



Ulkovalaistuksen haittavaikutukset luontoon

Jade Raitio

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

RAITIO, JADE:
Ulkovalaistuksen haittavaikutukset luontoon

Opinnäytetyö 29 sivua
Toukokuu 2025

Ulkovalaistuksen lisääntyessä myös valaistuksen aiheuttamat haittavaikutukset lisääntyvät. Opinnäytetyössä selvitettiin ulkovalaistuksen aiheuttamia haittavaikutuksia luontoon. Työssä keskityttiin pääosin pohjoisella pallonpuoliskolla esiintyvien eläinryhmien kokemuksiin haittavaikutuksiin.

Opinnäytetyö tehtiin kirjallisuuskatsauksena, jonka tavoitteena oli koota ajankohtaista ja luotettavaa tietoa valon ekologisista vaikutuksista. Tiedonhaku aloitettiin kartoittamalla aiheeseen liittyviä kotimaisia ja kansainvälisiä julkaisuja. Lähteitä etsittiin kirjastoista, Tampereen korkeakoulun kirjaston tietokannoista ja Google Scholarista. Näistä löytyi kattavasti tieteellisiä artikkeleita, raportteja, vertaisarvioituja julkaisuja ja tutkimuksia. Tiedonhankinnassa käytettiin myös muita keskeisiä tiedonhakupäiväkirjoja, joilla löydettiin luotettavia verkkolähteitä, esimerkiksi valosaasteeseen ja ympäristövaikutuksiin erikoistuneita raportteja ja ohjeistuksia.

Keinotekoinen valo ja valosaaste lisääntyvät jatkuvasti aiheuttaen yhä enemmän haittoja luonnolle. Työssä haluttiin nostaa esille mahdolliset ulkovalaistuksen aiheuttamat ongelmat luonnolle ja havainnollistaa lisätyn valon ekologisia vaikutuksia. Työ on suunnattu erityisesti valaistussuunnittelijoille, jotka ovat mukana tekemässä päätöksiä ulkovalaistuksesta. Tavoitteena on tarjota valaistussuunnittelijoille tietoa, jonka avulla valaistuksesta voidaan tehdä luonnon kannalta kestävä. Työ korostaa valaistuksen merkitystä osana laajempaa ekosysteemiä ja rohkaisee suunnittelijoita huomioimaan valaistuksen vaikutukset luontoon.

Asiasanat: valosaaste, valaistussuunnittelu, ympäristö

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering,
Electrical Systems

RAITIO, JADE:
Negative Impacts of Outdoor Lighting on Nature

Bachelor's thesis 29 pages
May 2025

The purpose of this study was to gather information on the harmful effects of outdoor lighting on animals. The study primarily focused on animals living in the Northern Hemisphere and the negative impacts they experience.

This study was carried out as a literature review. Information was collected from libraries, the databases of Tampere University libraries and Google Scholar. Other reliable online sources were also used in the information retrieval process, including reports and guidelines specialized in light pollution and environmental impacts.

Artificial light and light pollution are continuously increasing, causing growing harm to the natural environment. The aim of this study was to highlight the issues caused by outdoor lighting on nature. The result of this study is a comprehensive information package specifically intended for lighting designers. This study emphasizes the importance of lighting as part of a broader ecosystem and encourages designers to consider the impact of lighting on nature.

Key words: outdoor lighting, lighting design, nature

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	VALO JA VALAISTUS	7
2.1	Näkyvän valon spektri	7
2.2	Valkoinen valo ja värilämpötilat	9
2.3	Häiriövalo ulkovalaistussuunnittelussa	12
2.4	Pimeänä säilytettävät alueet	15
3	VALON VAIKUTUS LUONTOON	17
3.1	Valon vaikutus lintuihin	19
3.2	Valon vaikutus nisäkkäisiin	19
3.3	Valon vaikutus hyönteisiin	21
3.4	Valon vaikutus lepakoihin	23
3.5	Valon vaikutus sammakkoeläimiin	25
3.6	Valon vaikutus vesistöihin	26
4	POHDINTA	27
	LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

Valolla on ollut historiassa aina hyvin tärkeä rooli. Valo tarjoaa turvallisuutta sekä ohjaa elintoimintoja. Valo määrittää vuorokausirytmijämme ja vaikuttaa siihen, milloin olemme aktiivisia ja milloin lepäämme. Myös luonnon eliöt ovat sopeutuneet valon ja pimeyden vaihteluun, joka rytmittää niiden käyttäytymistä vuoden- ja vuorokaudenaikojen mukaan. Valoa onkin voitu pitää edistyksen symbolina, kun taas pimeys yhdistetään vaaraan ja pelkoon. Teknologian kehityksen myötä ihmisillä on ollut yhä helpompaa ja edullisempaa lisätä valaistusta ympäristönsään, mutta samalla se on tuonut mukanaan uudenlaisen ympäristöhaitan, valosaasteen. Vaikka valo ei ole saastetta perinteisessä merkityksessä, kuten ilman tai veden kemialliset epäpuhtaudet, voi se silti aiheuttaa merkittävää haittaa luonnolle. Keinotekoinen valo, joka leviää ympäristöön hallitsemattomasti, voi häiritä eläinten käyttäytymistä, kasvien kasvurytmiä ja jopa koko ekosysteemin tasapainoa.

Kaupunkien laajetessa myös valaistut alueet kasvavat, eivätkä valaistuksen vaikutukset rajoitu pelkästään kaupunkien sisälle – ne heijastuvat laajalle ympäristöönsä. LED-tekniikan nopea leviäminen on osaltaan kiihdyttänyt tätä kehitystä, sillä se mahdollistaa kirkkaan ja energiatehokkaan valaistuksen entistä laajemmalla alueella. Tämä on johtanut siihen, että yötaivaat ovat yhä kirkkaampia ja laajemmilla alueilla. Tähtitaivasta on yhä vaikeampi nähdä kaupungeissa, mutta lisääntyneellä valolla on merkittävämpiäkin vaikutuksia, se horjuttaa myös luonnon tasapainoa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä ulkovalaistuksen aiheuttamiin haittavaikutuksiin luonnossa. Tavoitteena on selvittää, millaisia haittoja vääränlainen valaistus voi aiheuttaa luonnossa. Työ tehdään kirjallisuuskatsauksena, jossa tiedon hakemiseen käytetään apuna kirjastoja, Tampereen korkeakoulun kirjaston tietokantaa, Google Scholaria ja muita tiedonhakupälineitä.

Työssä keskitytään pääosin pohjoisella pallonpuoliskolla elävien eläinryhmien kokemiin haittavaikutuksiin. Tutkimuksista paljastuu kuitenkin vuosittain yhä enemmän eläinlajeja, joihin lisätty valo vaikuttaa negatiivisesti. Listalla on muun

muassa kolibrit, perhoset, lepakot, pöllöt, pingviinit, eläinplankton, riikinkukot, hii-ret sekä gekot. Valtaosa eläimistä on riippuvaisia luonnollisesta vuorokausirytmistä, johon valoisan ja pimeän ajan vaihtelulla on suuri merkitys. Ne tarvitsevat rytmiä tärkeimpiin toimintoihinsa, kuten ravinnon hankintaan, suunnistamiseen, lisääntymiseen sekä uneen ja suojautumiseen. Tutkimusten mukaan öisellä keinotekoisella valolla voi olla kielteisiä ja jopa tappavia vaikutuksia useisiin eliöihin. (DarkSky 2023.)

2 VALO JA VALAISTUS

Ihminen on päiväaktiivinen laji, joka on tottunut toimimaan valoisaan aikaan. Kautta historian ihmiset ovat pelänneet pimeää ja suhtautuneet valoon myönteisesti. Tämä on aiheuttanut sen, että valoa käytetään jopa liikaa. Pimeyden pelko ei kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että vääränlainen, liian voimakas tai väärin suunnattu valo aiheuttaa ympäristöhaittoja sekä kuluttaa turhaa energiaa. Tätä ylimääräistä väärissä paikoissa olevaa valoa kutsutaan valosaasteeksi. Terminä valosaaste voi olla harhaanjohtava, sillä valo ei saastu toisin kuin maaperä, ilma tai vesi. Termi on haastava myös siksi, että valo, joka on määritelty saasteeksi, on täysin samanlaista kuin tarpeellinen tai luonnollinen valo. Erona on se, että valosaastetta on paikoissa, joissa sitä ei kuuluisi olla. Helsingin kaupungin mukaan ”Valosaaste on termi viihtyisyyden tai turvallisuuden kannalta tarpeettomasta, mahdollisesti myös taivaalle suuntautuvasta valosta, jolla on vaikutuksia luontoon. Valosaaste saattaa aiheuttaa ympäristöhaittoja kasveille, hyönteisille ja eläimille.” (Helsingin kaupunki 2021, Lyytimäki & Rinne 2013.)

