



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juha Jaakkola

LED-teknologia valopaneeleissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

14.05.2021

Tekijä Otsikko	Juha Jaakkola LED-teknologia valopaneeleissa
Sivumäärä Aika	34 sivua 14.05.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja	lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinöörityö LED-teknologian käytöstä valopaneeleissa tehtiin yhteistyössä BeStones Oy:n kanssa. Työn aiheena oli selvittää mahdollisuus hyödyntää sekä uuden LED-teknologian tuomat edut. Metroasemilla on suuri määrä loisteputkitekniikalla toteutettuja valopaneeleita. Paneelit käyttävät suuren määrän energiaa ja alkavat olla sähköteknillisen käytöikensä päässä.</p> <p>Työn tarkoitus on selvittää valopaneelien uusimisen tuomia säästöjä energiankulutuksessa. Työssä selvitettiin myös LED-komponenttien vaikutus valopaneelien huoltoon.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä vanhojen valopaneelien teknologiaan. Valopaneeleja on kolme eri tyyppiä. Työssä kartoitettiin valopaneelien kokonaismäärä metroasemilla sekä niiden energiansäästöpotentiaali.</p> <p>Työssä suoritettiin myös pilottihanke vaihtamalla Kampin metroaseman liukuportaaseen 30 uutta valopaneelia. Vaihtotyössä selvitettiin mahdollisia ongelmia valopaneelien vaihtoa suoritettaessa. Samalla kiinnitettiin huomiota työturvallisuuteen ja sen parantamiseen.</p> <p>Työn aikana kehittyi parannusidea seuraavien valopaneelien valonlähteille. Jatkotutkimusehdotukseksi kehittyi myös älykkään ohjauksen hyödyntäminen valopaneeleissa.</p>	
Avainsanat	LED-teknologia, energian säästö, valopaneeli

Author Title	Juha Jaakkola LED Technology in Light Panels
Number of Pages Date	34 pages 14 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Facility Management
Instructor	Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The aim of the final year project was to study the possibility of, using the new Led technology, as well as the benefits brought by it, at metro stations with numerous light panels that use fluorescent technology, use a large amount of energy, and are approaching the end of their operating life. The final year project aimed at recognizing the saving in energy consumption brought by the replacement of light panels. Furthermore, the effect of LED components on the maintenance of light panels was studied.</p> <p>The thesis first introduced the technology of the old light panels and mapped the total number of light panels at metro stations, as well as their energy saving potential.</p> <p>Then, a pilot project was carried out, replacing 30 old light panels with new ones on the escalator of the Kamppi metro station. In the replacement project, possible problems in replacing the light panels were looked into. At the same time, attention was paid to occupational safety and its improvement.</p> <p>The thesis resulted in a plan to improve the light sources of the light panels to replace the current ones. Furthermore, the thesis recommends that intelligent control in light should be studied further.</p>	
Keywords	LED technology, energy saving, light panel

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Paneeliteknologia	2
2.1	Valonlähteet	2
2.2	Valon johtaminen paneeliin	3
3	Paneelien huoltaminen	7
4	Valopaneelit loisteputkitekniologialla	10
4.1	LPT-paneelit	10
4.2	STB-paneelit	12
4.3	ABR-paneelit	13
5	LED-tekniologian valopaneelit	14
5.1	Paneelin rakenne	14
5.2	Paneelien sähkönsyöttö	15
5.3	Paneelien pakkaus ja kuljetus	16
5.4	Paneelien asennus	17
5.5	Ympäristöystävällisyys	19
6	Työturvallisuus	20
7	Pilotti: LPT-paneelien vaihto	23
7.1	Kampin metroasema	23
7.2	Uusien paneelien energiatehokkuus	25
8	STB- ja ABR-paneelien uusiminen	26
9	Jatkotutkimusehdotus STB- ja ABR-paneeleille.	26
10	Energiansäästö	31
11	Pohdinta	32

Lyhenteet

ABR	Abribus. Valopaneelityyppi kooltaan l.118 cm x k.173 cm.
LED	light-emitting diode, hohtodiodi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa.
LPT	Station light. Valopaneelityyppi kooltaan l.77 cm x k.107 cm.
STB	Station board. Valopaneelityyppi kooltaan l.173 cm x k.118 cm.
T5	Loisteputki, jonka paksuus on 16 mm (1).
W	watti, tehon yksikkö.

