekaasupäästöihin. Vähennykset ovat täten Suomessa tuotantorakenteen mukaan 0,4 % ja Pohjoismaisen tuotantorakenteen mukaan 0,2 %. Päästökaupan tavoitteena on vähentää fossiilisten tuotantomuotojen käyttöä. Voidaankin olettaa, että tuotannon vähennys tapahtuisi ainoastaan fossiilisilla tuotantomuodoilla ja päästövähennys oli täten 0,8 %. Taulukossa 6 on esitetty yhteenveto eri tuotantorakenteilla saavutettavista päästövähennyksistä.

Taulukko 5. Pohjoismaiden ja Suomen sähköntuotannon ominaishiilidioksidipäästöt.(Energieollisuus, 2009)

Vuosi	CO ₂ /g/kWh	
	Suomi	Pohjoismaat
2006	233	122
2007	228	98
2008	186	-

Taulukko 6. Saavutettavissa olevat päästövähennykset eri tuotantorakenteilla laskettuna ja suhteutettuna Suomen kokonaiskasviuonekaasupäästöihin.

Tuotantorakenne	Päästövähennys	
	Milj. t CO ₂	% Suomen kasviuonekaasupäästöistä
Suomen fossiiliset sähköntuotantomuodot	0,63	0,8
Suomen sähköntuotanto	0,32	0,4
Pohjoismaiden sähköntuotanto	0,16	0,2

4.2.2 Taloudellinen etu sähkönsäästöstä

Energiakustannukset pienenevät myös samalla, kun parannetaan valaistuksen tehokkuutta. Laskelmat taloudellisesta säästöstä voidaan perustaa edelliseen oletukseen, että valaistuksen kuluttaman sähkön määrää voidaan pienentää 62 %. Oletetaan sähkön hinnan olevan 9 snt/kWh, näin ollen saadaan keskiverto kotitalouden valaistuksen vuotuiseksi kustannukseksi 85 €, valaistuksen kuluttaman sähkömäärän ollessa 945 kWh/a (Adato, 2008). Kulutus perustuu Adaton selvitykseen vuoden 2006 kotitalouksien kuluttamasta sähköstä. Säästötoimenpiteiden jälkeen valaistuksen sähkölasku on noin 32 €, joten vuotuinen säästö on noin 53 €. Voidaan olettaa, että 10 W energiansäästölamppu maksaa noin 5 €/kpl ja säästötoimenpiteiden vuoksi niitä on hankittava 19 kpl, joten kustannuksia syntyy 95 €. Näin ollen investoinnin takaisinmaksuaika on vain vajaat 2 vuotta.

5. Johtopäätökset

Johtopäätöksinä voidaan todeta, että valaistuksessa on potentiaalia energiansäästölle. Teollisuudessa valaistuksen tehokkuutta voidaan parantaa jopa yli 25 % ja liikennevalaistuksessa jopa 40 % älykkään ohjauksen avulla. Kotitalouksissa energiansäästöä kertyy, kun korvataan hehkulamppuja energiatehokkaammilla ratkaisuilla, kuten energiansäästölampuilla ja LEDeillä. Kokonaissähköenergiansäästöpotentiaali kotitalouksissa on 1,5 TWh luokkaa ja suhteellisesti esitettynä noin 60 %. Suomen sähköenergiankulutuksessa tämä osuus on noin 1,7 %.

Erityyppisillä valaisimilla on hyviä sekä huonoja puolia. Hehkulampun etu on yksinkertaisuus ja hyvä kesto lyhyillä polttoajoilla. Huonon tehokkuuden vuoksi hehkulamppu on kuitenkin hyvä korvata tehokkaammalla. Hehkulampun korvaajaksi sopii hyvin kierrekantainen loistelamppu, joka on huomattavasti tehokkaampi. Loistelalampun heikkoutena mainittakoon huono kestävyys jatkuvalla kytkennällä ja monimutkaisempi rakenne hehkulamppuun verrattuna. LED puolestaan kestää hyvin kytkentää ja on rakenteeltaan yksinkertainen. Huonona puolena LEDillä on kuitenkin tehollisuuden tarve. Toistaiseksi hehkulampun suoraa korvaavana järkevänä vaihtoehtona on vain loistelampputyypinen energiansäästölamppu, koska muita hehkulampun suoraa korvaavia tehokkaita valaisimia ei ole markkinoilla. Energiansäästölampun valotehokkuus on luokkaa 40 - 50 lm/W. LED valaisimilla päästään samaan tehokkuuteen, mutta kehityspotentiaalia on vielä runsaasti.