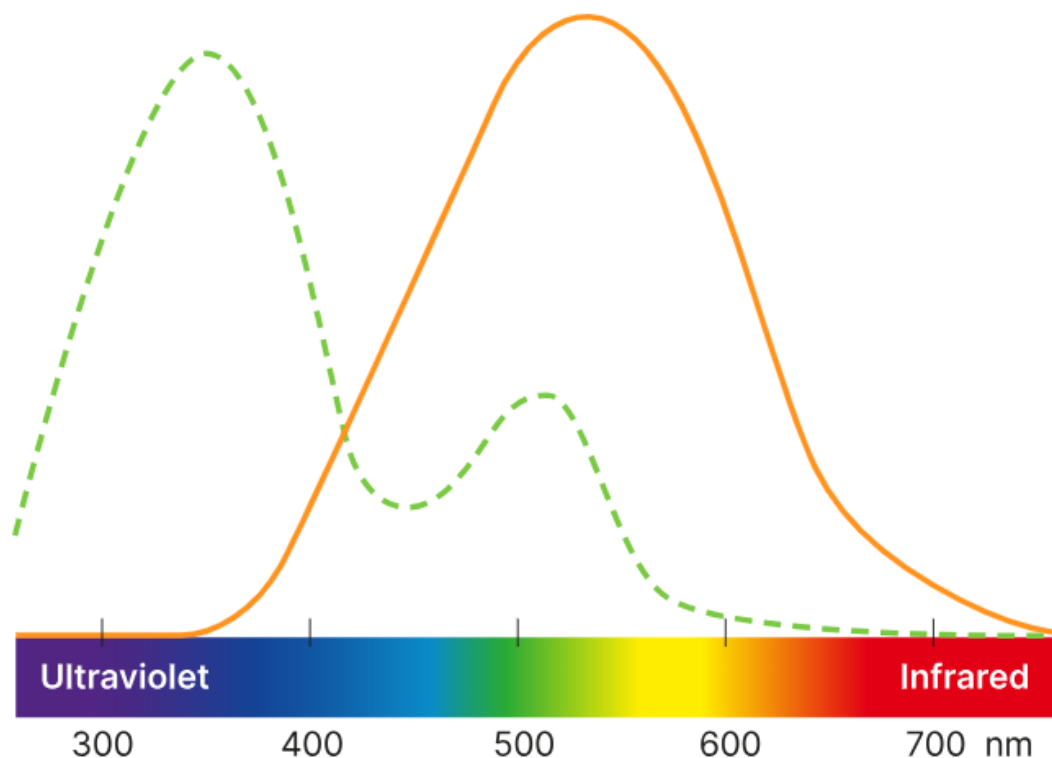
Viimeaikaiset tutkimukset yötaivaan kirkkaudesta osoittavat, että 23 % maapallon napaseutujen ulkopuolisista maa-alueista altistuu yölliselle keinotekoiselle valolle. Yleensä keinovalaistus lisääntyy väestönkasvun myötä, mutta viime vuosina se on kasvanut erityisen voimakkaasti tietyissä maissa, kuten Yhdysvalloissa. Yhdysvallat onkin yksi maailman kirkkaimmin valaistuista maista. Tähtitieteilijät ovat vaatineet yöaikaisen keinovalon rajoittamista jo yli 40 vuoden ajan, mutta vasta viime aikoina kiinnostus valon ekologisiin vaikutuksiin on herännyt. Valolla on merkittävä rooli siinä, miten eläimet ovat vuorovaikutuksessa elollisen ja elottoman ympäristönsä kanssa. (Shier, Bird & Wang 2020.)

2.1 Näkyvän valon spektri

Ihminen ei kykene silmillään havaitsemaan pieniä muutoksia valon voimakkuudessa. Nämä pienet muutokset voivat kuitenkin mullistaa herkkäsilmaisten yöeläinten maailman. Jotta ihminen voi aistia valoa, valon säteilytehon on oltava riittävän suuri. (Lyytimäki & Rinne 2013.)

Valo on sähkömagneettista säteilyä. Näkyvän valon osuus on vain pieni osa koko sähkömagneettisesta spektristä. Näkyvän valon aallonpituus ulottuu noin 400 nm:stä (violetti valo) noin 700 nm:iin (punainen valo). Yleisesti näiden rajojen sisällä olevat värit jaetaan kuuteen perusväriin: violetti, sininen, vihreä, keltainen, oranssi sekä punainen (KUVA 1.). Värit eivät kuitenkaan ole selvästi erillisiä vyöhykkeitä, vaan rajoiltaan keskenään sekoittuneita. (Halonen & Lehtovaara 1992.)

Ihminen ei näe näiden rajojen ulkopuolella olevaa säteilyä. Ultravioletiksi valoksi (UV) kutsutaan säteilyä, jonka aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän valon aallonpituus. Esimerkiksi ihon ruskettuessa auringossa UV-valoa ei näe ihmisen silmällä, mutta vaikutuksen voi huomata iholla. Infrapunasäteilyksi kutsutaan säteilyä, jonka aallonpituus on suurempi kuin 700 nm. Sen ihminen voi aistia lähinnä lämpövaikutuksena. Kuvassa 1. on kuvattu, miten ihminen näkee eri aallonpituudet verrattuna hyönteisiin. (Linkoaho & Valjakka 1979.)



Valon aallonpituuksien näkyvyys:

● Hyönteiset (yöaktiiviset) ● Ihmiset

KUVA 1. Ihmissilmän päivänäkemisen spektriherkkyyskäyrä ja yöaktiivisen hyönteisen spektriherkkyyskäyrä (Bega n.d.).

2.2 Valkoinen valo ja värilämpötilat

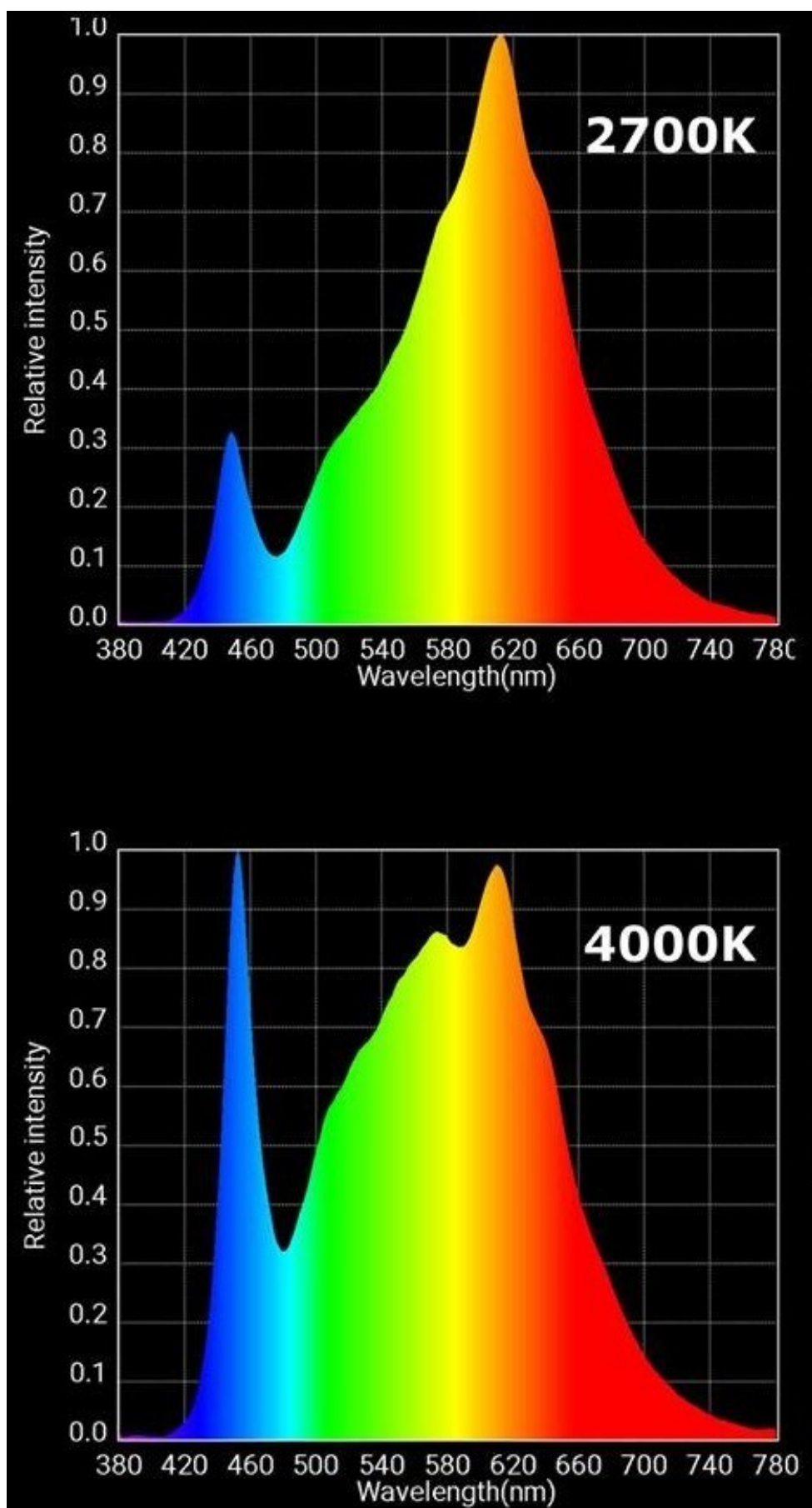
Säteily, jonka säteilyteho kaikkialla näkyvän valon alueen aallonpituuksilla on vakio, määritellään tasaenergiasektriseksi valkoiseksi valoksi. Hehkulampuilla, loistelampuilla tai suurpainepurkauslampuilla ei pystytä tuottamaan tasaenergistä valkoista valoa. Hehkulamppu säteilee keltaista ja punaista valoa, vakioloistelamput tuottavat niukasti keltaista ja punaista valoa, elohopealampun säteily sisältää vain sinistä, vihreää ja kellanvihreää valoa ja pienpainenatriumlamppu säteilee lähes pelkästään keltaista valoa. Auringon säteily painottuu siniseen valoon ja UV-säteilyyn. Lähes kaikkien valonlähteiden sanotaan kuitenkin tuottavan jonkinlaista valkoista valoa, vaikka yhden valonlähteen tuottama valkoinen valo voi olla kylmempää tai lämpimämpää kuin toisen. Tasaenergistä valkoista valoa ei välttämättä tarvita valkoisuuden vaikutelmaan. (Benwei Lighting 2023, Halonen & Lehtovaara 1992.)