1 Johdanto

Tässä työssä käsittelen uuden LED-tekniikan käyttöä valopaneeleissa. Työ on tehty yhteistyössä BeStones Oy:n kanssa. Tällä hetkellä Helsingin metroasemilla on suuri määrä loisteputkiteknologialla toteutettua paneeleita. Suurin osa paneeleista on mainoskäytössä. Metroasemilla on myös samalla teknologialla toteutettuja opaste-paneeleita.

Käsittelen tekniikkaa, jolla valo johdetaan paneelin akryylilevyyn. Tasaisen valaisutuloksen aikaansaaminen on BeStones Oy:n pitkän tuotekehittelyn aikaansaannos. Pitkään alalla toimineet Harry Jankkari ja Tommi Härkönen ovat panostaneet tuotteidensa laatuun sekä ennen kaikkea energiatehokkuuteen jo usean vuosikymmenen ajan.

Paneelien uusimisessa otetaan huomioon niiden energiatehokkuus, huoltoystävällisyys sekä niiden parempi visuaalinen ilme. Työssä on mukana laskelmat nykyisten paneelien energian kulutuksesta. Olen myös laskenut energiankulutuksen sille, että kaikki paneelit uusittaisiin käyttäen LED-tekniikkaa.

Käsittelen myös paneelien huollon sekä asentamisen ongelmia. Mukana on meidän ratkaisumme, jolla paneelien asentaminen saatiin turvallisiksi. Paneelien huollon ongelmana on myös metroaseman asiakasturvallisuus sekä asiakasmäärä. Huollon ajaksi paneelien viereinen liukuporras pitää pysäyttää. Tämä aiheuttaisi ruuhkia liukuportaaseen, jos työtä ei ajoitettaisi suurimpien matkustajaryntäysten ulkopuolelle. Tämä tarkoittaa, että työskentely onnistuu kello 9.00–14.00. Työskentelyn voisi suorittaa vaihtoehtoisesti normaalin työajan ulkopuolella kello 18.00–23.30. Silloin metroasemilla on myös hiljaisempaa. Yöllä aseman ollessa suljettuna työskentely olisi helpointa, mutta samalla kaikkein kalleinta.

2 Paneeliteknologia

Uuden teknologian LED-paneeleissa, ja vanhoissa loisteputkitekniologialla toteutetuissa paneeleissa on sama perusidea. Paneelien alumiinirunko ja akryylinen taustalevy on molemmissa melkein samanlainen. Suurin ero on valonlähteissä.

2.1 Valonlähteet

Molemmissa paneeleissa valo johdetaan akryylilevyyn sen reunalta. Vanhoissa paneeleissa käytetään valonlähteenä T5-loisteputkia alumiinisessa suojassa. Paneelien koosta riippuu käytettyjen loisteputkien määrä ja teho. Esimerkiksi pienimmissä LPT-paneeleissa käytetään kahta 24 W:n T5-loisteputkea. Loisteputkia käytettäessä tarvitaan myös elektroninen liitännälaitte. Myös elektroniset liitännälaitteet kuluttavat hieman sähköä. Yleensä liitännälaitteiden kuluttamalla energialla ei ole suurta merkitystä, kun energiankulutus on pientä. Valopaneeleissa käytetyt liitännälaitteet kuluttavat tyypistä riippuen 3,6–6 W. (2.) Valopaneelien suuri määrä tekee kuitenkin sen, että liitännälaitteisiin kulutettu energia kasvaa yllättävän suureksi.

Uusissa valopaneeleissa käytetään LED-teknologiaa valonlähteenä. Myös LED-teknologiaa käytettäessä tarvitsee käyttää virtalähdettä. Tämäkin virtalähde kuluttaa hieman sähköä, kuten liitännälaittekin. Virtalähteen kuluttama energia pienenee liitännälaitteisiin verrattuna niiden määrän vuoksi. Suurimmassa osassa vanhoja tauluja on kaksi liitännälaitetta. LED-teknologialla virtalähteitä riittää yksi jokaiseen valopaneeliin. Virtalähteen käyttämän energian hyötysuhde on 91,5 %.

