



Laskentaopas

*Valaistuksen tehontiheyden ja
tarpeenmukaisuuden huomioiminen E-luvun
laskennassa*

28.2.2018

*Ympäristöministeriön uuden rakennuksen energiatehokkuudesta
annetun asetuksen (1010/2017) mukaan*

ESIPUHE

Tässä oppaassa selvennetään Ympäristöministeriön uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun asetuksen mukaista suunnitellun valaistuksen tehontiheyden sekä tarpeenmukaisen ohjauksen huomiointia E-lukulaskennassa.

Laskelmien tuloksena saadaan valaistuksen tehottiheydelle numeerinen arvo, jota voidaan käyttää rakennuksen energiaselvityksessä. Lopuksi oppaassa selvennetään, kuinka valaistuksen suunniteltuja arvoja käytetään osana rakennuksen E-lukulaskentaa. Lisäksi oppaassa on tarkasteltu kahden eri käyttötarkoitukseluokan tarpeenmukaisesti ohjattua keskimääräistä valaistuksen tehontiheyttä E-lukulaskennassa.

Oppaan sovellusesimerkit, suositukset ja lisätiedot eivät sellaisenaan ole Ympäristöministeriön asetusten tasoisia kannanottoja, jotka sitoisivat suunnittelua ja rakentamista. Oppaan tarkoituksena on havainnollistaa vaatimuksenmukaisuuden osoittamista. Lisäksi pyrkimyksenä on selventää asetusten tulkintaa sekä niiden kohdentumista.

Alkuperäinen opas on laadittu 20.5.2015. Oppaaseen tehdyn päivityksen ovat laatineet ympäristöministeriön toimeksiannosta DI Kimmo Liljeström ja DI Milla Vähä-Ruohola Optiplan Oy:stä. Työtä on ympäristöministeriön puolesta valvonut ja ohjannut Rakennusneuvos Pekka Kalliomäki sekä ympäristöneuvos Maarit Haakana. Ohjausryhmään on kuulunut lisäksi tekniikan lisensiaatti Mika Vuolle Equa Simulation Finland Oy:stä.



Kuva: Nastuh Abootalebi

SISÄLLYS

Esipuhe	2
1 Johdanto.....	4
2 Määritelmiä ja käsitteitä	5
3 Asetukset ja ohjeet.....	6
3.1 Asetukset	6
3.2 Ohjeet	7
4 Valaistuksen tehontiheyden ja ohjauksen huomioiminen E-luvun laskennassa	10
4.1 Keskimääräinen valaistuksen suunniteltu tehontiheys	10
4.2 Tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus	10
4.3 Rakennuksen keskimääräinen valaistuksen tehontiheys	14
5 Esimerkkilaskelmia.....	15
5.1 Asuinkerrostalo	15
5.2 Liikerakennus	16
Lähteet	18