Sähkökulutuksen vähentyessä saavutetaan samalla hiilidioksidipäästövähennyksiä. Pohjoismaisen sähköntuotannon ominaispäästöjen mukaan laskien saavutetaan Suomessa 0,2 % päästövähennys. Päästöjen voidaan myös olettaa vähentyvän Suomen sähköntuotannon ominaispäästöjen verran. Tällöin saavutettavissa oleva päästövähennys olisi 0,4 % Suomen kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä. Toisaalta voidaan olettaa tuotannon vähentyvän ainoastaan fossiililla tuotantomuodoilla tuotetun sähkön osalta, jolloin saavutetaan jopa 0,8 % päästövähennys. Käytännössä päästövähennys potentiaali kotitalouksien valaistuksen sähkönkäytön tehostamisen seurauksena olisi 0,6 milj. t CO₂.

LÄHDELUETTELO

- Adato, 2008 Adato. (2008). Tutkimusraportti: Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006. ISBN 978-952-9696-41-3
- Airam, 2008 Oy Airam Electric Ab:n internet-sivut. (2008). [Viitattu 20.12.2008] saatavilla: www.airam.fi
- Floyd, 2005 Floyd, T. *Electronical Devices, Conventional Current Version 7.* painos. New Jersey, 2005, Prentice-Hall, Inc. ISBN 0-13-127827-4
- Guo, 2008 Guo, L. Intelligent road lighting control systems – experiences, measurements and lighting control strategies. Väitöskirja. Helsinki University of Technology. [viitattu 11.3.2009]. saatavilla: <http://lib.tkk.fi/Diss/2008/isbn9789512296200/isbn9789512296200.pdf> ISBN (pdf) 978-951-22-9620-0
- Energiateollisuus, 2009 Energiateollisuus tilasto: Sähkötuotannon polttoaineet. [viitattu 28.2.2009]. saatavilla: <http://www.energia.fi/fi/tilastot/pikatilasto/s%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon%20kk%20polttoaineet.pdf>
- EU, 2009 Euroopan unionin portaali: Energiapolitiikka Euroopalle. [viitattu 28.2.2009]. saatavilla: <http://europa.eu/scadplus/leg/fi/lvb/l27067.htm>
- Halonen, 1992 Halonen Liisa, Lehtovaara Jorma. 1992. *Valaistustekniikka.* Otatieto Oy. Jyväskylä. 456 s. ISBN 951-672-145-1.
- Korhonen et al, 2002 Korhonen, A., Pihala, H., Ranne, A., Ahponen, V. & Sillanpää, L. (2002) *Kotitalouksien ja toimistojen laitesähkökäytön tehostaminen.* Työtehoseuran julkaisuja 384. ISBN 951-788-347-1
- Motiva, 2008 Motiva Oy verkkosivut. (2008). [viitattu 20.12.2008]. saatavilla: <http://www.motiva.fi/>

- Nykänen, 2008 Nykänen, M. (2008). Mikrokontrolleriohjaus LED –ryhmälle. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto
- OEE, 2006 Office of Energy Efficiency, Natural Resources Canada. Lighting Reference Guide - Understanding the Theory. 2006. [www-dokumentti] [Viitattu 26.2.2009] saatavilla: <http://www.oee.nrcan.gc.ca/publications/equipment/lighting/section3.cfm?attr=0#Spectral>
- Pan, 2005 Pan, Jiangen et al. Simulation Analysis of Luminous Efficiency and Color Rendering of CCT Tunable White LEDs. [word-dokumentti]. 6th International Conference on Energy-Efficient Lighting. 2005. [viitattu 12.10.2008] saatavilla: www.rightlight6.org/english/proceedings/Session_16/Simulation_Analysis_of_Luminous_Efficiency/f149pan.doc
- Tilastokeskus, 2008 Tilastokeskuksen tilastot. (2008). [viitattu 20.12.2008] saatavilla: <http://www.stat.fi/til/index.html>
- Tilastokeskus, 2009 Tilastokeskuksen tilastot. (2009). [viitattu 15.3.2009] saatavilla: <http://www.stat.fi/til/index.html>