



Nico Juntunen

Valaistussuunnittelun periaatteet julkisissa pysäköintitiloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

13.3.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Nico Juntunen
Otsikko:	Valaistussuunnittelun periaatteet julkisissa pysäköintitiloissa
Sivumäärä:	25 sivua + 1 liite
Aika:	13.3.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Ossi Hämäläinen Insinööri Tuomo Jämsén

Insinööriyössä tarkasteltiin erilaisia valaistus- ja valaistuksenohjausratkaisuja julkisissa pysäköintitiloissa. Työssä esitellään erilaisia valaisinmalleja ja niiden optiikoita ja lisäksi käydään läpi yleisiä valaistuksenohjausratkaisuja.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi pysäköintitiloihin liittyviä standardeja ja ohjeita. Lisäksi työssä tutkitaan valaisimiin ja valaistukseen liittyviä asioita, kuten olosuhteiden vaikutusta valaisimen valintaan. Lopuksi otetaan käsittelyyn valaistuksenohjausratkaisut, joista esitellään yleisiä väyläpohjaisia ja langattomia järjestelmiä.

Työssä käytettiin kahta eri mallikohteen pysäköintitilaa, joihin suunniteltiin yleisvalaistuksen uudistus ja ohjausjärjestelmien modernisointi. Uuden valaistuksen suunnittelussa apuna käytettiin Dialux Evo -valaistuslaskentaohjelmaa. Laskelman avulla saatiin optimaalinen valaisinsijoittelu tehtyä.

Työn tuloksena luotiin mallipiirustukset julkisen pysäköintihallin valaistuksen ja valaistuksenohjauksen toteutukseen.

Avainsanat: valaistus, valaistuksenohjaus, pysäköintihalli

Abstract

Author: Nico Juntunen
Title: Principles of lighting design in public parking spaces
Number of Pages: 25 pages + 1 appendix
Date: 13 March 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Ossi Hämäläinen, Senior Lecturer
Tuomo Jämsén, Engineer

The thesis work examined different lighting and lighting control solutions in public parking spaces. The thesis introduces various lighting models and their optics, and general lighting control solutions are also examined.

In the theoretical part of the thesis, the standards and guidelines related to parking spaces are introduced. In addition, the thesis examines issues related to lamps and lighting. Finally, lighting control solutions will be discussed, which will include general bus-based and wireless systems.

Two different types of parking spaces were used in the thesis work. Renewal of general lighting and modernization of lighting control system were designed for these parking spaces. The Dialux Evo lighting calculation program was used to help design the new lighting. The calculation was used to achieve optimal positioning for lighting.

As a result of the work, model drawings were created for the implementation of the lighting and lighting control of the public parking garage.

Keywords: lighting, lighting control, parking space

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistussuunnittelu katetuissa pysäköintitiloissa	1
2.1	Pysäköintitilojen ominaisuudet valaistussuunnittelussa	1
2.2	Aiheeseen liittyvät standardit ja vaatimukset	2
3	Erilaiset valaistusratkaisut ja niiden vertailu	3
3.1	Yleistä valaisimista	3
3.2	Valaisinmallien ja optiikoiden vertailu	4
3.3	Valaisinesimerkkejä	6
4	Erilaiset valaistuksenohjausjärjestelmät ja niiden vertailu	9
4.1	Väyläpohjaiset valaistuksenohjausjärjestelmät	9
4.2	Langattomat valaistuksenohjausjärjestelmät	14
5	Valitun esimerkkijärjestelmän piirustustekninen malli	17
5.1	Valaistussuunnittelun ja mallinnuksen periaatteet	17
5.2	Valaistuksenohjausjärjestelmän suunnittelun periaatteet	18
5.3	Piirustustekniset mallit	20
6	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1: Liiketunnistimien vaikutusaluekaavio

Lyhenteet

- BLE: *Bluetooth Low Energy*. Valaistuksen ohjauksessa käytetty langaton tiedonsiirtotekniikka.
- DALI: *Digital Addressable Lighting Interface*. Digitaalinen osoitteellinen valonohjausliityntä.
- KNX: Standardoitu väyläpohjainen talo- ja rakennusautomaatiojärjestelmä.
- LED: *Light-emitting diode eli loistediodi*. Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on valaistuksen ja valaistuksenohjauksen suunnittelu julkisissa pysäköintihalleissa. Työssä tutkittiin erilaisia älykkäitä ja muuntojoustavia valaistus- ja valaistuksenohjausratkaisuja julkisessa pysäköintihallissa. Työssä tarkasteltiin mallikohteen pysäköintitilojen valaistusta ja valaistuksenohjauksen toteutusta.

Työssä tarkasteltiin kahden eri mallikohteen pysäköintitiloja, joissa toteutetaan yleisvalaistuksen kokonaisuudistus ja ohjausjärjestelmien modernisointi. Suunnittelun tavoitteena oli luoda älykäs, energiaa säästävä ja vyöhykkeittäin toimiva valaistusjärjestelmä, joka säätelee valaistuksen toimintaa tilojen käytön ja asiakkaiden liikkumisen mukaisesti. Työn tuloksena on tarkoitus luoda suunnitteluohjeistus ja mallipiirustukset julkisten rakennusten pysäköintitilojen valaistuksen ja valaistuksenohjausjärjestelmien toteutukseen.

Insinööriyö tehtiin Granlund Oy:lle helpottamaan valaistuksen ja valaistuksenohjauksen suunnittelua pysäköintitiloissa. Pää tavoitteena oli kuitenkin itse ymmärtää ja oppia lisää erilaisista järjestelmistä. Valaistusjärjestelmät kehittyvät jatkuvasti, joten suunnittelussa on tärkeää tuntea erilaisia toteutusmahdollisuuksia, jotta voidaan tarjota erilaisia vaihtoehtoja asiakkaalle.

2 Valaistussuunnittelu katetuissa pysäköintitiloissa

2.1 Pysäköintitilojen ominaisuudet valaistussuunnittelussa

Pysäköintihalleissa valaistuksen tärkein ominaisuus on taata turvallinen liikenne. Hyvä näkyvyys auttaa liikenteen sujuvuudessa, kun jalankulkijat ja ajoneuvot liikkuvat samassa tilassa. Pysäköintihallien valaistussuunnittelussa on otettava huomioon tilan olosuhteet.

Pysäköintihallit ovat usein puolikylmiä tai kylmiä tiloja. Lisäksi tilat voivat olla osin tai kokonaan ulos avoimia, jolloin pysäköintitilaan asennettavat järjestelmät voivat paikoin joutua toimimaan lähes ulko-olosuhteita vastaavissa olosuhteissa. Lämpötilan vaihtelut voivat olla suuria, ja tämä tulee ottaa huomioon valittaessa valaisimia ja niihin määriteltäviä komponentteja kohteeseen. Liitäntälaitteen pakkasenkesto on yksi keskeinen tekijä valaisimen toimintaiän kannalta. Sadeveden tai sulamisvesien valuminen rakenteita pitkin sekä lämpötilan vaihtelut aiheuttavat myös kosteutta, joka tulee huomioida valaisimen kotelointiluokassa. Pysäköintihallit ovat usein myös hyvin matalia tiloja. Tästä syystä valaisinten sijoittelu ja optiikan valinta ovat tärkeitä, jotta saadaan tilaan tasainen valo.

2.2 Aiheeseen liittyvät standardit ja vaatimukset

Valaistuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että valaistus täyttää standardin asettamat vaatimukset. Sisätilojen työkohteiden valaistuksen standardissa SFS-EN 12464-1 [1] on määritelty valaistukselle vaatimuksia. Kuvassa 1 on standardin taulukko 42, jossa esitetään valaistuksen vaatimuksia pysäköintihalleissa.

Taulukko 42 Julkiset kokoontumistilat – Pysäköintihallit

Viite-numero	Tila, tehtävä tai toiminta	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	Erityisvaatimukset
		required ^a	modified ^b							
42.1	Sisään-/ulosajorampit (päivällä)	300	500	0,40	40	25	75	75	50	1. Valaistusvoimakkuustaso ulottuu 5 m pysäköintitasolle. 2. Valaistusvoimakkuus lattiatasolla.
42.2	Sisään-/ulosajorampit (yöllä)	75	100	0,40	40	25	50	50	30	1. Valaistusvoimakkuus lattiatasolla.
42.3	Ajoradat, sisällä olevat ajorampit ja jalkakäytävät	75	100	0,40	40	25	50	50	30	1. Valaistusvoimakkuus lattiatasolla. 2. Hyvä pystypinnan valaistusvoimakkuus helpottaa kasvojen tunnistusta ja lisää siten turvallisuuden tunnetta.
42.4	Pysäköintialueet, jotka eivät ole yleisölle tarkoitettuja	75	100	0,25	40	-	50	30	15	1. Valaistusvoimakkuus lattiatasolla. 2. Hyvä pystypinnan valaistusvoimakkuus helpottaa kasvojen tunnistusta ja lisää siten turvallisuuden tunnetta.
42.5	Pysäköintialueet, jotka ovat avoimet suurelle yleisölle kuten kauppakeskukset, areenat	150	200	0,40	40	-	50	50	15	1. Valaistusvoimakkuus lattiatasolla. 2. Hyvä pystypinnan valaistusvoimakkuus helpottaa kasvojen tunnistusta ja lisää siten turvallisuuden tunnetta.
42.6	Lipunmyynti	300	500	0,60	80	19	75	75	50	1. Ikkunoista tulevia heijastuksia on vältettävä. 2. Ulkoa tuleva häikäisy on estettävä.