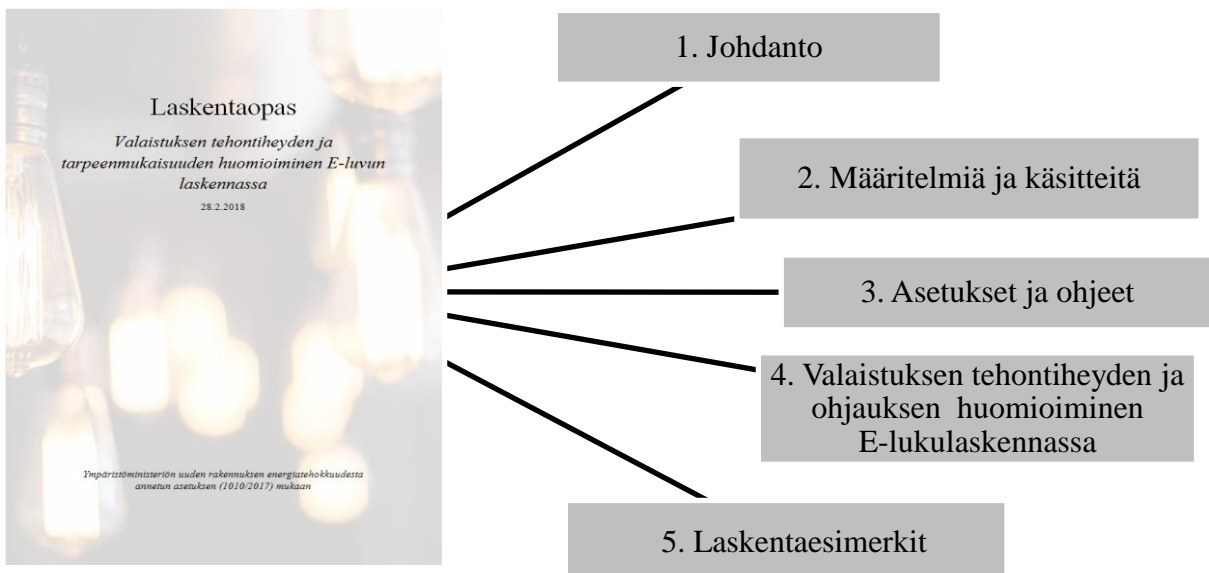
1 JOHDANTO

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta on esitetty käyttötarkoituksittain rakennuksen vakioitu käyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti. Valaistuksen lämpökuormana voidaan kuitenkin käyttää valaistussuunnitelman arvoa, jos valaistussuunnitelmasta voidaan tilatyypikohtaisesti määrittää valaistuksen tehottiheys ja valaistuksen ohjaus.

Opas pyrkii selventämään asetukseen liittyviä tulkintoja ja esimerkein havainnollistaa valaistuksen huomioimista rakennuksen E-lukutarkastelussa.

Valaistuksen huomioimista E-lukulaskennassa on havainnollistettu laatimalla esimerkkilaskenta asuinkerrostalolle sekä liikerakennukselle. E-lukulaskennassa valaistuksen sähkönkulutus lasketaan asetuksen uuden rakennuksen energiatehokkuuden mukaisesti.

Oppaan rakenne on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Oppaan rakenne

2 MÄÄRITELMIÄ JA KÄSITTEITÄ

Tässä oppaassa tarkoitetaan:

- 1) *valaistuksen tehotiheydellä* (W/m^2) asennetun valaistuksen lämpökuormaa pinta-alayksikköä kohden;
- 2) *käyttöajalla* (h) aikaa, jolloin rakennus tai tila on käytettävissä sen käyttötarkoituksen mukaisesti;
- 3) *käyttöasteella* vuorokauden keskimääräistä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden päälläoloajan osuutta rakennuksen käyttöajasta;
- 4) *käyttötarkoitukseluokalla* rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitukseen perustuvaa luokitusta, jota käytetään E-luvun laskennassa;
- 5) *LENI-luvulla* ($kWh/m^2/vuosi$) rakennuksen, tilan tai alueen vuotuista valaistusenergiaa kuvaavaa lukua;
- 6) *tarpeenmukaisella valaistuksen ohjauksella* valaistusta, joka on suunniteltu tilan tai sen alueen käyttötarkoituksen mukaisesti ja jota ohjataan muulla tavoin kuin keskitetyllä ohjauksella, jossa useampaa tilaa ohjataan samanaikaisesti;
- 7) *tilatyypillä* samankaltaiseen käyttötarkoitukseen luokiteltujen tilojen tyyppiä, esim. keittiöt;
- 8) *valaistuksen lepokulutuksella* (W) energiaa, joka kulutetaan tietyssä ajan jaksossa turvavalaisuksen akkujen lataukseen ja valaisimien valaistuksenohjausjärjestelmien valmiustehoihin lamppujen ollessa sammuksissa;

3 ASETUKSET JA OHJEET

Tässä luvussa on esitetty valaistusta koskevat asetukset ja ohjeet.

3.1 Asetukset

Ympäristöministeriön uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun asetuksen (1010/2017) vaatimukset koskevat uusia rakennuksia. Asetusta sovelletaan myös olemassa olevien rakennuksien käyttötarkoitukseluokan mukaisessa E-lukulaskennassa.

Ympäristöministeriön asetus (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta

6 § Rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus

Vakioituun käyttöön perustuva rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus koostuu lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien sekä järjestelmien apulaitteiden, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiamuodotain eritellystä energiankulutuksesta, josta on vähennetty rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä olevasta energiasta otettu energia siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa siinä tapahtuvan vakioituun käyttöön perustuvan energiankulutuksen kattamiseen.