Värilämpötilan käsitettä käytetään, kun halutaan määritellä säteilyn lähteen väriä. Värilämpötila mitataan tyypillisesti Kelvineinä (K), joka on absoluuttisen lämpötilan yksikkö. Värilämpötila määritellään mustan kappaleen absoluuttisena lämpötilana siten, että mustan kappaleen ja tutkittavan säteilyn lähteen valon värilaatu vastaavat toisiaan. Huoneen lämpötilassa 300 K (kelvin) musta kappale pysyy mustana, lämpötilassa 800 K se on punainen, 5000 K lämpötilassa valkoinen ja 60 000 K lämpötilassa sininen. Suomessa ulkovalaistuksessa LED-valaisimilla käytetään usein värilämpötilaa lämmin valkea 3000 K tai kirkas valkea 4000 K. Lämpimän valkean väri on kellertävän valkoista ja kirkkaan valkea on enemmän siniseen vivahtavaa. Kuvassa 2. on esitetty värilämpötilat 2000–7000 K. (Halonen & Lehtovaara 1992, Lighting Style n.d.)



KUVA 2. Värilämpötilat 2000-7000 K (Lighting Style n.d.).

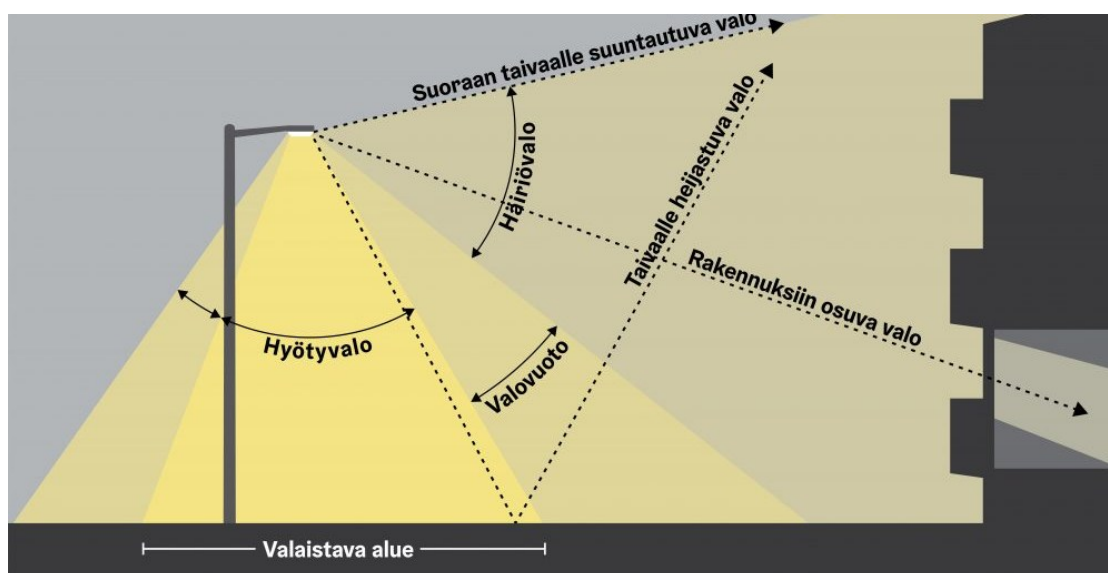
LED-valaisimen spektrin määrittää sen värilämpötila. Eri värilämpötiloilla on erilaiset spektrijakaumat. Esimerkiksi 4000 K LED-valaisimen spektrijakauma sisältää huomattavasti enemmän sinistä, kun 2700 K spektrijakauma, joka sisältää lämpimiä värejä, kuten oranssia ja keltaista. (KUVA 3.). (Benwei Lighting 2023.)



KUVA 3. 2700 K ja 4000 K LED-spektrit (Soft Lights Foundation n.d.).

2.3 Häiriövalo ulkovalaistussuunnittelussa

LED-valaistuksen lisääntyessä myös häiriövaloon kiinnitetään huomiota yhä enemmän. Helsingin kaupunkitilaohjeeseen on kirjattu häiriövalosta seuraavasti: ”Häiriövalo on vaakatason yläpuolelle suuntautuvaa valoa tai valoa, joka aiheuttaa ärtymystä, epämiellyttävyyttä tai vaikeuttaa oleellisen informaation näkemistä suuntauduttuaan valaisevan alueen ulkopuolelle.” Termi valosaaste taas kuvaa laajemmin kaikkea tarpeetonta valoa. Helsingin kaupunki on laatinut vuonna 2021 oman häiriövaloselvityksen, jonka tavoitteena on selvittää häiriövalon haittavaikutuksia kaupungissa ja löytää mahdollisia ratkaisuja häiriövalon minimoimiseksi tulevaisuudessa. Kuvassa 4. on esitetty katuvalaisimen valon jakautuminen sekä häiriövalon muodostuminen. (Helsingin kaupunki 2021.)



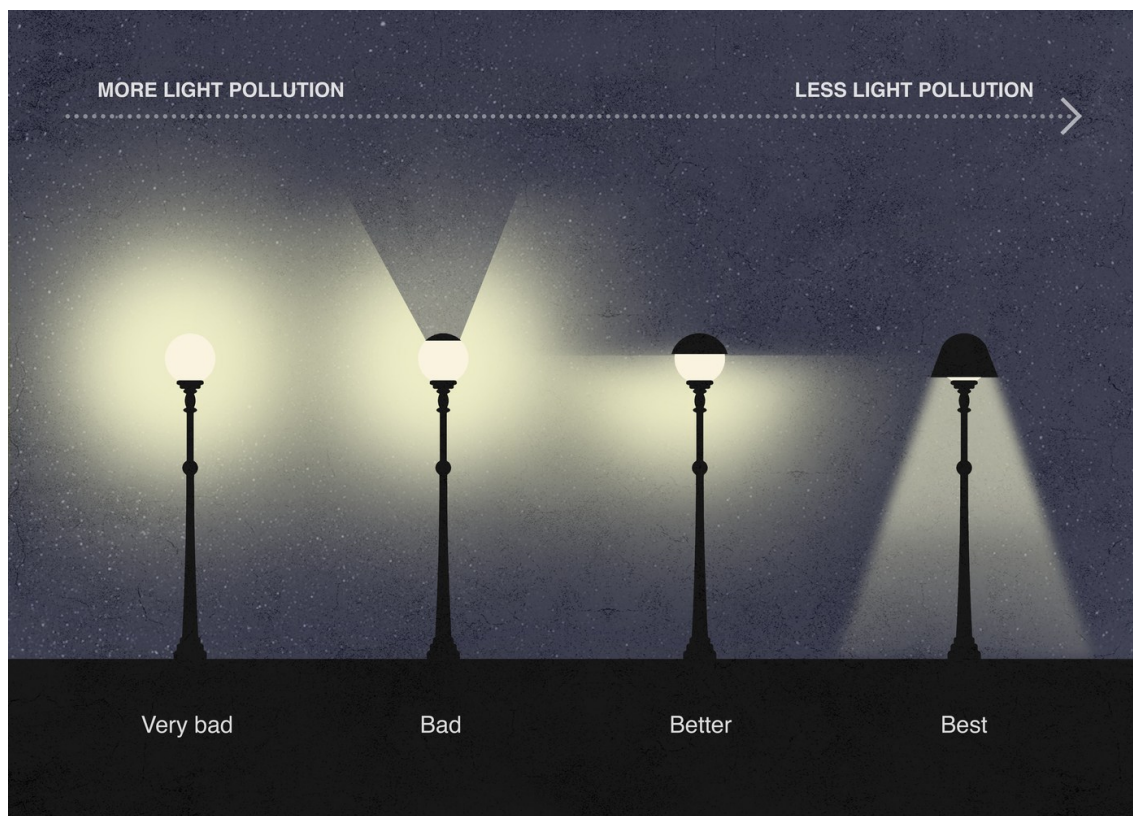
KUVA 4. Katuvalaisimen valon jakautuminen ympäristöön (Helsingin kaupunki 2021).