^a vaadittu arvo (required): minimiarvo

^b muutettu arvo (modified): ottaa huomioon valaistusvoimakkuuden muuttamiseen vaikuttavat parametrit, katso [5.3.3](#)

^a vaadittu arvo (required): minimiarvo

^b muutettu arvo (modified): ottaa huomioon valaistusvoimakkuuden muuttamiseen vaikuttavat parametrit, katso [5.3.3](#)

Kuva 1. Standardin vaatimukset valaistukselle pysäköintihalleissa [1].

Taulukkoa tutkimalla voidaan nähdä seuraavia huomioitavia seikkoja. Turvallisen ja toimivan valaistuksen valaistustasomäärittelyyn vaikuttaa merkittävästi

se, onko kyseessä pysäköintialue, joka on tarkoitettu ja kohdennettu tutulle toistuvasti samaa pysäköintitilaa käyttävälle kohdejoukolle vai avoimelle yleisölle. Mikäli kyseessä on pysäköintilaitos, johon tulee jatkuvasti käyttäjiä, joille tila ei ole ennestään tuttu, tarvitaan silloin enemmän valoa, jotta havainnointi uudessa tilassa on helpompaa. [1.]

Pysäköintialueilla, jotka eivät ole tarkoitettu yleisölle, valon tasaisuus ja valaistusvoimakkuus saavat olla heikompia kuin yleisölle tarkoitetuissa pysäköintitiloissa. Sisään- ja ulosajorampeilla valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 300 lx, joka on suurempi kuin muualla tilassa vaadittu arvo. Pysäköintitilasta ulos ajettaessa silmän on hyvä tottua kirkkaampaan valaistukseen jo pysäköintihallin puolella. Pysäköintihallissa on myös tiloja, joissa tarvitaan enemmän valoa, koska onnettomuusriski on suurempi (esimerkiksi suojatiet). Näitä tiloja varten taulukossa on esitetty korkeampi valaistusvoimakkuuden muutettu arvo. [1.]

Standardien lisäksi on olemassa ohjeellisia ST-kortteja. ST-kortistossa on ohjeita ja esimerkkejä, jotka pohjautuvat standardien mukaisiin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. Kortit on tehty helpottamaan käytännön työtä. Valaistuksen ja valaistuksenohjauksen suunnitteluun hyviä ohjeita löytyy ST-korteista 58.07 Valaistuksen laadun arviointi ja mittaus [2] sekä 58.31 Valonlähteiden säätö ja ohjaus [3].

3 Erilaiset valaistusratkaisut ja niiden vertailu

3.1 Yleistä valaisimista

Euroopan unionin RoHS-direktiivin päätöksellä [4] T8- ja T5-loistelamput poistuvat markkinoilta 24.8.2023. Päätöksellä halutaan luopua elohopean käytöstä ja vähentää kasvihuonepäästöjä sekä parantaa tuotteiden ympäristöystävällisyyttä ja energiatehokkuutta. Useimmissa loisteputkivalaisimissa voidaan loisteputki korvata LED-valoputkella. Loisteputkia korvattaessa on kuitenkin syytä myös tarkastella, tulisiko koko valaisin vaihtaa. Loisteputken vaihto LED-putkeen voi vaatia muutoksia valaisimen runkoon. Esimerkiksi kuristimen poisto ja

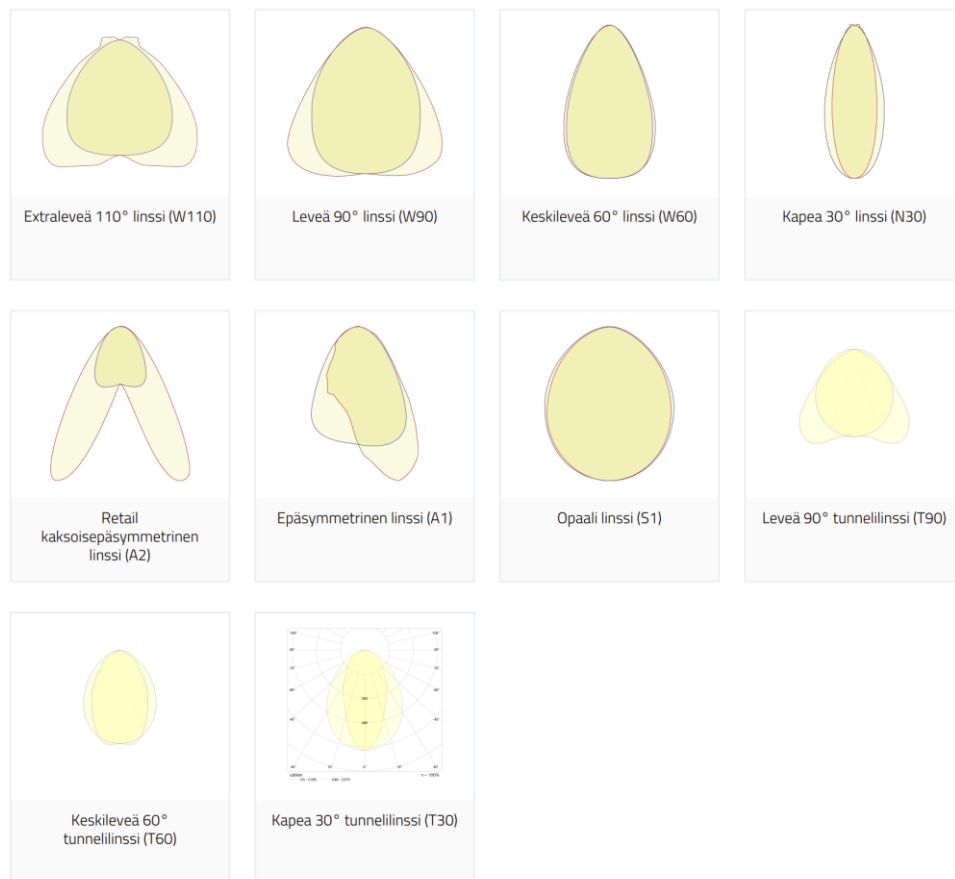
suorasähkökäytön mahdollistaminen ovat toimenpiteitä, joita joudutaan suorittamaan. Loisteputkivalaisimen rungon elinkaari voi olla jo lopussa, vaikka loisteputket voitaisiin teoriassa vaihtaa. Valaisimessa voi ilmetä jotain muuta vikaantumista, vaikka itse valonlähde vaihdettaisiin. Tällöin menetetään LED-valaisimen pidemmän vapaan huoltovälin hyöty. Koko valaisinyksikön vaihtaminen siirryttäessä LED-tekniikkaan antaa myös mahdollisuuden tarkastella valaistuksen ohjausjärjestelmän uusimista ja siinä saavutettavia hyötyjä. [4; 5; 6.]

LEDit ovat loisteputkia parempi valonlähde monessa mielessä. Niiden käyttöikä on noin viisi kertaa pidempi kuin loisteputkien, ja ne tuottavat huomattavasti tasaisemman valon. LEDit myös syttyvät nopeasti ilman välkkymistä. Niiden säätömahdollisuudet ovat huomattavasti paremmat kuin loisteputkien. LEDit soveltuvat hyvin myös avoimeen pysäköintitilaan, koska ne toimivat hyvin kylmässä. Toisin kuin loisteputket, LEDit eivät tarvitse lämpöä toimiakseen. Loistevalaisimessa sytytin lämmittää loisteputken kaasua, joka saa sen johtamaan sähköä. [5; 6.]