11 § Rakennuksen vakioitu käyttö

E-luvun laskennassa käytettävä rakennuksen vuorokautinen ja viikoittainen käyttöaika, keskimääräinen valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten läsnäolon käyttöaste rakennuksen käyttöajan aikana sekä sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti ovat seuraavat:

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	valaistus 0,1 muut 0,6	6	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	valaistus 0,1 muut 0,6	9	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	10	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	11	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	14	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	10	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	7	9	8

Valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten aiheuttama vuotuinen lämpökuorma Q (kWh/m²) on laskettava kaavalla:

$$Q = kP \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{8760}{1000}, \text{ jossa:}$$

k on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana;

P on lämpökuorma W/m²;

τ_d on rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h ;

τ_w on rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d .

Valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten aiheuttama kuukausittainen lämpökuorma on määritettävä vuotuisesta lämpökuormasta kuukauden päivien lukumäärän perusteella. Edellä 1 momentissa säädetyn sijasta valaistuksen lämpökuorman arvona voidaan käyttää valaistussuunnitelman mukaista arvoa, jos valaistussuunnitelmasta voidaan lämpökuorma määrittää tilatyypikohtaisesti valaistuksen tehotiheyden ja valaistuksen ohjauksen perusteella. Rakennuksen keskimääräinen valaistuksen lämpökuorma lasketaan tilatyypien pinta-aloilla painotettuna keskiarvona.

Ympäristöministeriön uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetussa asetuksessa (1009/2017) luodaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle. Alla on esitetty asetuksen kohdat, jotka koskevat valaistusta.

Ympäristöministeriön asetus (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta

3 § Sisäilmaston suunnittelu

Pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti rakennusta suunnitellessaan otettava huomioon seuraavat rakennuksen sisäilmastoon vaikuttavat tekijät:

1) sisäiset kuormitustekijät, kuten: lämpö- ja kosteuskuormitus, laitteet, valaistus, henkilökuormat, melulähteet, prosessit, rakennustuotteiden päästöt sekä muut rakennuksen käyttöön liittyvät epäpuhtaudet;

Pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti otettava huomioon rakennuksen käyttötarkoituksen mukainen sisäilmasto, kun:

5) suunnitellaan tilojen valaistusta ja päivänvalon hyödyntämistä;

7 § Valaistusolosuhteet

Rakennuksen sisätiloissa on voitava ylläpitää näkötehtävän edellyttämää valaistusta tilojen suunniteltuna käyttöaikana.

Valaistuksen ryhmittely ja ohjaus on suunniteltava siten, että valaistusta voidaan ohjata toimintojen mukaisesti.

Ympäristöministeriön rakennuksen energiatodistuksesta annetun asetuksen (1048/2017) vaatimukset koskevat rakennuksen energiatodistuksen laadintaa (1048/2017).

Ympäristöministeriön asetus (1048/2017) rakennuksen energiatodistuksesta

2.2.8 Sähkö

Valaistuksen ostoenergiankulutus lasketaan energiatehokkuusasetuksen 11 § mukaan myös tapauksissa, joissa otetaan huomioon rakennuksessa oleva tarpeenmukainen valaistus taikka laskennassa käytetään vakioitua käyttöä pienempiä valaistustehoja.

3.2 Ohjeet

Valaistuksen tarpeenmukaisuuden huomioimiseen E-luvun näkökulmasta on annettu ohjeita energiatodistusoppaassa. Alla on esitetty liitteen 2 kohdat, jotka koskevat tarpeenmukaisen valaistuksen ohjausta.

Energiatodistusopas 2016

Liite 2. Tarpeenmukaisen valaistuksen ja ilmanvaihdon ohjaus

Valaistus

Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa voidaan käyttää annettuja standardilähtöarvoja pienempää valaistustehoa, mikäli valaistustaso säilyy. Tällöin valaistustasosta on esitettävä erillisselvitys energialaskennan lähtötietojen osana erillisenä liitteenä. Liitteestä tulee ilmoittaa energiatodistuslomakkeen lisätietoja osassa.