Tuoreen tutkimuksen mukaan kolmannes maailman väestöstä ei näe kotigalaksiamme, Linnunrataa. Tämä johtuu miljoonista kaupunkivaloista, jotka valaisevat kaupunkeja joka yö. Kuitenkin vain osa valosta käytetään katujen tai jalkakäytävien valaisemiseen. Iso osa valosta hukkuu ja suuntautuu horisontin yläpuolelle, kirkastaen yötaivasta ja aiheuttaen valosaastetta. Ulkovalaistusta lisätään yhä enemmän sen alhaisen hinnan ja yleisen vaurauden kasvun vuoksi. Erityisen kirkkaita paikkoja ovat laajat kasvihuonealueet. Kuvasta 5. nähdään, miten paljon kasvihuonealueet voivat valaista yötaivasta. (Dunn 2017, Montjoy 2022.)



KUVA 5. Albrechticen kylän yötaivas Tšekissä (Dunn 2016).

Tähtien näkemisen estyminen on vain osa ongelmaa. Muita haittavaikutuksia ovat muun muassa vaarallinen häikäisy, joka voi heikentää turvallisuutta, liiallinen energiankulutus, rahan ja resurssien tuhlaaminen ja lukuisat haitat ihmisille ja luonnolle. Tähän voi kuitenkin vaikuttaa valaistusta suunnitellessa. Jotta taivaalle suuntautuvaa valoa saataisiin minimoitua, tulee valita oikeanlainen valaisin. Kuvassa 6. on hahmoteltu, miten erimalliset valaisimet päästävät valoa ympärilleen. (Montjoy 2022.)



KUVA 6. Oikeanlaisella valaisimella saadaan vähennettyä häiriövaloa (Montjoy 2022).

Helsingin kaupunki, kuten monet muut kaupungit, on ottanut käyttöön luokittelujärjestelmän, joka auttaa valaistussuunnittelussa arvioimaan ja hallitsemaan eri alueiden valoisuutta. Tämä luokittelu on tarkoitettu erityisesti kaupungin valaistusratkaisujen kehittämiseen siten, että minimoidaan ylimääräinen valo ympäristössä. Taulukossa 1. on esitetty häiriövalon alueluokat, joihin kaupungin alueet voidaan jakaa niiden valoisuuden tason mukaan. (Helsingin kaupunki 2021.)

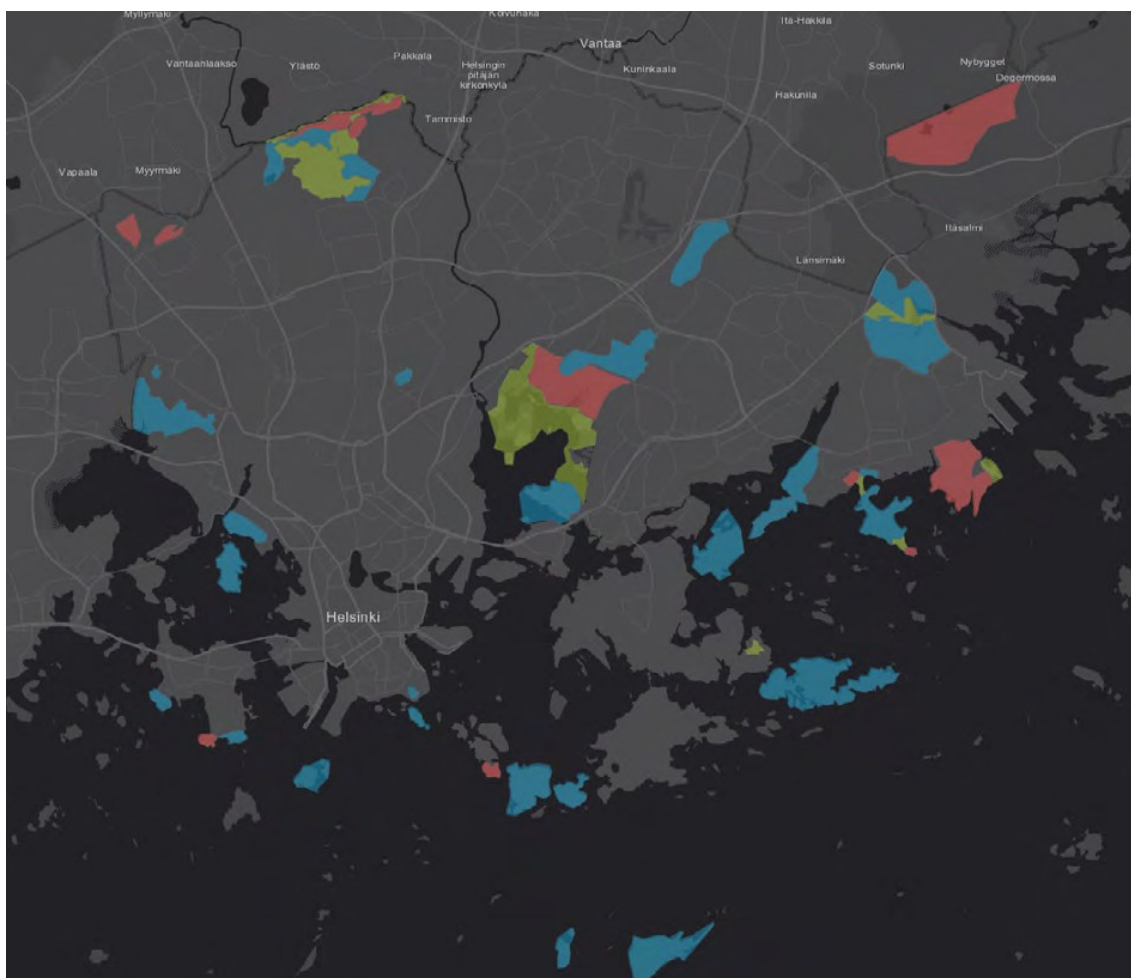
TAULUKKO 1. Helsingin kaupungin häiriövalon alueluokat (Helsingin kaupunki 2021).

Luokka	Alueet	Ympäristön valoisuus
E1	Luonnonsuojelualue, asumaton maaseutu	Pimeä
E2	Asuinalueet, joissa on vähäistä asutusta, alueet taajamien ulkopuolella, viher- ja virkistysalueet	Vähäinen aluevalaistus
E3	Taajama-alueet, asuntovaltaiset alueet, pientaloalueet	Kohtalainen aluevalaistus
E4	Taajama-alueet, asuntovaltaiset alueet, kerrostaloalueet, liike- ja palvelukeskustat, toimitila-alueet	Voimakas aluevalaistus
E5	Kantakaupungin alue	Erittäin voimakas aluevalaistus

2.4 Pimeänä säilytettävät alueet

Häiriövalon lisääntyessä useat kaupungit ja kunnat haluavat säilyttää tietyt alueet kokonaan pimeänä. Tampereen kaupunki on määritellyt ulkovalaistuksen toimintalinjassaan: ”Pimeäksi jätettävillä alueilla tarkoitetaan alueita, jotka voidaan jättää valaisematta alueen toimintojen ja turvallisuuden siitä kärsimättä.” Pimeäksi jätettävät alueet määritellään sen mukaan, onko tarvetta vähentää keinovalon eläinkunnalle aiheuttamia haittavaikutuksia. Myös kaupunkilaiset voivat tällöin nauttia täysin pimeästä luonnosta ja tähtitaivaasta. Tampereella pimeäksi jätettäviä alueita on luonnonsuojelualueilla ja laajempien metsäalueiden yhteydessä. Rauhoitettuja alueita on Tampereella yli 40, joista kuusi sijaitsee keskusta-alueen läheisyydessä. Näihin kuuluu muun muassa Pyyrikki ja Viikinsaari. Luonnonsuojelualueiden läpi kulkevat ulkoilun pääreitit saattavat olla valaistuja, muuten alueet ovat pimeitä. Pimeiden alueiden tulee muodostaa kokonaisuuksia, jotka voi kuitenkin ohittaa valitsemalla valaistun pääreitit. Valaistu pääreitti ei saa kuitenkaan aiheuttaa häiriövaloa pimeälle alueelle. Valaistus himmennetään tai sammutetaan kokonaan yöksi luonnonsuojelualueilla. (Tampereen kaupunki 2022.)