3.2 Valaisinmallien ja optiikoiden vertailu

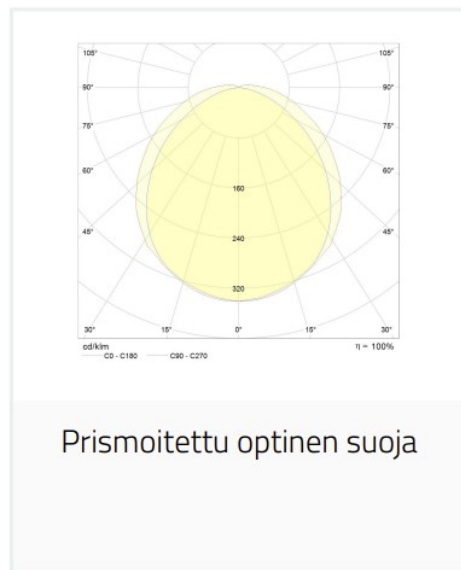
Pysäköintihallit ovat usein ainakin osittain avoimia tiloja, joten lämpötilan vaihtelut voivat olla suuria ja tilaan kertyy kosteutta. Pahimmassa tapauksessa vettä voi myös valua rakenteita pitkin suoraan valaisimeen. Tästä syystä valaisimien kotelointiluokka ja lämpötilan kesto tulee huomioida valittaessa valaisinta pysäköintihalliin. Lämpötilan vaihtelut riippuvat, missä päin Suomea ollaan, mutta varsinkin Etelä-Suomessa lämpötila voi vaihtua paljon ja hyvin nopeasti.

LED-valaisimien valonjakoa voidaan muokata optiikoilla. Vaihtoehtoina ovat linssioptiikka tai häikäisysuojalla toteutettu optiikka. Linssioptiikalla voidaan toteuttaa monta erilaista valonjakoa. Kuvasta 2 on nähtävissä Purso Oy:n Snep Mode C -valaisimen valonjakovaihtoehdot. Linssioptiikalla voidaan siis toteuttaa niin leveää kuin kapeaa valonjakoa tai niin symmetristä kuin epäsymmetristä valonjakoa. [7.]



Kuva 2. Purso Snep Mode C eri optiikoiden valonjakokäyrät [7].

Häikäisysuojalla toteutettu optiikka sopii hyvin pysäköintitiloihin. Purson Snep Mode P -valaisimessa on mikroprismoitettu häikäisysuoja, joka jakaa valoa tasaisesti leveälle alueelle (kuva 3).



Kuva 3. Purso Snep Mode P -valonjakokäyrä [8].

Yleensä toimiva ratkaisu pysäköintihalleissa on sijoitella valaisimet tasajaolla pysäköintiruutujen päälle ajoväylien molemmiin puolin. Leveällä valonjaolla valo jakautuu tasaisesti ajoväylälle eikä se häikäise, koska valaisimet voidaan sijoittaa ajoväylän sivuun. Uudisrakennuksissa valaistus voidaan toteuttaa tähän tapaan, mutta saneerauskohteessa voidaan joutua turvautumaan erilaiseen ratkaisuun, mikäli ei haluta uusia ripustuskiskostoa.

3.3 Valaisinesimerkkejä

Ohessa on esitetty muutamia pääosin kotimaisten valmistajien valaisintuotteita, jotka ominaisuuksiltaan ja hintaluokaltaan soveltuvat esimerkiksi katettujen pysäköintitilojen valaisemiseen. Kuten jäljempänä huomataan, on valaisimien runkomateriaaleissa, ohjaustavoissa, käyttöolosuhdearvoissa ja muissa teknisissä ominaisuuksissa tuotekohtaisia eroja. Onkin tärkeää, että suunnittelija ymmärtää juuri kussakin kohteessa vallitsevat erityisolosuhteet ja tekee arvion valaisimelta tarvittavasta suorituskyvystä, jotta saavutetaan lopputulos, jossa on huomioitu koko tilan ja valaistuksen elinkaari.

Purso Snep Mode P

Purson Mode P soveltuu hyvin pysäköintihalleihin, tuotantotiloihin ja varastoihin leveän valonjakonsa vuoksi. Valaisinta on saatavilla kolmea eri pituutta, ja värielämpötila on valittavissa 3000–5000 Kelviniin. Valaisimen prismoitettu muovikupu jakaa valoa tasaisesti myös pystypinnoille. Valaisimen ohjaustapoja ovat on/off, DALI, konfiguroitava liiketutka ja Active Ahead. Kytkenämahdollisuuksia on tarjolla monia ja kiinnikevalikoima on laaja. Kuten muutkin Purson valaisimet, Mode P:n runko on valmistettu kierrätysalumiinista. Valaisimen korkea kotelointiluokka ja mekaaninen kestävyys (IP65, IK08) tekevät siitä hyvän valaisimen matalaan pysäköintitilaan. Käyttölämpötila on riippuvainen liitännälaitteesta. Teollisuusversion liitännälaitteella lämpötila voi olla –40:n ja +50 °C:n välillä. Kuvassa 2 on esitetty Purso Snep Mode P -valaisin. [8.]



Kuva 4. Purson Snep Mode P -valaisin [8].

Greenled Gamma

Greenledin Gamma on yleisvalaisin erilaisiin käyttötarpeisiin myymälöihin, pysäköintihalleihin ja teollisuuteen. Optiikoiksi on valittavissa opaali tai keskileveä. Valaisinta on saatavissa vain yhdessä koossa (1140 mm). Ohjaustapoina ovat on/off ja DALI. Valaisimen runko on valmistettu PC-muovista. Värielämpötilavaihtoehtoina ovat 3000, 4000 tai 5000 K. Valaisimen kotelointiluokka on IP65 ja iskunkestävyys IK07. Käyttölämpötilaksi luvataan –20 °C ... +40 °C. Valaisimeen

on saatavilla lisävarusteena erilaisia kannakkeita, joilla valaisimen asennus on helpompaa. Kuvassa 3 on esitetty Greenled Gamma -valaisin. [9.]



Kuva 5. Greenled Gamma -valaisin [9].

Ensto Tino

Enston Tino on monipuolinen yleisvalaisin myymälöihin, teollisuuteen ja pysäköintihalleihin. Runko on valmistettu alumiiniprofiilista. Valaisinta on saatavilla kahdella eri optiikalla, jotka ovat laajasäteilevä ja keskileveä optiikka. Valaisimen kuvuksi voi valita kirkkaan tai satiiniakryylikuvun. Ohjaustapoja ovat on/off, DALI ja Active Ahead. Pituusvaihtoehtoja valaisimeen on kolme. Valaisimen kotelointiluokka on IP44 ja lämmönkestoksi luvataan $-20\text{ °C} \dots +30\text{ °C}$. Kuvassa 4 on esitetty Ensto Tino -valaisin. [10.]



Kuva 6. Ensto Tino -valaisin [10].

4 Erilaiset valaistuksenohjausjärjestelmät ja niiden vertailu

Perinteisesti liiketilojen pysäköintihallien ohjaus on toteutettu päälle/pois-ohjauksella kontaktorien avulla joko ryhmäkeskuksella olevalla kytkimellä tai alakeskuksen aikaohjelmalla. Valotasojen säätö on tehty valaisimien vaiheistuksella, koska himmennysmahdollisuutta ei ole. Valaisimia syötetään viisijohdinkaapelilla ja sisäisellä johdotuksella jaetaan ne eri vaiheille. Tällöin voidaan tilanteen mukaan sytyttää valaisimet vaihe kerrallaan, jolloin joka kolmas valaisin syttyy. Tässä mallissa valaistuksen tasaisuus kuitenkin kärsii merkittävästi, jos valaistusta käytetään esimerkiksi 1/3-tilanteella. Tämän kaltainen ohjaus soveltuukin käytännön tasolla heikosti energiansäästöön tähtääviin toimenpiteisiin, vaikka se onkin teoriassa mahdollista.

4.1 Väyläpohjaiset valaistuksenohjausjärjestelmät

Väyläpohjaisissa valaistuksenohjausjärjestelmissä tiedon siirtoon vaaditaan fyysinen väyläkaapelointi. Väyläpohjaiseen järjestelmään siirtyminen vaatii aina valaistuksen johdotuksen vähintään osittaisen uusimisen ja muokkaamisen.