Valonlähteestä syntyy suurimmat energiansäästöt valopaneeleissa. LED-komponentit tuottavat tarvittavan valomäärän pienemmällä energian määrällä. Suurimmat energiansäästöt saadaan isoimmista paneeleista, koska niissä on eniten energiansäästöpotentiaalia.

LED-teknologian pidemmät eliniät vaikuttavat taas huoltokustannuksiin merkittävästi. Valonlähteiden vaihtoväli on suuri, kun verrataan LED-komponentteja ja loisteputkia. Loisteputket tarvitsevat uusimista kolme kertaa siinä ajassa, kun LED-komponentti tarvitsee uusia vasta ensimmäistä kertaa. (3; 4.)

2.2 Valon johtaminen paneeliin

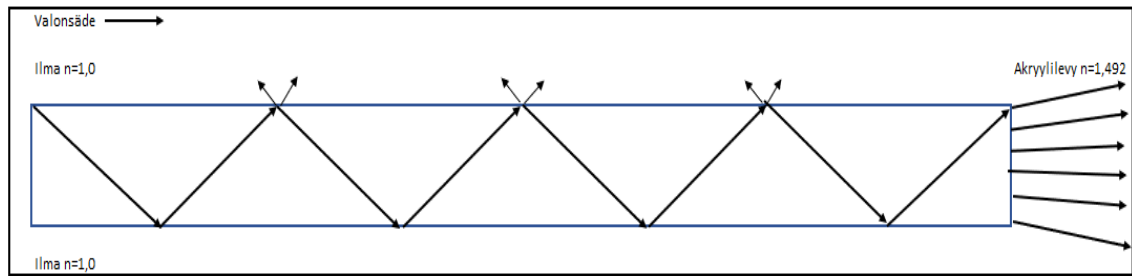
Valopaneeleissa valolähteen valo johdetaan akryyliseen levyyn sen reunasta. Loisteputki- tai LED-teknologiaa käyttäen tämä tehdään samalla periaatteella. Vanhoissa loisteputkimalleissa valotehon heikkouden vuoksi valoa on pitänyt johtaa levyyn molemmilta reunoilta. LED-teknologialla valoteho on suurempaa ja näin ollen pienemmissä tauluissa riittää vain toiselta reunalta johdettu valo.

Suurin innovaatio on BeStones Oy:n Jankkarilla ja Härkösellä ollut valon tasainen jakaminen paneelille. Vieraillessani BeStones Oy:n tuotantotiloissa Jankkari kertoi heidän tekemästään kehitystyöstä akryylilevyjen kursivoinnissa. He ovat kehittäneet oman kursivointitekniikan, jolla paneelista tulee tasaisen kirkas. Tällä on iso merkitys siihen millä itse mainos näyttää paneeliin laitettuna. He ovat kehitelleet kursivointia useita vuosia. Kovan työn sekä useiden testivedoksien jälkeen on päästy nykyiseen kursivointitekniikkaan. LED-teknologian käytön valopaneeleissa Jankkari ja Härkönen aloittivat jo 2000-luvun alussa. Sieltä asti valonjohtamista levyyn on kehitetty energia- sekä kustannustehokkaammaksi. (4; 5.)

Kustannustehokkuutta olisi vielä mahdollista parantaa ohentamalla akryylilevyä, johon valo johdetaan. Akryylimassa, josta levyt puristetaan, on valopaneelin kallein osa. Valopaneelien akryyli on hinnoiteltu sen painon mukaan. Ohuempaan levyyn kuluisi vähemmän akryyliä. Tällä hetkellä esteenä on LED-komponenttien paksuus. Tulevaisuudessa kun saadaan kapeampia LED-komponentteja, mahdollistetaan laitteen valmistuskustannusten pienentäminen entuudestaan. (4.)