Myös Helsingin kaupunki on laatinut pimeänä säilytettävät alueet, nämä on esitetty kartalla kuvassa 7. Karttaa luotaessa on tarkasteltu Helsingin luonnonsuojelualueita, ranta-alueiden valaistuksen periaatteita sekä URSA:n tähtien tarkkailuun suositeltuja paikkoja. Punaisella merkityt alueet ovat täysin pimeänä säilytettäviä alueita, esimerkiksi luonnonsuojelualueita. Vihreällä merkityt ovat pimeänä säilytettyjä, joissa reittejä voidaan pääpiirteisesti valaista ja sinisellä merkityt alueet ovat pimeänä säilytettäviä alueita, joissa kuitenkin on jo valaistusta. (Helsingin kaupunki 2021.)



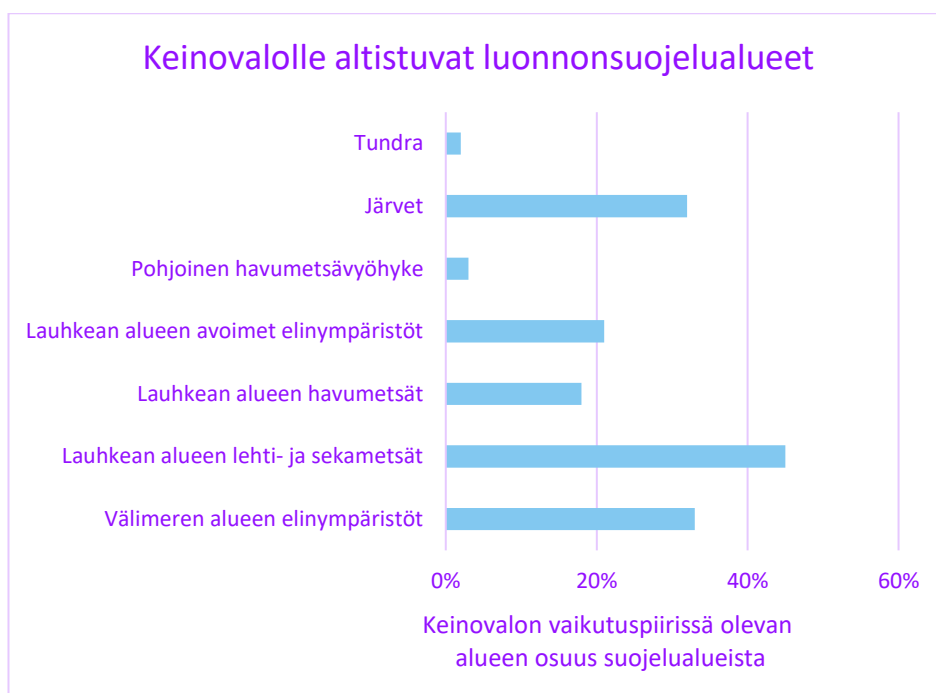
KUVA 7. Helsingin kaupungin pimeänä säilytettävät alueet (Helsingin kaupunki 2021).

3 VALON VAIKUTUS LUONTOON

Valon vaikutuksia luontoon on tutkittu jo pitkään. Tärkeimpiä tutkimuskohtia kasvintuotannossa on fotosynteesi eli yhteyttäminen. Valon vaikutuksia tuotantoeläimiin on tutkittu laajasti kotieläintieteessä. Hollantilainen biologi F. J. Verheijen julkaisi vuonna 1985 yhteenvedon siitä, miten keinovalo houkuttelee villieläimiä. Tuolloin tämä oli kuitenkin vain tieteellisesti kiinnostava ilmiö, jota ei pidetty uhkana lajien säilymiselle. Kunnolla valon haittavaikutuksista luontoon on kiinnostuttu vasta 2000-luvulla. (Lyytimäki & Rinne 2013.)

Eläimet ovat sopeutuneet valon ja pimeyden säännöllisesti muuttuviin sykleihin miljoonien vuosien ajan. Keinovalo häiritsee etenkin vähäisiä valomääriä aistivia hämärä- ja pimeäaktiivisia lajeja, jotka muodostavat valtaosan maapallon eliöistä. Lisävalo voi vaikuttaa erityisen herkästi niiden elintoimintoihin ja käyttäytymiseen. Monet eläimet käyttävät luonnonvaloa apunaan suunnistamisessa maalla, vedessä sekä ilmassa. Päiväaktiiviset lajit tarvitsevat pimeyttä esimerkiksi pedoilta suojautumiseen sekä lepäämiseen. Pahimmassa tapauksessa keinovalo voi vauhdittaa lajin taantumista ja johtaa lajin paikalliseen sukupuuttoon. Selkärangaisista 28 % ja selkärangattomista 64 % eläimistä on yöaktiivisia. Noin puolet nisäkkäistä on yöaktiivisia, mukaan lukien lähes kaikki jyrsijät sekä lepakot. Todellisuudessa yöaktiivisten lajien osuus voi olla tätäkin suurempi, sillä niitä ei ole tutkittu yhtä hyvin kuin päiväaktiivisia lajeja. Myös pölyttäjistä merkittävä osa on yöaktiivisia. (Helsingin kaupunki 2021, Lyytimäki & Rinne 2013.)

Eläimet eivät ole suojassa keinovalon haittapuolilta välttämättä edes luonnonsuojelualueilla. Kuviossa 1. on esitetty arvioita siitä, kuinka suuri osuus luonnonsuojelualueiden pinta-alasta on viiden kilometrin etäisyydellä keinovalosta. Arvot ovat maailmanlaajuisia satelliittikarttojen avulla laskettuja arvioita. (Lyytimäki & Rinne 2013.)



KUVIO 1. Suojelualueiden osuudet keinovalon vaikutuspiirissä maailmassa (Lyytimäki & Rinne 2013).

Eri aallonpituudet vaikuttavat eri tavoin eri eliöihin. On tärkeää tiedostaa, mitkä aallonpituudet vaikuttavat mihinkin eliöihin. Tietyissä tilanteissa voidaan käyttää oikeanlaista valoa ja näin vähentää valon aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia luontoon. Esimerkiksi Hollannissa on käytetty punaisen sävyistä valoa katuvalaistuksessa alueilla, jossa tiedetään elävän paljon lepakoita. Taulukossa 2. on esitetty mitkä aallonpituudet haittaavat mitäkin eläinlajeja. (Parker 2023.)

TAULUKKO 2. Vältettävät aallonpituudet (Helsingin kaupunki 2021).

	UV	Violetti	Sininen	Vihreä	Keltainen	Oranssi	Punainen	IR
Aallonpituus (nm)	<400	400-420	420-500	500-575	575-585	585-605	605-700	>700
Makean veden kalat	x	x	x	x	x	x	x	
Merikalat	x	x	x	x				
Äyriäiset (eläinplankton)	x	x	x					
Sammakkoeläimet ja matelijat	x	x	x	<500 ja >550	x	x	x	x
Linnut	x	x	x	x		x	x	x
Nisäkkäät (pois lukien lepakot)	x	x	x	x			x	
Lepakot	x	x	x	x				
Hyönteiset	x	x	x	x				

3.1 Valon vaikutus lintuihin

Keinovalo vaikuttaa lintujen elämään monella eri tavalla. Se häiritsee niiden ravinnonhakua sekä pendoilta suojautumista. Muuttolinnut ovat riippuvaisia eri vuodenaikojen merkeistä. Keinotekoinen valaistus voi saada ne muuttamaan liian aikaisin tai liian myöhään, jolloin ne voivat menettää parhaat ilmasto-olosuhteet pesintään, ravinnonhankintaan ja muihin elintärkeisiin käyttäytymisiin. Muuttolinnut altistuvat erityisesti valosaasteen vaikutuksille juuri muuton aikana, vuosikieron kriittisimmässä vaiheessa. (Cabrera-Cruz, Smolinsky & Buler 2018, Lyytimäki & Rinne 2013, DarkSky 2023.)

Pimeällä keinovalo häiritsee myös niiden suunnistamista. Linnut ovat tottuneet suunnistamaan kuunvalon ja tähtien avulla. Keinotekoinen valaistus voi saada ne eksymään reitiltään ja ohjautumaan esimerkiksi niille vaarallisiin kaupunkeihin. Meren yllä lentävien lintujen suunnistusta häiritsee laivojen valot, majakat sekä öljynporauslautat. Maalla linnut törmäilevät korkeisiin asuin- ja toimistorakennuksiin, mastoihin, tuulivoimaloihin ja muihin valaistuihin rakennelmiin. Erityisesti huonolla näkyvyydellä keinovalo hämää lintuja ja pahimmillaan huonolla säällä yhden yön aikana on voinut kuolla jopa kymmeniä tuhansia lintuja törmättyään korkeisiin rakennelmiin. Pitkistä muuttomatkoista väsyneelle linnulle pienikin törmäys voi johtaa kuolemaan. Suomessa on arvioitu kuolevan vuosittain noin 100 000 muuttolintua öisissä törmäyksissä rakennuksiin. Saman verran on arvioitu kuolevan törmäyksissä majakoihin ja valonheittäjiin. (Lyytimäki & Rinne 2013, DarkSky 2023.)