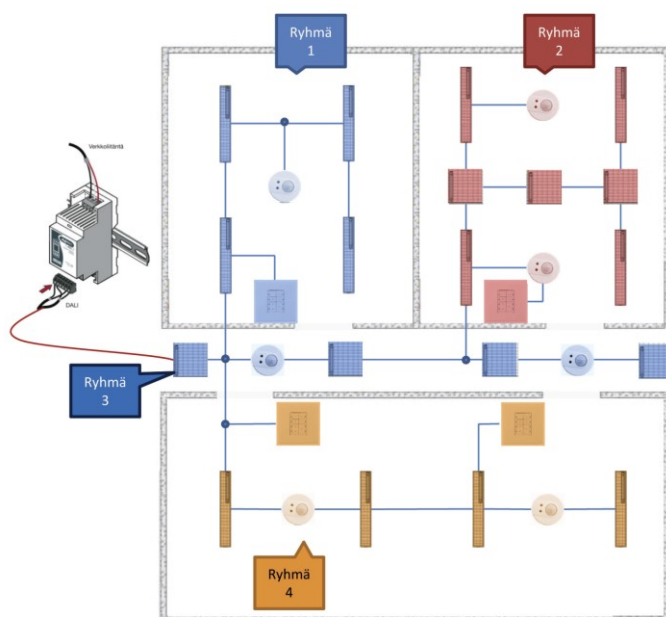
Kaapelointi tuo osaltaan korkeampia perustamiskustannuksia. Toisaalta väyläpohjaisten järjestelmien toimintavarmuus saattaa olla langattomia järjestelmiä korkeampi, eikä niissä tarvitse tarkastella mahdollisia rakenteiden ja etäisyyksien aiheuttamia rajoituksia kuuluvuudessa.

Väyläpohjaisista järjestelmistä KNX ja DALI ovat standardoituja, ja niihin saa komponentteja useammalta valmistajalta. Tämä takaa, että teknologiaa kehitetään ja ylläpidetään ja komponentteihin löytyy varaosia. Langattomista järjestelmistä useimmat ovat yhden valmistajan tuottamia. Mikäli jokin toimija poistuisi markkinoilta, kyseisen tuotteen tuki ja kehitys saattaisi lakata. Tästä syystä väyläpohjaisia järjestelmiä voidaan pitää luotettavampina.

DALI

Digital Addressable Lighting Interface eli DALI on digitaalinen väyläpohjainen valonohjausjärjestelmä. DALI on standardin IEC 162386 [3] mukainen ohjaus. Yhteen DALI-väylään voidaan liittää yhdellä johdinparilla 64 osoitteellista ryhmää, ja väylän pituus voi olla korkeintaan 300 metriä. DALI-ohjaus mahdollistaa kaikkien osoitteidensa yksilöllisen säädön, koska jokaisella valaisimella ja käytöpaneelilla on oma osoitteensa. DALI-järjestelmä vaatii ohjelmoinnin ja

käyttöönoton, jotta ohjaukset saadaan halutunlaisiksi. [3.] Kuvassa 2 on esitetty Helvarin DALI-ohjauksen periaatekaavio.

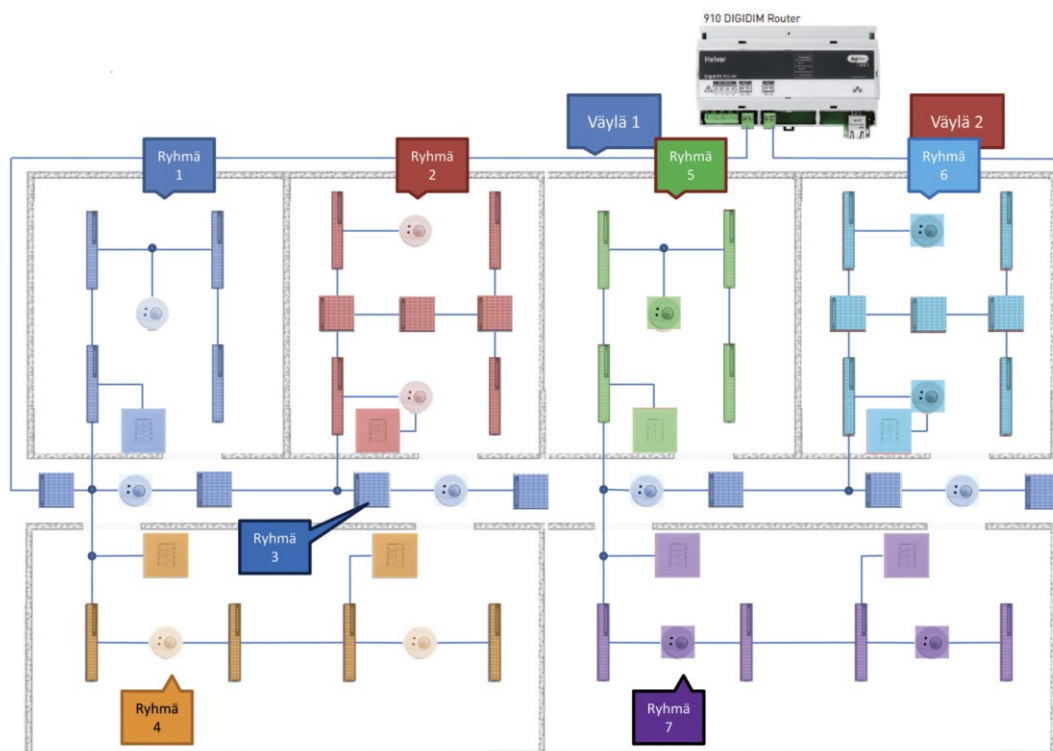


Kuva 7. Helvarin DALI-ohjauksen periaatekaavio [3].

DALI 2 on laajennus edelliseen standardiin. Suurin muutos standardin laajenuksessa on, että ohjauslaitteet tulevat mukaan standardiin. Laajennuksella on pyritty parantamaan DALI-järjestelmien yhteensopivuutta. Laitteet tulee sertifioida, jotta ne ovat DALI 2:n mukaisia. Ideana on, että eri laitevalmistajien laitteet ovat vaihtokelpoisia keskenään ja niitä voidaan käyttää sekaisin samassa kohteessa. [3.]

DALI-reitittimellä voidaan laajentaa DALI-järjestelmää useampaan ryhmään. Esimerkkinä Helvarin DALI-reitittimissä on kaksi DALI-väylää, jolloin osoitemäärä kasvaa 128 osoitteeseen. Helvarin DALI 2 -reitittimessä on jopa neljä väylää, mikä tuplaa osoitemäärän verrattuna DALI-reitittimeen. Reitittimiä voidaan yhdistää kytkemällä ne Ethernet-puolelta toisiinsa kytkimin. Ethernet-

rungon ansiosta valaistusta voidaan ohjata suurissakin kohteissa ilman viivettä.
[3.]



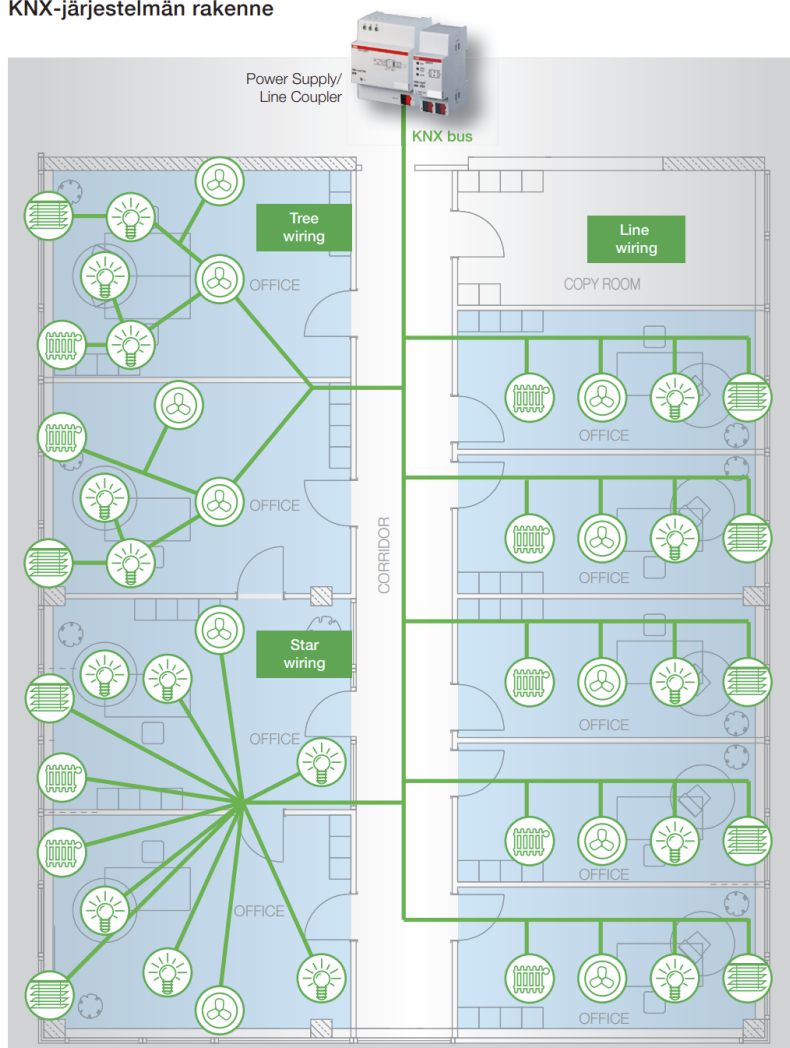
Kuva 8. Helvarin DALI-reititinohjauksen periaatekaavio [3].