Erillisselvityksen mukaisilla valaistustehoilla on täytettävä standardin EN 12464-1 tai valaistussuunnitelmien mukaiset tilatyypikohtaiset valaistusvoimakkuudet sekä työskentelyalueilla että niiden välittömässä läheisyydessä. Valaistusta voidaan ohjata myös tarpeen mukaan. Tällöin valaistuksen käyttöaikoina käytetään D3 mukaista standardikäyttöaikaa. Samalla kuitenkin valaistuskäyttöprofiilina tulee käyttää tilakohtaisesti muodostettuja valaistusprofiileja, jotka tulee muodostaa tilakohtaisten läsnäoloprofiilien perusteella. Valaistusprofiilit tulee olla muodostettu siten, että ne vastaavat suunnitelmien mukaisen valaistusohjausjärjestelmän toimintoja. Jos päivänvalo-ohjausta käytetään, tulee myös päivänvalo-ohjaustarkasteluissa käyttää samoja em. tavalla muodostettuja valaistusprofiileita.

Päivänvalo-ohjaustarkastelun tulee perustua tilakohtaisiin käytetyn valaistustehon ja ikkunarakenteen näkyvän säteilyn läpäisyn huomioonottaviin tuntitasoisiin laskelmiin, joilla on mahdollista huomioida tilatyypikohtaiset valaistusvoimakkuusvaatimukset. Valaistusvoimakkuuden asetusarvona voidaan päivänvalotarkastelussa käyttää tilaan arvioitua keskimääräistä valaistusvoimakkuutta, kunhan se perustuu kohteen tilatyypikohtaisiin valaistussuunnitelmiin tai standardissa EN 12464-1 annettuihin valaistusvoimakkuuksiin.

Lisäksi oppaassa rakennuksen energiatehokkuudesta: Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta on esitetty yleisiä ohjeita valaistuksen energiankulutuksen laskentaan.

Energiatehokkuus

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta

4.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

4.2.1

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään energiatehokkuusasetuksessa valaistukselle esitettyjä arvoja.

4.2.2

Mikäli valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkemmin, valaistuksen sähkönkulutus voidaan laskea tilakohtaisesti valaistustarpeen ja valaisinratkaisun perusteella.

4.2.3

Valaistuksen sähköenergian kulutus voidaan laskea kaavalla (4.1)

$$W_{\text{valaistus}} = \sum f P_{\text{valaistus}} A_{\text{huone}} \Delta t / 1000 \quad (4.1)$$

jossa

$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh	
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjaukskertoimia:	
	– läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin	0,70
	– päivänvalosäädin	0,80
	– läsnäolotunnistin	0,75
	– huonekohtainen kytkin	0,90
	– huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinällä	0,90
	– keskitetty päälle / pois	1,00

Vaatimustenmukaisuuden laskennassa kerroin f on määriteltävä erillistarkastelulla siihen soveltuvalla menetelmällä. Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja Δt rakennustyypeittäin annetaan taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3. Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja Δt rakennustyypeittäin.

Rakennustyyppi	Tuntia vuodessa
Asuinkerrostalo	550
Rivitalo	550
Pientalo	550
Toimistorakennus	2500
Opetusrakennus	1900
Liikerakennus	4000
Hotelli	5000
Ravintola	3500
Liikuntarakennus	5000
Sairaala	5000
Muut rakennukset	2 500

4.2.4

Rakennuksen sisävalaistuksen energiankulutuksen laskeminen voidaan suorittaa myös numeerisen valaistuksen energiatehokkuusindikaattorin eli LENI-luvun avulla. LENI-luku (Lighting Energy Numeric Indicator) kuvaa rakennuksen vuotuista valaistusenergiantarvetta, joka ilmoitetaan yksikössä kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa (kWh/(m² a)). LENI-luku huomioi laskennassa valaistuksen asennustehon lisäksi valaistuksen ohjauksen ja lepokulutuksen vaikutuksen valaistuksen energiankulutukseen.

Valaistuksen sähköenergian kulutus voidaan laskea LENI-luvun avulla kaavalla (4.2)

$$W_{\text{valaistus}} = \text{LENI} A_{\text{netto}} \quad (4.2)$$

jossa

$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
LENI	LENI-luku, kWh/(m ² a)
A_{netto}	lämmitetty nettoala, m ²

4 VALAISTUKSEN TEHONTIHEYDEN JA OHJAUKSEN HUOMIOIMINEN E-LUVUN LASKENNASSA

Ympäristöministeriön asetuksessa (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta on annettu mahdollisuus huomioida E-lukulaskennassa tilojen suunniteltu valaistuksen tehontiheys ja ohjaus. Tässä luvussa on esitetty tapa laskea rakennuksen suunnitellun valaistuksen keskimääräinen tehontiheys. Laskenta ja vaikutus E-lukuun on avattu esimerkein luvussa 5.