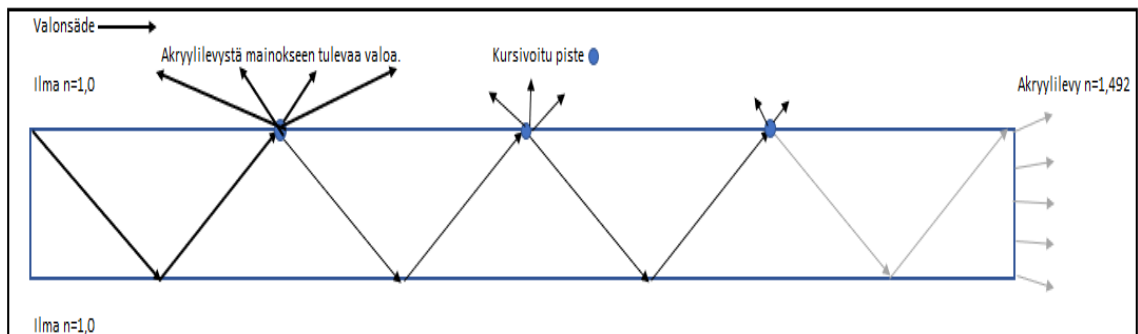
Valoa johdettaessa kirkkaaseen materiaaliin, tässä tapauksessa akryyliin, se on vaikeasti havaittavissa. Valo kulkee aineen sisällä heijastumalla rajapinnassa. Kun rajapinnan eripuolilla materiaalin taitekerroin muuttuu, muuttuu myös valon taittuminen. Suuremman taitekertoimen aineesta valon kohdatessa pienemmän taitekertoimen omaavan aineen rajapinnan se taittuu takaisin. Tässä tapauksessa suuremman taitekertoimen omaava aine on akryyli ja pienemmän omaava on ilma. Sileän akryylilevyn pinnasta ei taitu paljoa

valoa levystä ulos, vaan se kulkee levyn läpi. (kuva 1) Kun haluamme tasaisesti valaistun valopaneelin siinä oleva akryylilevy ei voi olla pinnaltaan sileä.



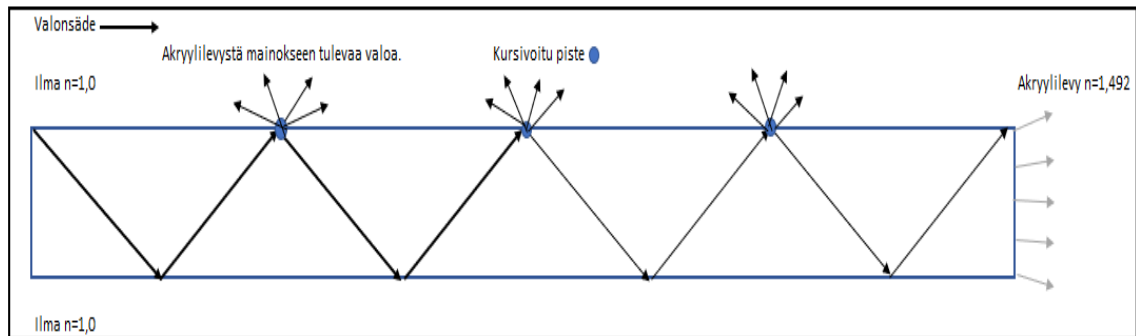
Kuva 1. Valon kulku akryylilevyn läpi (7).

Valolähteestä lähtevä valo kulkee aaltolina akryylilevyssä. Silmällä havaittavaa valoa saadaan, kun valo osuu johonkin rajapintaan. Rajapintaan osuessaan valolla on kaksi vaihtoehtoa. Riippuen rajapinnasta valo voi läpäistä sen. Tämä tapahtuu, kun valo osuu suoraan rajapintaan nähden. Valo voi myös taittua siitä, joka tapahtuu, kun rajapinnan eri puolla on eri taitekertoimen omaavia aineita. Kuvassa 2 on havainnollistettu valon taittuminen akryylilevystä mainokseen. Tässä tapauksessa akryylilevyn pintaan kursivoidaan tasainen kuvio. Tällä tekniikalla paneelista taittuu suurin osa valosta valolähdettä lähimpänä olevista kursivoinneista. Havainnekuvan valo taittuu akryylilevystä mainokseen epätasaisesti. Tällä tekniikalla ei saada tasaista valoa koko levyn leveydelle. Valopaneelista tulee kirkkaampi valonlähteen reunalta sekä selkeästi himmeämpi ulommalta reunalta.