KNX

KNX on standardoitu väyläpohjainen talo- ja rakennusautomaatiojärjestelmä. Sillä voidaan ohjata lähes kaikkia kiinteistön eri alajärjestelmiä. KNX on osoitteellinen järjestelmä, jossa jokaisella järjestelmän laitteella on oma osoitteensa. Osoitteellisuus helpottaa ohjelmoitaessa, kun tiedetään tarkalleen, mistä järjestelmän komponentista on kyse. Valaistuksen ohjaukseen on tarjolla säätö- ja ohjauslaitteita eri valmistajilta. KNX-väyläkaapelointi vaatii yhden johdinparin, jolla ohjaussignaalit kulkevat laitteelta toiselle. Varsinaisia KNX-valaisimia ei ole, mutta DALI-valaisimet ovat integroitavissa KNX-järjestelmään. Jotta voidaan liittää DALI-järjestelmä osaksi KNX-järjestelmää, tarvitaan niiden välille reititin. Järjestelmien välille tarvitaan KNX/DALI-väylämuunnin, joka muuntaa DALI-signaalit KNX-järjestelmään sopiviksi ja toisinpäin. KNX-järjestelmä vaatii

30 V:n virtalähteen, josta linjoissa olevat laitteet saavat virtaa. [11.] Laitteet voidaan liittää KNX-järjestelmään monella tapaa, kuten kuvasta 9 voidaan todeta.

KNX-järjestelmän rakenne



Kuva 9. KNX-järjestelmän rakenne [12].

Valaistuksen säätöön tarvitaan joko analogiset 1–10 V:n ohjaimet, DSI-gatewayt, DALI-gatewayt tai kuormalle sopivat vaihekulmasäätimet. Gatewayt tulee valita tilanteen mukaan, jotta ne ovat yhteensopivia KNX-järjestelmään. KNX-järjestelmän käyttöönotto vaatii ohjelmoinnin, joka tehdään ETS-ohjelmalla. Ohjelma on yhteensopiva kaikille KNX-sertifioituille laitteille. ETS-ohjelmointi edellyttää koulutusta ja hyväksyttyä tutkintoa. [3.]

4.2 Langattomat valaistuksenohjausjärjestelmät

Langattomia ohjausjärjestelmiä on lukuisia. Tässä opinnäytetyössä on otettu käsitteeseen vain kaksi melko yleistä langatonta ohjausjärjestelmää. Langaton ohjaus on hyvä vaihtoehto silloin, kun johdotuksia ei ole mahdollista muuttaa tai niitä ei haluta kustannussyistä muuttaa. Langattomat valaistuksen ohjausjärjestelmät perustuvat pääosin läsnäolotunnistukseen. Langattomat järjestelmät ovat muuntojoustavia, sillä johdotuksia ei tarvitse muokata, mikäli halutaan muuttaa jonkun tilan valaistusta. Langattomat järjestelmät ovat yleisempiä toimistoympäristöissä, joissa ihmiset liikkuvat tietyn päivärutiinin mukaan. Julkisessa pysäköintihallissa varsinkin itseoppivista järjestelmistä ei välttämättä saada kaikkea hyötyä irti, koska tilassa liikkuminen on satunnaista ja epäsäännöllistä.

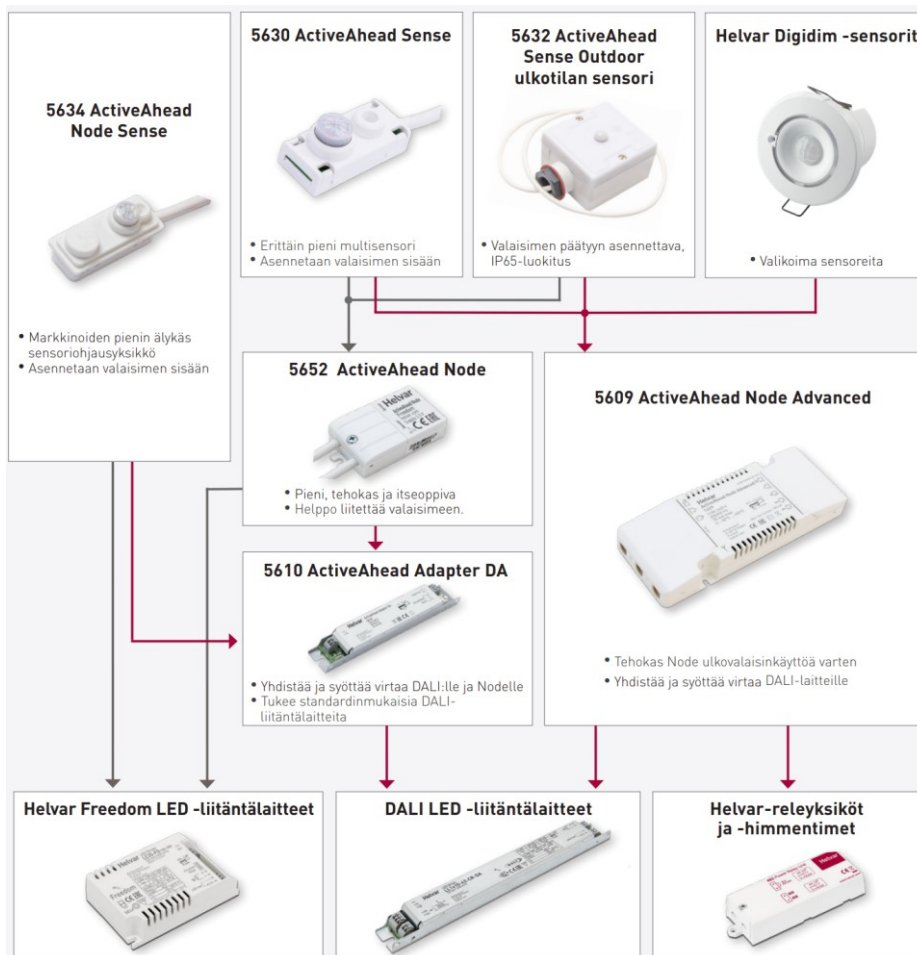
Helvar Active Ahead

Helvarin Active Ahead on langaton itseoppiva valonohjausjärjestelmä. Valaistuksen ohjaus perustuu Bluetooth Low Energy mesh -verkkoon (BLE). Valaisimissa olevat ohjausyksiköt muodostavat keskenään langattoman niin sanotun mesh-verkon, jonka kautta ne keskustelevat keskenään. Järjestelmä on täysin automaattinen, itseoppiva ja se sopeutuu hyvin tilamuutoksiin. Valaisimiin tuodaan jatkuva 230 V:n jännite. [13.]

Active Ahead -valaisimissa on integroitu multisensori, joka sisältää liike- ja päivänvalotunnistimen. Liikettä havaitessaan multisensorit sytyttävät valaisimet ja himmentävät ne luonnonvalon mukaan. Valaisimet himmenevät asetetulle valaistusvoimakkuustasolle energiatehokkuuden ja mukavuuden parantamiseksi. Valaisimien ohjausyksiköt keräävät tietoa ympäristöstään jatkuvasti. Ne oppivat seuraamaan käyttäjien liikettä ennakoivasti. Järjestelmä alkaa keräämään tietoja heti jännitteen kytkennän jälkeen. Säädöt ohjauksiin tehdään mobiilisovelluksella. [13.]

DALI-valaisimet ovat myös yhdistettävissä Active Ahead -järjestelmään. Ne yhdistetään järjestelmään broadcast-ohjausyksiköiden ja niihin liitettyjen multisensorien avulla. Valaisimien välille kaapeloidaan DALI-väylä, ja kaikki tämän

ryhmän valaisimet ohjautuvat samalla tavalla. [13.] Kuvassa 10 on esitettyinä Active Ahead -järjestelmän eri komponentteja, joilla voidaan yhteensovittaa eri järjestelmiä.



Kuva 10. Active Ahead -järjestelmän komponentteja [14].

Casambi

Casambi on suomalainen langaton valaistuksenohjausjärjestelmä. Casambi oli alun perin kehitetty asuinrakennusten valaistuksen ohjaukseen, mutta nykyään pääkohderyhmä on toimitilat. Kuten Active Ahead myös Casambi käyttää BLE-mesh-verkkoa. Valaisimien ohjausyksiköt muodostavat keskenään langattoman mesh-verkon. Toisin kuin Active Ahead Casambi-järjestelmä ei ole itseoppiva, mutta verkon tiedot tallentuvat jokaiseen ohjausyksikköön. Ohjausyksiköt ovat pääosin integroituina valaisimen liitäntälaitteeseen. Valaistuksen ohjaus

tapahtuu Casambi -multisensoreilla, jotka ovat erillisiä tai valaisimiin integroituja. [13; 15.]