3.2 Valon vaikutus nisäkkäisiin

Tutkimusten mukaan valosaaste on todellinen uhka sekä yö- että päiväaktiivisille nisäkkäille. Lisääntynyt valo heikentää lajien elinkykyä sekä suoraan, että lajien välisen vuorovaikutusten kautta. Tietoa valon vaikutuksista nisäkkäisiin voidaan saada tarkastelemalla lajien aktiivisuusrytmejä, näkökykyä ja fysiologisia rytmejä luonnollisen valo-pimeä-jakson aikana. Nisäkkäät eroavat toisistaan aktiivisuusjaksojensa mukaan, ja tämä näkyy myös niiden näköjärjestelmien rakenteessa.

Vuorokausirytmiiin perustuvan aktiivisuusmallin omaavia lajeja ovat sorkkaeläimet ja suuret petonisäkkäät sekä jotkut pienemmät pedot. Näillä lajeilla on hyvä hämäränäkö ja ne ovat useimmiten aktiivisia öisin, mutta niillä on myös päiväaktiivisuutta. (Beier 2006, Vardi-Naim, Benjamin, Sagiv & Kronfeld-Schor 2022.)

Eri nisäkkäiden reaktiot valoon riippuvat muun muassa silmän rakenteesta. Yöaktiivisilla nisäkkäillä on suuret pupillit, jotka päästävät enemmän valoa silmään, suuret linssit pallopoikkeaman vähentämiseksi sekä verkkokalvot, joissa on runsaasti sauvasoluja. Monet tutkimukset näyttävät, että lepakot, yöaktiiviset jyrsijät ja muut yöaktiiviset nisäkkäät reagoivat kuunvaloon vähentämällä aktiivisuuttaan ja syömällä vähemmän ruokaa. Kuunvaloa vastaava keinovalaistus vähentää täten monien yöeläinten aktiivisuutta ja liikkumista. Vaikka pienet nisäkkäät voivat kirkkaassa kuunvalossa siirtää ravinnonhankintaansa pimeämpiin ajankohtiin, tämä ei ole vaihtoehto niille eläimille, jotka altistuvat jatkuvalla keinovalolle. Tällöin näille eläimille jää kaksi vaihtoehtoa: joko hankkia ravintoa kirkkaassa valossa ja ottaa riskin joutua saaliiksi tai jatkaa piilottelua, vaikka se johtaisi kehon massan vähenemiseen. Eräs yöaktiivinen jyrsijälaji *Phyllotis darwini* söi luonnollisissa olosuhteissa vain 4 % ravinnostaan suojaisessa turvapaikassa, mutta lisätyn keinovalon seurauksena se kuljetti jopa 40 % ruoastaan turvapaikkaan syödäkseen siellä. Kirkkaassa kuunvalossa jyrsijät söivät 15 % vähemmän kuin normaalisti ja menettivät keskimäärin 4,4 grammaa kehonpainostaan verrattuna pimeisiin öihin, jolloin ne menettivät vain 1,1 grammaa. Vaikka näitä kokeellisia tuloksia voi olla vaikea soveltaa suoraan luonnonolosuhteisiin, voidaan silti sanoa, että keinotekoinen yöaikainen valaistus vähentää yöeläinten ravinnon saantia ja lisää saaliiksi joutumisen riskiä. Tämän seurauksena lisääntynyt valo voi muodostua uhaksi luonnollisten ekosysteemien vakaudelle, koska se muuttaa lajien käyttäytymistä ja selviytymistä epätasaisesti, mikä voi vaikuttaa eliöyhteisöjen rakenteeseen. (Beier 2006, Vardi-Naim, Benjamin, Sagiv & Kronfeld-Schor 2022.)

Keinotekoinen valaistus aiheuttaa yöllisen valotason muuttumista, joka vaikuttaa luontoon maailmanlaajuisesti. Luonnonvalolla on suoria ja epäsuoria vaikutuksia moniin luonnon osa-alueisiin ja siksi valosaasteen vaikutukset lajeihin, yhteisöihin ja ekosysteemeihin ovat nousseet merkittäväksi huolenaiheeksi. Koska valosaaste parantaa näkyvyyttä, se tekee pienistä saaliseläimistä helpommin havait-

tavia näköä apunaan käyttäville petoeläimille. Tämän kaltaiset vaikutukset saattavat aluksi kuulostaa pieneltä, mutta vaikutusten ymmärtäminen on erityisen tärkeää etenkin uhanalaisten lajien kohdalla. Niiden pienet populaatiot tekevät tutkimuksen usein haastavaksi ja harvinaiseksi. Artikkelissa "Effects of artificial light at night on the foraging behavior of an endangered nocturnal mammal" tutkittiin uhanalaisen yöaktiivisen kengururotan kokemia valon vaikutuksia. Tutkimuksessa tarkasteltiin yöaikaisen keinovalon vaikutuksia jyräjän ruokailupäätöksiin vaihtelemalla valon voimakkuutta. Tutkimuksen mukaan yöaikainen keinotekoinen valaistus vähentää elinympäristön soveltuvuutta ja voi hidastaa uhanalaisten yöaktiivisten jyräjien toipumista. (Shier, Bird & Wang 2020.)

Yöaktiiviset nisäkkäät kokevat luonnollisia valon vaihteluita kuun kierron mukaisesti. Luonnossa pienet jyräjät vähentävät aktiivisuuttaan ja ruokailevat tiheässä suojassa täysikuun aikaan. Tämän takia esimerkiksi uhanalainen Floridan rantahiiri vähentää aktiivisuuttaan ja ruokailua, ja Patagonian lehtikorvahiiret vähentävät maan päällä liikkumista yöllisen keinovalon takia. Myös metsämyyräpopulaatioiden on havaittu muuttavan tilankäyttöä. (Shier, Bird & Wang 2020.)

3.3 Valon vaikutus hyönteisiin

Monet hyönteiset hakeutuvat valon luo, mutta keinotekoinen valaistus voi muodostua niille kohtalokkaaksi houkutteksi. Hyönteiskantojen väheneminen vaikuttaa kielteisesti kaikkiin lajeihin, jotka ovat riippuvaisia hyönteisistä ravinnon tai pölytyksen vuoksi. Kuvassa 8. näkyy, miten hyönteiset hakeutuvat kirkkaiden valonlähteiden luokse. (Kaartinen 2017.)



KUVA 8. Hyönteiset hakeutuvat valonheittimen ympärille (Hirschlag 2024).

Monteverden vuoristossa Costa Ricassa tehdyn tutkimuksen mukaan keinovalo hämmentää hyönteisiä houkuttelemisen sijasta. Katsaus 229 tutkimukseen valosaasteesta osoitti, että keinotekoinen yöllinen valo on merkittävä hyönteiskantojen vähenemisen aiheuttaja. Kaupungistumisen lisääntyessä noin 10 % vuosittain, myös valosaaste lisääntyy jatkuvasti, mikä johtaa siihen, että myös hyönteisten määrän väheneminen tulee jatkumaan. Tämä taas voi vaikuttaa vakavasti viljelykasveihin, jotka ovat riippuvaisia pölytyksestä, vaarantaen siten ravintoketjun ylemmät portaot, mukaan lukien ihmiset. (Hirschlag 2024.)

Pölyttäjistä merkittävä osa on yöaktiivisia. Näihin kuuluvat monet kovakuoriaiset, yöperhoset, kärpäset, sääsket, luteet sekä pistiäiset. Ulkovalot muistuttavat hyönteisiä kuun tai tähtien valosta, jonka myötä niiden luontainen suuntavaisto menee sekaisin. Tämä harhauttaa pölyttäjiä pois niiden öisistä pölytystehtävistään. Eräs sveitsiläinen tutkimus selvitti yöaktiivisten pölyttäjien vierailuja keltaohdakkeille. Tutkimuksen mukaan keinovalo vaikuttaa pölyttäjien aktiivisuuteen sekä niiden lajimäärään. Keinovalolla valaistuilla ohdakkeilla kävi jopa 60 % vähemmän pölyttäjiä kuin pimeässä olevilla. Valaistuilla keltaohdakkeilla vieraili eri pölyttäjälajeja kolmannes vähemmän kuin pimeässä. Keinovalo vaikutti lisäksi kasvien siemenen tuottoon. ”Suomalaisia kasveja ajatellen tutkimustulos on huolestuttava.” toteaa Riikka Kaartinen kirjoittamassaan artikkelissa. Erityisen haitallisia hyönteisille ovat elohopealamput, koska ne houkuttelevat ja harhauttavat

hyönteisiä. Pelkästään saksalaisen Kielin kaupungin elohopealamppujen on arvioitu tappavan kolme miljoonaa hyönteistä joka yö. Elohopealampuista on kuitenkin luovuttu Euroopassa. (Kaartinen 2017, Lahti 2024, Lyytimäki & Rinne 2013.)