Mikäli laaditun suunnitelman mukaisista valaistuksen tehontiheyksistä ja ohjauksista poiketaan suunnitteluprosessin edetessä, tulee E-lukulaskenta ja energiaselvitys päivittää muutosten mukaisesti.

4.1 Keskimääräinen valaistuksen suunniteltu tehontiheys

Tässä luvussa on esitetty keskimääräisen tehontiheyden laskenta ilman valaistuksen tarpeenmukaista ohjausta.

Suunniteltu tilatyypikohtainen tehontiheys saadaan rakennuksen valaistussuunnittelijalta tai suunnitelmista tilakohtaisesti laskemalla (suunniteltujen valaisimien teho jaettuna tilan lattia-alalla).

Rakennuksen keskimääräinen valaistuksen tehontiheys lasketaan tilatyypien pinta-aloilla painotettuna keskiarvona Ympäristöministeriön uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun asetuksen mukaisesti.

Käyttötarkoitukseluokan valaistuksen pinta-aloilla painotettu keskimääräinen tehontiheys saadaan kaavan 1 mukaisesti;

$$P_{tot} = \frac{1}{A_{tot}} \sum_{i=1}^n P_i A_i, \quad (1)$$

missä,

P_{tot}	on koko rakennuksen keskimääräinen valaistuksen tehontiheys [W/m ²]
A_{tot}	on rakennuksen nettoala [m ²]
P_i	on tilatyypin i valaistuksen tehontiheys [W/m ²]
A_i	on tilatyypin i nettoala [m ²]

Suunniteltua valaistuksen keskimääräistä tehontiheyttä voidaan käyttää vain jos tilatyypeille on tehty valaistussuunnitelma. Muussa tapauksessa tehontiheytenä tulee käyttää asetuksen uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 11 § rakennuksen vakioidun käytön arvoja.

4.2 Tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus

Ympäristöministeriön asetuksen (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta mukaan rakennuksen valaistusta tulee voida ohjata toimintojen mukaisesti. Tässä luvussa on esitetty erilaisia valaistuksen ohjaustapoja ja niiden huomioimista rakennuksen valaistuksen tehontiheyden määrittämisessä.

Valaistuksen tarpeenmukaisia ohjaustapoja on manuaalisia sekä automaattisia. Manuaalisella ohjauksessa käyttäjä säätää manuaalisesti valaistusta ja automaattisessa ohjauksessa ohjaus tapahtuu automaattisesti ennalta määrättyjen ohjausparametrien mukaisesti. Alla on listattu tyypillisimpiä ohjausmuotoja:

- manuaalinen kytkin tai vetonaru
- aikaohjaus
- läsnäolo
- poissaolo
- päivänvalo
- vakiovalo

Taulukossa 1 on esitetty valaistuksen ohjauskertoimia, joita voi käyttää laskennassa kun 60 % tilatyypin tilojen yhteenlasketusta valaistuskuormasta ohjataan suunnittelun ohjauksen mukaisesti. Alla on esitetty lisäksi reunaehtoja ohjaustapakohtaisesti.

Läsnäolo-ohjauskerrointa voi käyttää tilatyypin laskennassa seuraavissa tilanteissa (Taulukossa 1 kirjain L):

- Kun tilassa on käytössä automaattinen päälle/pois-kytkentä, joka kytkee valaisimet automaattisesti päälle, kun tilassa ollaan läsnä ja jonka sammutuksen viive on enintään 15 minuuttia.
- Kun tilassa on käytössä poissaolo-ohjaus, joka kytketään päälle huonekohtaisella manuaalisella kytkimellä ja jonka sammutuksen viive on enintään 15 minuuttia.