Casambi-järjestelmän käyttöönotto vaatii päätelaitteen, joka voi olla esimerkiksi älypuhelin tai tabletti. Myös ohjelmointimuutokset vaativat päätelaitteen. Käyttöönotto tehdään Casambi-sovelluksella, ja sen voi tehdä käytännössä kuka vain. Kuvassa 11 on esitetty, mitä kaikkea Casambi-sovelluksella voidaan ohjata. [15.]



Kuva 11. Casambi periaatekuva [15].

Käyttöönotossa laitteet lisätään Casambi-verkkoon, minkä jälkeen ne voidaan nimetä ja valaisimet voidaan ryhmitellä. Laitteiden lisäyksen jälkeen voidaan määritellä, miten valaistusta ohjataan. Valaistusta voidaan ohjata kytkimillä, aikaohjelmilla, liiketunnistuksella tai päivänvalo-ohjauksella. [15.]

5 Valitun esimerkkijärjestelmän piirustustekninen malli

Mallikohteina tässä opinnäytetyössä käytettiin kahta erilaista liiketilan pysäköintihallia. Kohteiden keskeinen ero on poikkeavat ajojärjestelyt. Toisessa kohteessa pysäköintitilat ovat yhdessä kerroksessa ja kaikki ajoväylät ovat kaksisuuntaisia. Toisen kohteen pysäköintitilat ovat kahdessa kerroksessa ja pääajoväylät ovat yksisuuntaisia. Liikennejärjestelyt vaikuttavat läsnäolotunnistimien vaikutusalueisiin, jotta valaistus saadaan syttymään ennakoivasti.

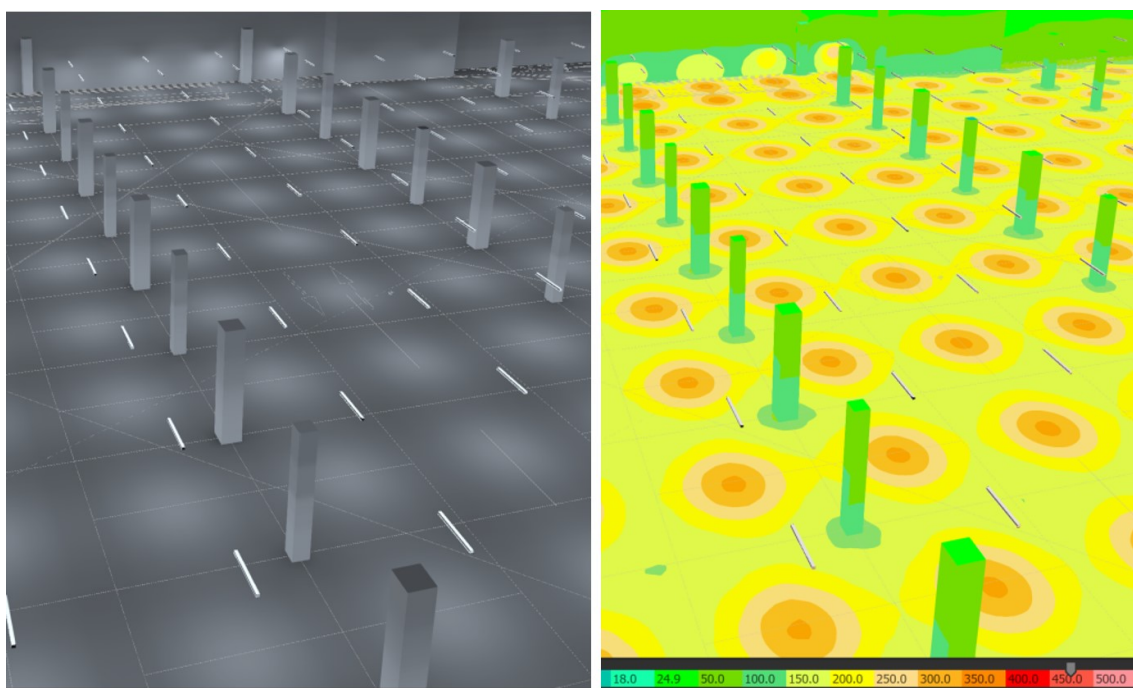
Mallikohteiden pysäköintihalleihin pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman kustannustehokas valaistusjärjestelmä. Valaisimen valinnassa piti ottaa huomioon, että valon määrä ja tasaisuus on riittäviä. Uudet valaisimet täytyy ottaa käyttöön ennen kuin ohjausjärjestelmä on käytössä, koska kohde on toiminnassa koko remontin ajan. Tällöin 100 %:n tehon käyttö siirtymäajalla olisi liian kirkas, ja halutaan, että valaisimet palavat ilman ohjausta melko samalla tasolla kuin myöhemmän ohjelmoinnin jälkeen. Tästä syystä valaisimet suunniteltiin himmennettäväksi tehdasasetuksena 80 %:iin. Himmennys pidentää valaisimen käyttöikää, kun liitäntälaitte ja LEDit eivät toimi täydellä teholla. Kun valaisimen LEDit himmenevät iän myötä, voidaan valaistustasoa nostaa.

5.1 Valaistussuunnittelun ja mallinnuksen periaatteet

Mallikohteiden nykyinen valaistus oli toteutettu ripustuskiskoon asennettavilla T5/T8-loisteputkivalaisimilla. Valaisimet oli kaapeloitu MMJ 5x2,5S -kaapelilla ja ne oli vaiheistettu valaisimen sisäisellä johdotuksella. Valaistus oli kytketty ryhmäkeskuksen kontaktorilähtöihin. Kontaktoreja ohjattiin alakeskuksen aikaohjelmalla. Aikaohjelmat noudattivat liikekiinteistön aukioloaikoja, joiden puitteisiin myös pysäköintitilojen aukiolo oli sidottu. Vanha kaapelointi päätettiin uusiksi, koska uusi valaisinsijoittelu ei ollut täysin samanlainen kuin vanha. Lisäksi vanha kaapelointi oli melko huonokuntoinen.

Mallikohteisiin valittiin valaisimeksi Purson Snep Mode P DALI -versio sen monipuolisten kytkentämahdollisuuksien ja laajasäteilevän mikroprismaoptiikan

ansiosta. Valaisimien kiinnitys suunniteltiin olemassa oleviin ripustuskiskoihin MB4-ripustuskokiinnikkeillä. Uusi valaistus mallinnettiin ja laskettiin Dialux Evo -ohjelmalla (kuva 12). Dialux-laskelman mukaan riittävä ja tasainen valaistus saatiin 49 W:n valaisimilla. Valaisintehoksi valittiin hieman vaadittua suurempi 58 W:n teho. Tämä mahdollistaa tarpeenmukaisen säädön, mikäli jokin alue tai osa tilasta vaatiikin ennakoitua enemmän valoa. Riittävä varaus valaisimen tehoon suhteessa mallinuksen mukaiseen vaadittuun tehoon on tärkeää myös siksi, että LED-valaisimilla on luontainen valotehonalenema, joka ilmenee korkeimmin muutaman ensimmäisen käyttövuoden aikana. Tehoreservi mahdollistaa luontaisen aleneman kompensoimisen ja suunnitellun valotason ylläpitämisen, kun valaistusta voidaan ohjelmoida korkeammaksi takuutarkastusten yhteydessä.



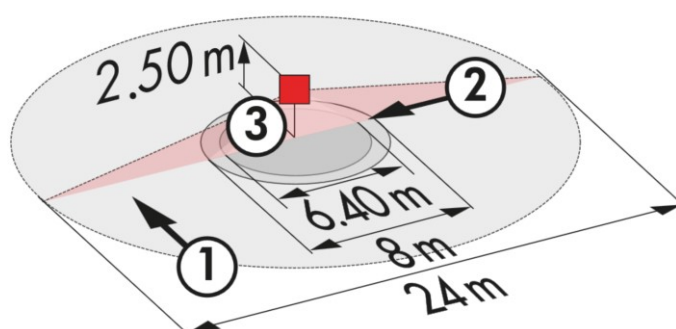
Kuva 12. Kuvakaappaukset Dialux-mallinnuksesta.