Lahden kaupunki on alkanut kiinnittämään huomioita ulkovalaistuksen aiheuttamiin haittavaikutuksiin yöllä toimiviin pölyttäjiin. Tämän seurauksena Lahdessa on päätetty kokeilla uutta pölyttäjäystävällistä valaistusteknologiaa. Pölyttäjiä ja hyönteisiä ylipäättään houkuttelee erityisesti siniset aallonpituudet. Siniset aallonpituudet on mahdollista suodattaa pois valaisimesta, jolloin saadaan lämpimän sävyistä valoa. Tämä ei häiritse pölyttäjiä yhtä herkästi, jolloin ne pystyvät paremmin keskittymään pölyttämiseen. Kuvassa 1. on esitetty ihmissilmän päivänäkemisen spektriherkkyyskäyrä ja yöaktiivisen hyönteisen spektriherkkyyskäyrä. Pölyttäjäystävälliset valaisimet suodattavat automaattisesti illan hämärtyessä siniset aallonpituudet pois. (Lahti 2024.)

3.4 Valon vaikutus lepakoihin

Tutkimukset viittaavat, että yöaikainen lisääntyvä valaistus aiheuttaa merkittäviä haasteita lepakoille, joiden yöaktiivinen käyttäytyminen on hienosäädetty luonnollisten valorytmien mukaan. Monet lepakkolajit välttävät valaistuja alueita, sillä näillä alueilla riski joutua petojen saaliiksi on paljon suurempi kuin pimeässä. Useimmat lepakot näkevät paremmin hämärässä kuin kirkkaassa valossa. Tämän takia lepakot törmäilevät valaistuihin rakennelmiin yllättävän usein. Lepakot käyttävät näköään luultua enemmän suunnistamisessa ja kirkkaassa valaistuksessa näköaisti toimii huonosti. Toisaalta taas jotkut lepakot saattavat hyötyä keinovalaistuksesta. Valoa paremmin sietävät lepakot löytävät helposti ravintoa katuvalojen ympärillä pyörivistä hyönteisistä. Valolle aremmat lepakot voivat jäädä kuitenkin ilman ruokaa hyönteisten pörrätessä valaistuilla alueilla. (Lyytimäki & Rinne 2013, Nivard 2024.)

Lepakoiden vuorokausi- ja vuosirytmiiä häiritsee niiden lepo- ja talvehtimispaikkojen läheisyydessä olevat valot. Vaikutukset ovat erittäin haitallisia etenkin silloin, kun lepopaikka on muutenkin huonolaatuinen. Jopa äärimmäisen heikolle

valolle altistumisella voi olla häiritseviä vaikutuksia joillekin lajeille. Lisätty valo heikentää niiden aktiivisuutta, esimerkiksi kolmivärilepakko on neljä kertaa aktiivisempi alueilla, joilla ei ole pysyvää yövalaistusta. Aktiivisuuden vähenemisellä voi olla vakavia vaikutuksia ekosysteemeihin, sillä lepakot toimivat tärkeinä hyönteisten torjujina, pölyttäjinä ja siementen levittäjinä. Lisäksi lajien monimuotoisuus vähenee selvästi kirkkaasti valaistuilla alueilla, kuten rakennustyömailla. Tämä osoittaa, kuinka yöaikainen valaistus muodostaa esteen liikkumiselle ja heikentää elinympäristöjen yhteyksiä. Taulukosta 2. nähdään, että punainen valo ei häiritse lepakoita samalla tavalla kuin normaali sinertävä valaistus. Alankomaissa tehty tutkimus osoittaa, että etenkin valkoista ja vihreää valoa tulee välttää alueilla, joilla esiintyy lepakoita. Näille alueille voidaan valita valaisimet, jotka tuottavat punertavaa valoa, joka ei häiritse lepakoita. Kuvassa 9. on Alankomaissa lepakkoalueilla käytetty punertava valaistus. (Lyytimäki & Rinne 2013, Nivard 2024, Signify 2017.)



KUVA 9. Lepakkoystävällinen valaistus (Signify 2017).

Lisätystä valosta voi olla myös hyötyä joillekin lepakkolajeille. Valo houkuttelee hyönteisiä, mikä tekee niistä helppoa saalistettavaa lepakoille. Lisääntynyt kilpailu lepakoiden välillä valoalueilla ja hyönteispopulaatioiden liiallinen saalistus

voivat kuitenkin häiritä ravintoverkkoja ja johtaa pitkällä aikavälillä haitallisiin vaikutuksiin ekosysteemissä. Tutkimukset osoittavat, että lisätty yöaikainen valaistus vaikuttaa lepakoihin pääasiassa haitallisesti. Haitat, kuten aktiivisuuden väheneminen, elinympäristöjen pirstoutuminen ja lisääntynyt energiankulutus ovat merkittävämpiä kuin mahdolliset ravintohyödyt. (Nivard 2024.)

3.5 Valon vaikutus sammakkoeläimiin

Maapallolta on vaikea löytää paikkaa, johon ei vaikuttaisi edes vähäinen valoaste. Keinovalot vaikuttavat myös kosteikkoalueisiin, joissa elää sammakoita ja rupikonnaa. Sammakkoeläimistä jopa 90 prosenttia on yöaktiivisia ja ne ovat erittäin herkkiä ympäristön muutoksille. Tämä tekee niistä hyviä malleja tutkia, miten lisääntynyt valo voi vaikuttaa myös muihin lajeihin. Jo pieni määrä ylimääräistä valoa voi vaikuttaa sammakoiden sosiaaliseen käyttäytymiseen, liikkumiseen, lisääntymiseen ja kykyyn välttää saalistajia. Jos sammakkoeläin altistuu voimakkaalle keinovalolle, sillä voi mennä useita tunteja palautumiseen. Täydellisen hämäränään kehittyminen sammakon silmissä kestää tunteja, jonka ajan ne ovat kykenemättömiä toimimaan normaalisti. (Science Daily 2019, Parker 2023.)

Sammakolajien yöllinen kurnutus on osa niiden lisääntymisriittiä. Keinovalaistus häiritsee tätä käyttäytymistä ja vaikeuttaa lisääntymistä, mikä johtaa populaatioiden pienenemiseen. Kanadassa tehdyn tutkimuksen mukaan erään sammakolajin sammakoiden kutsuäänet vähenivät 44 prosenttia, kun ne altistuivat ylimääräiselle valolle. Valon takia sammakot kuluttivat runsaasti energiaa paikan vaihtamiseen ja ne liikkuivat jopa seitsemän kertaa enemmän kuin sammakot, joita ei altistettu ylimääräiselle valolle. (DarkSky 2023, Lyytimäki & Rinne 2013.)

Metsäsammakoille tehdyn tutkimuksen mukaan lisätty valo heikensi nuijapäiden kuoriutumismenestystä. Olosuhteissa, joissa oli lisätty valoa, nuijapäät kasvoivat suuremmiksi, olivat vähemmän aktiivisia, niissä oli enemmän loisia ja ne olivat herkempiä tien suolalle. Tutkimuksessa mukana olleen Graschen Shidemantlen mukaan tärkein tutkimuksesta opittu asia oli, että valolle altistuminen yöllä voi lisätä sammakoiden herkkyyttä muille lisäkuormittaville tekijöille, kuten tiesuolan

ja loisten vaikutuksille. Lisätty yöllinen valo ei välttämättä yksinään aiheuta merkittäviä kielteisiä vaikutuksia, mutta koska luonnossa eläimet harvoin altistuvat vain yhdelle stressitekijälle, valosaasteen ja muiden kuormitustekijöiden yhdistelmällä voi olla kielteisiä vaikutuksia sammakkoeläinpopulaatioihin. ”On erittäin tärkeää ymmärtää, miten ihmisen toiminta vaikuttaa villieläimiin, jotta voimme tehdä vastuullisempia päätöksiä esimerkiksi kaupunkisuunnittelun ja rakentamisen suhteen” toteaa Shidemantle. (Science Daily 2019.)

3.6 Valon vaikutus vesistöihin

Keinovalon haitat yltävät jopa veden alle. Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan vaikutukset ulottuvat noin 3 metriä vedenpinnan alapuolelle. Kuten kaikki muut eläimet, myös vesistöjen eliöt ovat tottuneet valon vaihteluun. Levää ravintonaan käyttävät pienet vesieliöt eivät uskalla tulla veden pintakerrokseen syömään, jos vesi on liian valoisaa. Jopa puolenkuun loistetta vähäisempi valo voi estää planktonlajien nousua pintaveteen. Kun eläinplanktonin laiduntaminen vähenee, levät runsastuvat ja veden laatu heikkenee. Pahimmillaan tästä voi seurata happikato, joka aiheuttaa myös kalojen kuolemia. (Lyytimäki & Rinne 2013.)