Päivänvalo-ohjauskerrointa voi käyttää tilatyypin laskennassa silloin, kun tilan aukkojen lasiala on vähintään 10 % tilan lattiapinta-alasta ja kun tilassa on käytössä päivänvalo-ohjaus. Tilasta tulee olla suora näkymä ulkotiloihin, jotta päivänvalo-ohjauskerroin voidaan huomioida laskennassa. (Taulukossa 2 kirjain P)

Vakiovalo-ohjausta voidaan käyttää tilatyypin laskennassa silloin, kun valaistusta ohjataan siten, että käyttötarkoituksen mukainen valaistustaso säilyy vakiona. (Taulukossa 1 kirjain V)

Yhdistettyjen ohjausjärjestelmien kertoimia voi käyttää, kun valaistuksen ohjauksessa yhdistetään yllä esitettyjä ohjausjärjestelmiä. (Taulukossa 1 kirjainyhdistelmät M+P, M+V, M+P+V, L+V, L+P+V)

Valaistuksen energiankulutus huoneessa tai tietyllä alueella lasketaan ohjauskerroinmenetelmällä seuraavasti:

$$P = c * P_{valaistus} \quad (2)$$

jossa,

P tarpeenmukainen valaistuksen keskimääräinen tehoiheys huoneessa tai tietyllä alueella W/m^2

c valaistuksen ohjauskerroin taulukosta 1

$P_{valaistus}$ valaistuksen asennusteho pinta-alaa kohden huoneessa tai tietyllä alueella W/m^2

Taulukko 1 Tarpeenmukaisen valaistuksen ohjauskertoimet. *M* = Manuaalinen kytkin, *P* = Päivänvalo-ohjaus, *V* = Vakiovalo-ohjaus, *L* = Läsnaolo-ohjaus.

Käyttötarkoitusluokka	Tilatyyppe	Ohjausjärjestelmä						
		M+P	M+V	M+P+V	L	L+P	L+V	L+P+V
Asuinkerrostalo, erillinen pientalo sekä rivija ketjutalo	Porraskäytävä	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,36	0,36
	Varastotilat	0,30	0,27	0,27	0,20	0,20	0,18	0,18
	Pesutupa	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
	Olohuone	0,90	0,81	0,81	0,80	0,80	0,72	0,72
	Makuuhuone	0,80	0,72	0,72	0,70	0,70	0,63	0,63
	Ruokailutila, käytävä	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,36	0,36
	Keittiö	0,60	0,54	0,54	0,50	0,50	0,45	0,45
	Kylpyhuone, eteinen	0,40	0,36	0,36	0,30	0,30	0,27	0,27
	WC	0,30	0,27	0,27	0,20	0,20	0,18	0,18
Toimisto	Yhden hengen toimistohuone	0,72	0,72	0,65	0,70	0,63	0,63	0,57
	2-6 hengen toimistohuone	0,81	0,81	0,73	0,80	0,72	0,72	0,65
	Yli kuuden hengen avotoimisto, liiketunnistus/ 10m ²	0,90	0,90	0,81	0,90	0,81	0,81	0,73
	Aula, yli kuuden hengen avotoimisto, liiketunnistus/ yli 30m ²	0,90	0,90	0,81	1,00	0,90	0,90	0,81
	WC/ sosiaalitala	0,63	0,63	0,57	0,60	0,54	0,54	0,49
	Varasto	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
	Neuvotteluhuone	0,63	0,63	0,57	0,60	0,54	0,54	0,49
Opetustilat	Luokahuone	0,76	0,86	0,68	0,85	0,68	0,77	0,61
	Luentosali	0,64	0,72	0,58	0,70	0,56	0,63	0,50
	Opettajahuone	0,64	0,72	0,58	0,70	0,56	0,63	0,50
	Ruokala	0,80	0,90	0,72	0,90	0,72	0,81	0,65
	Kirjasto	0,64	0,72	0,58	0,70	0,56	0,63	0,50
Sairaala	Toipumishuone, leikkaussali, käytävä, odotustila, aula	0,90	0,90	0,81	1,00	0,90	0,90	0,81
	Tutkimus-/toimenpidehuone	0,72	0,72	0,65	0,70	0,63	0,63	0,56
	Laboratorio, päivähuone	0,90	0,90	0,81	0,90	0,81	0,81	0,73
Liikerakennus	Liiketila	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
	Varasto	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,81	0,81
	Kylmävarasto	0,60	0,54	0,54	0,50	0,50	0,45	0,45
Majoitusliike-rakennus	Aula, ravintolasali, kahvila, keittiö	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
	Hotellihuone	0,60	0,54	0,54	0,50	0,50	0,45	0,45
	Keittiötilat, varastot	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
Liikuntahalli	Liikuntatila	0,83	0,81	0,75	0,80	0,74	0,72	0,66