5.2 Valaistuksenohjausjärjestelmän suunnittelun periaatteet

Mallikohteisiin valikoitui valaistuksenohjausjärjestelmäksi väyläpohjainen DALI-järjestelmä. Tarkastelussa koettiin, etteivät langattomat järjestelmät ole niin hyvin soveltuvia kyseisiin kohteisiin. Liiketilän pysäköintitilassa asiakkaiden

liikkuminen on epäsäännöllistä, joten itseoppivasta langattomasta järjestelmästä ei saataisi kaikkea hyötyä irti.

Valaistuksenohjaus suunniteltiin Luxomat DALI2 PD4N-BMS -läsnäolotunnistimilla. Tunnistimissa on PIR-läsnäoloanturi ja valoisuusanturi vakiovalo- ja päivänvalo-ohjausta varten. Tunnistimissa on suuri 24 metrin valvonta-alue, joka on nähtävissä kuvassa 13. Alue 1 kuvaa poikittaista liikettä, alue 2 tunnistinta kohti kävelyä ja alue 3 istumatyötä. Tunnistimet suunniteltiin asennettavaksi nykyisiin ripustuskiskoihin, jotka ovat 2,7 metrin korkeudessa. Sijoittelussa tuli ottaa huomioon pysäköintihallin rakenteet, jotka saattavat estää näkyvyyttä seuraavalle tunnistimelle. Kaapelointi tunnistimille otettiin valaistusr ryhmän DALI-väylästä MMJ 2x1,5N -kaapelilla.



Kuva 13. Luxomat PD4N-BMS -tunnistimen tunnistusalue [16].

Ohjelmoinnissa jokaisen tunnistimen vaikutusalueet suunniteltiin ennakoiviksi, jotta näkyvyys ajoväylillä on hyvä. Tunnistimien reaktioajan on oltava lyhyt, jotta päästään maksimaaliseen energiansäästöön valaistuksessa. Päivällä pysäköintihallin ollessa auki tunnistimet sytyttävät valaisimet havaitessaan liikettä. Valaistus himmenee 50 %:n tasoon, kun liikettä ei havaita viiteen minuuttiin. Valaistus himmenee 20 %, kun liikettä ei havaita 20 minuuttiin. Yöaikana

tunnistimet sytyttävät vain kulkuvalaistuksen havaitessaan liikettä. Valaistus sammuu, kun liikettä ei havaita 20 minuuttiin. Päivä/yö-ohjaustieto tuodaan alakeskuksesta.

Kohteen DALI-järjestelmälle suunniteltiin oma DALI-keskus. Keskukseen suunniteltiin kolme Helvarin 950-reititintä, jotka ovat DALI 2 -reitittimiä. Näihin reitittimiin on mahdollista yhdistää neljä DALI-väylää. Mallikohteen DALI-väylien tarve on yhdeksän väylää, joten yhteen reitittimeen jää vielä kolme varalähtöä tulevaisuuden lisäyksiä tai muutoksia varten.

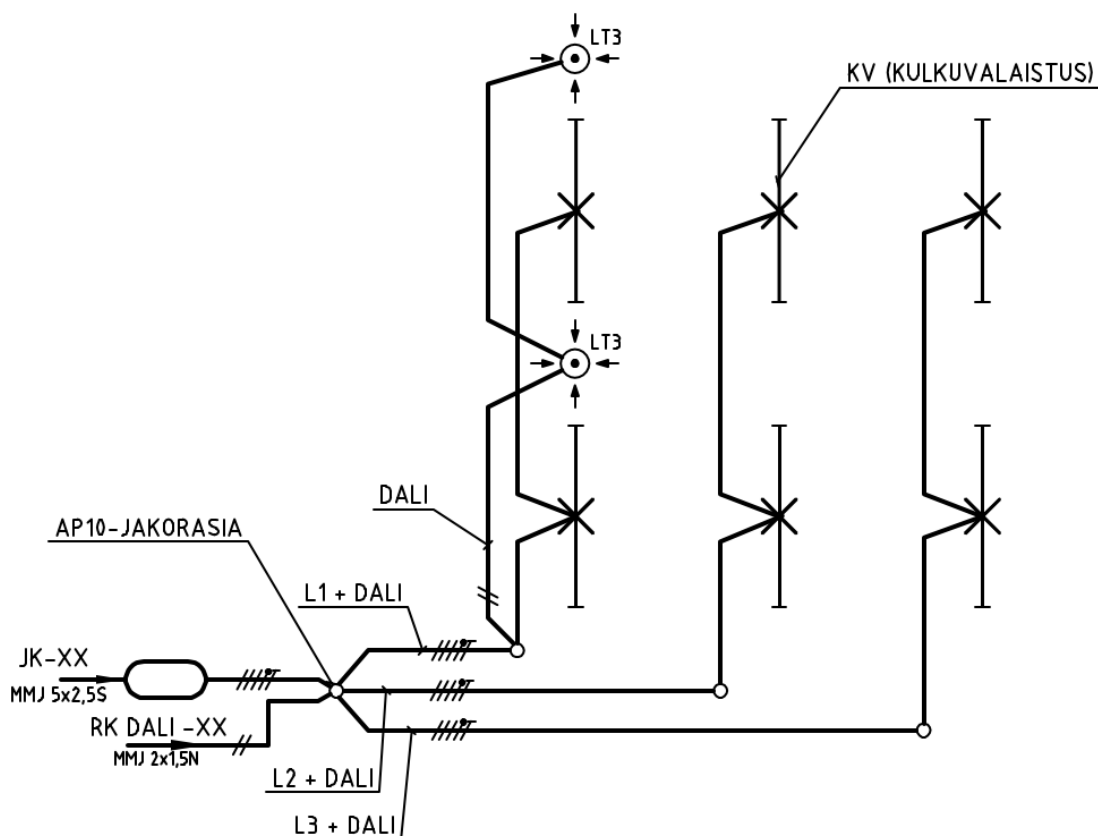
Kohteissa tuli ottaa huomioon liikennejärjestelyt. Esimerkiksi pääajoväylät voivat olla yksi- tai kaksisuuntaisia. Tämä tulee huomioida liiketunnistimien vaikutusalueiden ohjelmoinnissa, jotta valaisimet syttyvät oikea-aikaisesti ja näkyvyys säilyy hyvänä. Liitteessä 1 on nähtävissä läsnäolotunnistimien vaikutusaluekaavio. Tunnistimien vaikutusalueet menevät osin päällekkäin eli useammat tunnistimet voivat sytyttää samoja valaisimia. Tällä taataan järjestelmän ennakointi. Ensimmäistä tunnistinta lähestyttäessä se sytyttää niin sanotun oman alueensa valot ja osan seuraavan alueen valoista. Valaistuksen tulee syttyä tarpeeksi pitkälle eteenpäin, jotta autoilija ei joudu missään kohtaa ajamaan kohti hämärää.

5.3 Piirustustekniset mallit

Suunnittelussa tärkeää on dokumenttien selkeys ja hyvä luettavuus. Hyvät piirustukset nopeuttavat asennustyötä ja kohteen valmistuttua tekevät huollosta ja ylläpidosta huomattavasti helpompaa. Mallikohteisiin päätettiin tehdä erilliset piirustukset sähkökuvasta ja ohjauskaaviosta. Sähkökuvassa on esitetty pisteiden lisäksi kaapeloinnit. Ohjauskaavioon on merkitty vain valaisinpisteet ja ohjauslaitteet sekä vaikutusalueet. Kun kohteessa on suoritettu valaistuksen ohjelmointi, ohjauskaavioon lisätään myös DALI-osoitteet. Osoitteet helpottavat huolto- ja ylläpitotoita ja mahdollisten muokkausten tekemistä.