Veteen leviävä keinovalo on usein tahatonta. Veden äärellä olevat katuvalot muuttavat lohenoikasten liikkumista. Ne eivät osaa noudattaa normaalia päivittäistä rytmiään katuvalojen palaessa. Kanadassa huomattiin, että tietyt hyljelajit oppivat saalistamaan lohenoikasia valaistujen siltojen läheisyydessä, missä lohia oli enemmän. (Lyytimäki & Rinne 2013.)

4 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten ulkovalaistuksen aiheuttama lisääntynyt valo vaikuttaa eläinkuntaan pohjoisella pallonpuoliskolla. Tavoitteena oli selvittää, mitä haittavaikutuksia ylimääräisellä valolla voi olla eläimiin. "Kun lisäämme valoa ympäristöön, sillä voi olla yhtä häiritsevä vaikutus kuin jos ajaisimme puskutraktorilla luonnon halki", sanoo Chad Moore, entinen Yhdysvaltain kansallispuistopalvelun asiantuntija. Valosaaste on yllättävän moniulotteinen ilmiö, joka ulottuu monille elämänalueille. Keinovalon haittavaikutukset ulottuvat laajasti ekosysteemiin ympäri maailman ja uhkaavat monien lajien elinmahdollisuuksia. Monille eläimille pimeys ei ole vain lepoaikaa, vaan elinehto – mahdollisuus liikkua, hankkia ravintoa ja suojautua pedoilta.

Työtä tehdessä huomiota herätti se, miten eri aallonpituudet vaikuttavat eri eläinlajeihin. Esimerkiksi punaisen valon käyttäminen alueilla, joilla liikkuu paljon lepakoita tai yöaktiivisiä pölyttäjiä, voi olla ratkaisu, joka sekä mahdollistaa turvallisen kulkemisen ihmisille että vähentää keinovalon haittavaikutuksia luontoon. Tällaiset kompromissit osoittavat, ettei valosaasteen torjuminen tarkoita paluuta täysin pimeään maailmaan. Vaikka ihminen kykenee muokkaamaan ympäristöä merkittävästi, tulisi silti aina ottaa huomioon, miten muutokset vaikuttavat elinympäristöön. Valosaaste havainnollistaa, kuinka tavallinenkin ratkaisu voi saada aikaan negatiivisia seurauksia. Samalla se osoittaa, että ratkaisujakin on olemassa. Valaistuksen tulevaisuus voikin olla kirkas, mutta viisaammin ohjattu.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattava tietopaketti, joka kertoo miten sekä luonnollinen että keinotekoinen valo vaikuttaa eri eläinlajeihin. Aineisto tarjoaa arvokasta tietoa siitä, miten lisätty valaistus muokkaa eläinten käyttäytymistä, vuorokausirytmisiä ja elinympäristöjä. Tulosten pohjalta olisi jatkossa mahdollista kehittää selkeä ja käytännönläheinen ohjeistus valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen siten, että eläimille aiheutuvia haittavaikutuksia voitaisiin vähentää merkittävästi. Tässä työssä kerätty tieto voisi toimia perustana ohjeistuksen laatimiselle ja tukea valaistuksen vastuullista suunnittelua eri ympäristöissä.

LÄHTEET

Bega. n.d. Vastuullinen ulkovalaistus. Viitattu 13.4.2025.

<https://www.bega.com/fi-fi/tietoa/lighting-theory/vastuullinen-ulkovalaistus/>

Beier, P., 2006. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Washington, D.C.: Island Press. 480 s.

Benwei Lighting. 2023. Millaisen Valospektrin LEDit Tuottavat? 22.3.2023. Viitattu 20.4.2025. <https://fi.benweilight.com/info/what-spectrum-of-light-do-leds-produce-80618867.html>

Cabrera-Cruz, S., Smolinsky, J. & Buler, J. 2018. Light pollution is greatest within migration passage areas for nocturnally-migrating birds around the world. Nature. 19.2.2018.. Viitattu 22.4.2025. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21577-6>

DarkSky. 2023. Light pollution harms wildlife and ecosystems. 13.11.2023. Viitattu 29.3.2025. <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/wildlife-ecosystems/>

DarkSky. 2023. Light Pollution Can Harm Wildlife. PDF-dokumentti. Viitattu 14.3.2025. <https://darksky.org/app/uploads/2023/10/DarkSky-Light-Pollution-Can-Harm-Wildlife-English-1.pdf>

Dunn, M. 2017. The end of night? Light pollution increasing around the world. CTV News. 22.11.2017. Viitattu 18.4.2025. <https://www.ctvnews.ca/sci-tech/article/the-end-of-night-light-pollution-increasing-around-the-world/>

Halonen, L. & Lehtovaara, J., 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä: Otatieto Oy. 456 s.

Helsingin kaupunki. 2021. Helsingin häiriövaloselvitys. PDF-dokumentti. Viitattu 20.2.2025. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-07-21.pdf>

Helsingin kaupunki. 2024. Häiriövalo ja valosaaste. 8.5.2024. Viitattu 5.4.2025. <https://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/hairiovalo-ja-valosaaste/>

Hirschlag, A. 2024. Why insects are drawn to artificial light at night. BBC. Viitattu 17.4.2025. <https://www.bbc.com/future/article/20240215-why-insects-are-drawn-to-artificial-light-at-night>

Kaartinen, E. 2017. Valosaaste häiritsee öisin lentäviä pölyttäjiä. Suomen luonto 11.8.2017. Viitattu 3.4.2025. <https://suomenluonto.fi/valosaaste-hairitsee-polyttajia/>

Lahti. 2024. Pölyttäjätystävälliset katuvalot antavat pölyttäjille yörauhan. Viitattu 15.3.2025. <https://www.lahti.fi/uutiset/polyttajaystavalliset-katuvalot-antavat-polyttajille-yorauhan/>

Lighting Style. n.d. The Ultimate Guide To Lighting Colour Temperature. Viitattu 20.4.2025. <https://www.lightingstyle.com.au/guide-to-lighting-colour-temperature.html#:~:text=Europe%3A%20the%20recommended%20color%20temperature,Neutral%20White%3A%203000K%20%2D%204000K>

Linkoaho, M. & Valjakka, J., 1979. Valo-oppi. Espoo: Otapaino. 324 s.

Lyytimäki, J. & Rinne, J., 2013. Valon varjopuolet. Tampere: Tammerprint Oy. 255 s.

Montjoy, V. 2022. How to Reduce Light Pollution With Street Light Design? Arcdaily 24.2.2024. Viitattu 18.4.2025. <https://www.archdaily.com/977131/how-to-reduce-light-pollution-with-street-light-design>

Nivard, E. 2024. Is ALAN an advantage or disadvantage for bats? Life in the City. 2.12.2024. Viitattu 22.4.2025. <https://urbanevolution-litc.com/2024/12/02/is-alan-an-advantage-or-disadvantage-for-bats/>

Parker, M. 2023. The nature of light pollution and glare, their impact on the environment. Luento. YouTube-video. Tallinn Urban Lighting Seminar 14.9.2023. Viitattu 3.3.2025. <https://www.youtube.com/watch?v=N1vV4Mm91as&list=PL9ck3deZUndDgVu-yox0ewgW7hh2ofPibL&index=2>

Science Daily. 2019. Light at night is harmful for amphibians, new research shows. Viitattu 17.4.2025. <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/05/190528095246.htm>

Science Direct. 2020. Effects of artificial light at night on the foraging behavior of an endangered nocturnal mammal. Viitattu 16.4.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749119366059>

Signify. 2017. Calling Bat fans – Philips Lighting scientists develop LED road lighting that won't disturb bats. 1.6.2017. Viitattu 22.4.2025. <https://www.signify.com/en-gb/our-company/news/press-release-archive/2017/20170601-philips-lighting-scientists-develop-led-road-lighting-that-wont-disturb-bats>

Soft Lights Foundation. n.d. Chapter 11 – Color Temperature. Viitattu 6.5.2025. <https://www.softlights.org/chapter-11-color-temperature/>

Tampereen kaupunki. 2022. Tampereen ulkovalaistuksen toimintalinjat. 20.6.2022. PDF-dokumentti. Viitattu 2.2.2025. <https://tampere.cloudnc.fi/download/noname/%7B3e22cb02-2da1-4187-aec2-cbb64d8e4b71%7D/6890810>

Vardi-Naim, H., Benjamin, A., Sagiv, T. & Kronfeld-Schor, N. 2022. Fitness Consequences of chronic exposure to different light pollution wavelengths in nocturnal and diurnal rodents. Nature. 1.10.2022. Viitattu 22.4.2025. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-19805-1>