4.3 Rakennuksen keskimääräinen valaistuksen tehontiheys

Koko rakennuksen keskimääräinen tarpeenmukaisesti ohjatun valaistuksen tehontiheys saadaan yhdistämällä kaavat 1 ja 2.

$$P_{rakennus} = \frac{1}{A_{tot}} \sum_{i=1}^n c_i P_i A_i \quad (3)$$

missä,

$P_{rakennus}$ on rakennuksen keskimääräinen tarpeenmukaisesti ohjattu valaistuksen tehontiheys [W/m²]

A_{tot} on rakennuksen nettoala [m²]

c_i valaistuksen ohjauskerroin

P_i on tilatyypin i valaistuksen tehontiheys [W/m²]

A_i on tilatyypin i nettoala [m²]

Kaavan kolme mukaan määritettyä, suunnitelmiin perustuvaa pinta-aloilla painotettua keskiarvoa tarpeenmukaisen valaistuksen tehontiheydestä voidaan käyttää rakennuksen energiankulutuksen vertailuarvoa määrittäessä (E-luku). Valaistusasennusten lepokulutus jätetään E-lukulaskennassa huomioimatta.

5 ESIMERKKILASKELMIA

Esimerkkilaskelmissa on esitetty valaistuksen keskimääräisen tehontiheyden määrittäminen kahdessa eri käyttötarkoitukseluokassa. Valaistuksen keskimääräinen tehontiheys lasketaan tilatyypin pinta-aloilla painotettuna keskiarvona (kaava 3) valaistuksen tarpeenmukainen ohjaus huomioiden (taulukko 1).

5.1 Asuinkerrostalo

Esimerkkiasuinkerrostalon pinta-ala tiedot on esitetty taulukossa 2 tyyppitiloittain. Taulukossa on myös esitetty valaistussuunnitelman keskimääräinen tehontiheys tilatyypille sekä suunniteltu ohjausmuoto.

Taulukko 2. Esimerkkirakennuksen tilatyypit, valaistussuunnitelman keskimääräinen tehontiheys sekä ohjaus

Tilatyypit	Pinta-ala	Valaistuksen tehontiheys	Tarpeenmukainen ohjaus
Porrashuone	384 m ²	5,0 W/m ²	Läsnäolo
Muut yhteistilat	486 m ²	(ei tiedossa)	(ei tiedossa)
Pesuhuoneet	279 m ²	7,0 W/m ²	Läsnäolo
Muut asuinhuoneet	2454 m ²	(ei tiedossa)	(ei tiedossa)
Yhteensä	3603 m ²		

Porrashuoneiden valaistusta ohjataan läsnäolo-ohjauksella, jolloin taulukon 1 mukaan ohjauskerroin tilatyypille on 0,4. Pesuhuoneiden valaistusta ohjataan läsnäolo-ohjauksella, jolloin taulukon 1 mukaan ohjauskerroin tilatyypille on 0,3. Muiden yhteistilojen valaistuksen tehontiheydestä ja ohjauksesta ei ole tarkempaa tietoa, jolloin näille tilatyypeille käytetään Ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta mukaisia rakennuksen käyttötarkoitukseluokan vakioitun käytön arvoja. Asuinhuoneiden lopulliset valaistusratkaisut ovat asukkaan valinnassa, jolloin näille tilatyypeille käytetään myös asetuksen vakioitun käytön arvoja.

Kaavan 3 perusteella tarpeenmukaisella ohjauksella huomioitu rakennuksen keskimääräiseksi valaistuksen tehontiheydeksi saadaan

$$P_{rakennus} = \frac{1}{3603 \text{ m}^2} \left(0,4 * 384 \text{ m}^2 * 5,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 1,0 * 486 \text{ m}^2 * 9,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 0,3 * 279 \text{ m}^2 * 7,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 1,0 * 2454 \text{ m}^2 * 9,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$

$$P_{rakennus} \approx 7,8 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkilaskelmat valaistuksen tehontiheyden vaikutuksesta E-lukuun on laadittu käyttötarkoitukseluokalle noudattaen Ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta vaatimuksia.

Valaistuksen käyttöasteena käytetään asetuksen mukaista vakioidun käytön arvoa, joka on asuinkerrostalolle 0,1.