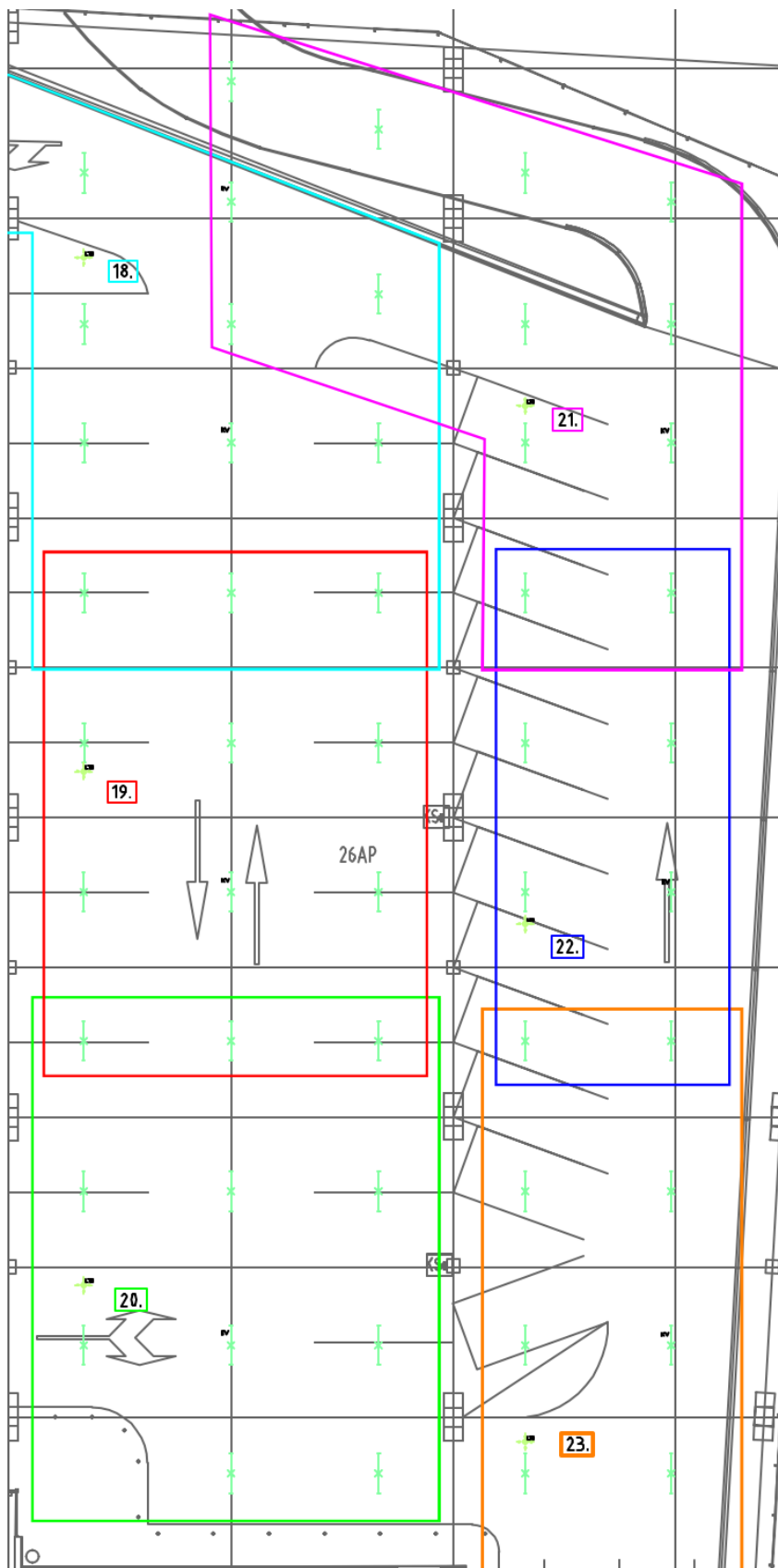
Mallikohteiden pysäköintihallien valaistuksesta tehtiin havainnollistava kaapeloinnin periaatekaavio, joka on esitettynä kuvassa 14. Valaistusta on syötetty

kolmivaiheryhminä MMJ 5x2,5S -kaapelilla. DALI-väylä on tuotu jakorasialle DALI-keskukselta. Syöttävältä jakorasialta valaistus on jaettu vaiheittain eri valaistuslinjoihin, joissa yksi pari johtimista on varattu DALI-väylälle.



Kuva 14. Pysäköintihallin valaistuksen kaapeloinnin periaatekaavio.

Valaistuksen ohjauksesta suunniteltiin liiketunnistimien vaikutusaluekaavio. Kuvassa 15 on kuvakaappaus suunnitellusta kaaviosta. Läsnaolotunnistimet on numeroitu ja niiden tunnistusalueet on merkitty erivärisillä laatikoilla. Alueilla havainnollistetaan, mitkä valaisimet kuuluvat syttyä, kun tunnistin havaitsee liikettä. Kuvasta on nähtävissä tunnistusalueiden limittäisyys, joka perustuu valojen syttymisen ennakkointiin. Laajempi läsnäolotunnistimien vaikutusaluekaavio löytyy liitteestä 1. Tällä piirustuksella pyritään selkeyttämään koko järjestelmän ohjelmointia. Ohjelmoinnin jälkeen piirustukseen merkitään eri komponenttien DALI-osoitteet.



Kuva 15. Esimerkki läsnäolotunnistimien vaikutusalueista.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, mikä on järkevin tapa toteuttaa laadukas valaistusjärjestelmä julkiseen pysäköintitilaan. Työssä tutkittiin erilaisia valaistus- ja valaistuksenohjausjärjestelmiä ja tavoitteena oli selvittää, millainen järjestelmä on varmatoiminen, kustannustehokas ja toimiva toteuttaa.

Valaisinten vertailussa saatiin selville muun muassa, että kotelointiluokka ja lämpötilan vaihteluiden kestoisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia, jotta valaisimen käyttöikä saadaan maksimoitua. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon tilan olosuhteet ja ajojärjestelyt.

Työssä päädyttiin väyläpohjaiseen valaistuksenohjausjärjestelmään, koska se soveltuu tämän tyyppiseen kohteeseen hyvin toimintavarmuutensa ja muunneltavuutensa vuoksi. Työssä todettiin, etteivät langattomat järjestelmät välttämättä ole kyseiseen kohteeseen soveltuvia. Liiketilojen pysäköinnissä asiakkaiden liikuminen on epäsäännöllistä, joten esimerkiksi Helvarin Active Ahead -järjestelmän itseoppivuudesta ei saada kaikkea hyötyä irti.

Työssä opittiin, että dokumentoinnissa esitystapa on tärkeä. Läsnaolotunnistimien vaikutusaluekaavion erotus tasopiirustuksesta selkeyttää ja helpottaa tilanteen ymmärtämistä. Piirustus palvelee laadunvarmistusta suunnittelussa, selkeyttää asennusta ja ohjelmointia sekä helpottaa huoltoa. Hyvä dokumentointi parantaa koko prosessia.

Lähteet

- 1 SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2021. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 2 Valaistuksen laadun arviointi. 2016. ST 58.07. Espoo: Sähkötieto ry.
- 3 Valonlähteiden säätö ja ohjaus. 2016. ST 58.31. Espoo: Sähkötieto ry.
- 4 Loisteputket poistuvat käytöstä EU:n alueella. Verkkoaineisto. Valtavalo Oy. <<https://valtavallo.fi/yritys/tiedotteet/loisteputket-poistuvat-kaytosta-eun-alueella>>. 5.4.2022. Luettu 25.2.2022.
- 5 Mustonen, Seppo. 2022. Loisteputkien myynti loppuu ensi vuonna. Verkkoaineisto. Sonepar Suomi Oy. <<https://ideat.sonepar.fi/loisteputkien-myynti-loppuu-ensi-vuonna>>. 9.6.2022. Luettu 10.2.2023.
- 6 Loisteputkien valmistus loppuu – oletko varautunut. Verkkoaineisto. Valoram Oy. <<https://valoram.fi/blogi/loisteputkien-valmistus-loppuu-oletko-varautunut>>. Luettu 10.2.2023.
- 7 SNEP MODE C – Uusi tapa ajatella kokonaisuutta. Verkkoaineisto. Purso Oy. <<https://purso.fi/tuotteet/snep-mode-c>>. Luettu 25.2.2023.
- 8 SNEP MODE P – Ympäristö edellä. Verkkoaineisto. Purso Oy <<https://purso.fi/tuotteet/snep-mode-p-ymparisto-edella>>. Luettu 25.2.2023.
- 9 Gamma. Verkkoaineisto. Greenled Oy. <<https://greenled.fi/led-valaisimet/tuote/gamma-3-2>>. Luettu 25.2.2023.
- 10 Tino. Verkkoaineisto. Ensto Building Systems. <<https://www.ensto.com/fi/building-systems/tuotteet/valaistus/myymalavalaisimet/tino>>. Luettu 25.2.2023.
- 11 Urnberg, Matts. 2021. Kiinteistöjen älykäs valaistuksenohjaus. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 12 ABB-järjestelmäopas. 2014. ABB Oy.
- 13 Mallisähkötyöselostus. 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Granlund Oy.
- 14 Active Ahead -esite. 2022. Helvar Oy Ab.

- 15 Laitinen, Henri. 2021. Langattomat valaistuksenohjausjärjestelmät toimitalarakentamisessa. Diplomityö. Aalto yliopisto. Aaltodoc-tietokanta.
- 16 PD4N-BMS. Verkkoaineisto. Oy Nylund-Group Ab. <<https://nylund.fi/tuotteet/valaistuksen-ohjaus/dali2-multimastertunnistimet/pd4n-bms>>. Luettu 25.2.2023.

Liite 1: Liiketunnistimien vaikutusaluekaavio