Taulukko 3. Valaistuksen tehontiheyden ja ohjauksen vaikutus E-lukuun

	E-luku	Erotus
Asetuksen mukainen valaistus	91 kWh _E / m ² ,a	
Suunniteltu valaistus	90 kWh _E / m ² ,a	- 1 kWh _E / m ² ,a

Porrashuoneiden ja pesuhuoneiden suunnitellulla valaistuksen tehontiheydellä sekä ohjauksella saavutetaan 1 kWh_E/m²,a parannus rakennuksen E-lukuun. Vaikutus on suhteellisen pieni johtuen asuinhuoneiden suuresta osuudesta rakennuksen pinta-alasta, joiden valaistusratkaisut ovat esimerkissä asukkaan valittavissa. Lisäksi asuinrakennuksen valaistuksen vakioitu käyttöaste on suhteellisen pieni muihin lämpökuormiin verrattuna.

5.2 Liikerakennus

Esimerkkiliikerakennuksen pinta-alatiedot on esitetty taulukossa 4 tyyppitiloittain. Taulukossa on myös esitetty valaistussuunnitelman keskimääräinen tehontiheys tilatyypille sekä suunniteltu ohjausmuoto.

Taulukko 4. Esimerkkirakennuksen tilatyypit, tehontiheys sekä ohjaus

Tilatyypit	Pinta-ala	Valaistuksen tehontiheys	Tarpeenmukainen ohjaus
Myymälätila	1 952 m ²	12,0 W/m ²	Manuaalinen kytkin ja päivänvalo-ohjaus
Takatilat	530 m ²	7,0 W/m ²	Manuaalinen kytkin ja päivänvalo-ohjaus
Varastot	50 m ²	5,0 W/m ²	Läsnäolo-ohjaus
Kylmävarastot	48 m ²	5,0 W/m ²	Läsnäolo-ohjaus
Yhteensä	2 580 m ²		

Myymälätilan ja takatilojen valaistusta ohjataan manuaalisella kytkimellä ja päivänvalo-ohjauksella, jolloin taulukon 1 mukaan ohjauskerroin tilatyypille on 1,0. Varastojen valaistusta ohjataan läsnäolo-ohjauksella, jolloin ohjauskerroin tilatyypille on 0,9. Kylmävarastojen valaistus on myös läsnäolo-ohjauksella jolloin kerroin on 0,5.

Kaavan 3 perusteella tarpeenmukaisella ohjauksella huomioitu rakennuksen keskimääräiseksi valaistuksen tehontiheydeksi saadaan:

$$P_{rakennus} = \frac{1}{2580 \text{ m}^2} \left(1,0 * 1952 \text{ m}^2 * 12,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 1,0 * 530 \text{ m}^2 * 7,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 0,9 * 50 \text{ m}^2 * 5,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 0,5 * 48 \text{ m}^2 * 5,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$

$$P_{rakennus} \approx 10,7 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkilaskelmat valaistuksen tehon tiheyden vaikutuksesta E-lukuun on laadittu käyttötarkoitukseluokalle noudattaen Ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta vaatimuksia.

Valaistuksen käyttöasteena käytetään asetuksen mukaista vakioitun käytön arvoa, joka on liikerakennukselle 1,0.

Taulukko 3. Valaistuksen tehon tiheyden ja ohjauksen vaikutus E-lukuun

	E-luku	Erotus
Asetuksen mukainen valaistus	145 kWh _E / m ² ,a	
Suunniteltu valaistus	111 kWh _E / m ² ,a	- 34 kWh _E / m ² ,a

Tyypittilojen suunnitellulla valaistuksen tehon tiheydellä sekä ohjauksella saavutetaan noin 34 kWh_E/m²,a parannus rakennuksen E-lukuun. Valaistuksen vaikutus liikerakennuksen E-lukuun on merkittävä johtuen käyttöasteesta sekä lasketun suunnitellun tehon tiheyden noin 40 % laskusta vakioituun käyttöön nähden.

LÄHTEET

- 1) D3 laskentaopas. Valaistuksen tehontiheyden ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa. 2015
- 2) Ympäristöministeriön asetus (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017.
- 3) Ympäristöministeriön asetus (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017.
- 4) Energiatodistusopas 2016
- 5) Energiatehokkuus. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2018.