Kuva 2. Akryylilevyyn on tehty tasainen kursivointi (7).

Valopaneelia kursivoitaessa oikeanlaisella tekniikalla saadaan mainokseen tuleva valo tasaiseksi koko levyn leveydelle. Kursivointipisteiden väli on harvempaa lähempänä valonlähdetä. Pisteiden kokoa kasvatetaan mitä pidemmälle valonlähteestä mennään. Kursivoinnin ollessa toteutettu oikealla tekniikalla valo jakautuu kuvan 3 havainnollistamalla tavalla tasaisesti koko levyn alueella.



Kuva 3. Akryylilevy kursivoituna uudella tekniikalla (7).

BeStones Oy on käyttänyt paljon aikaa hyvän kursivointitekniikan kehittelyyn. Kuvassa 4 on havainnollistettu, miltä uudella kursivointitekniikalla ja LED-tekniikalla toteutettu mainos näyttää valopaneelissa. Harry Jankkari on kehittänyt kursivointitekniikkaa jo kolmenkymmenen vuoden ajan. Tekniikka alkaa olemaan hyvä, mutta aina sitä voi vielä parantaa Jankkarin mukaan. (4; 6; 7.)



Kuva 4. Kuvasta havaitsee, kuinka tasaisesti valo on johdettu mainokseen ja kuinka sen värit tulevat hyvin esille.

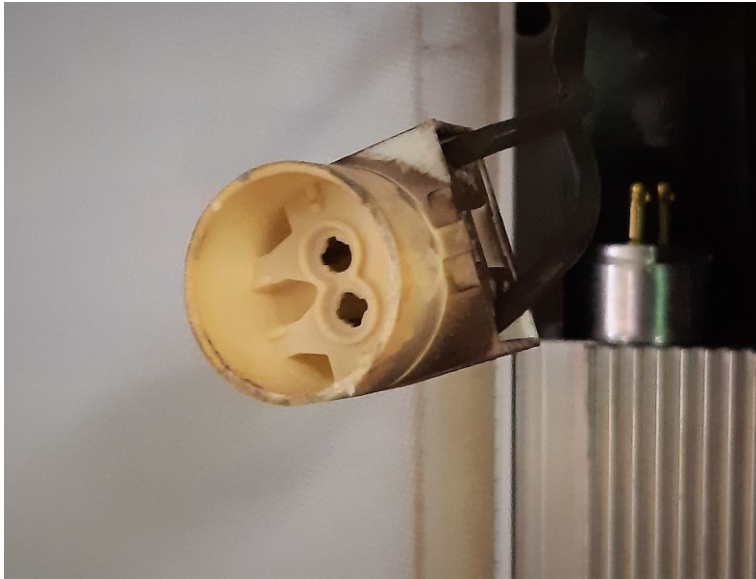
3 Paneelien huoltaminen

Paneelien komponenttien eliniät vaikuttavat suuresti niiden huoltotarpeeseen. Loisteputkille on luvattu normaalioloissa keskimääräiseksi nimellispolttotiäksi 24 000 tuntia. (1.) Loisteputkien vaatimien elektronistenliitännälaitteiden eliniäksi luvataan jopa 100 000 tuntia (2). LED-komponentin eliniäksi luvataan 100 000 tuntia (9) ja sen virtalähteelle 100 000 tuntia (3).

Normaalioloissa loisteputkien vaihtoväliksi 24 000 tunnin käyttöiällä tulee noin kaksi vuotta ja kahdeksan kuukautta. ABR-paneelien suuren lämpökuorman vuoksi niiden putken ja loisteputken kannat on vaihdettava tätä useammin. LED-komponenttien uusimiseen ei ole tarvetta 11 vuoteen.

Loisteputkitekniologiaa käytettäessä suureen rooliin tulee sen tuottama lämpö. Loisteputkien energiatehokkuusindeksi (EEI) ollessa 0,21 (1) 14 W:n loisteputki tuottaa lämpöenergiaa 11,06 W:n verran. Pienitehoisilla loisteputkilla tästä ei ole suurta ongelmaa. Suuremmissa valopaneeleissa käytetään kahta 80 W:n loisteputkea. Näissä paneeleissa kummankin loisteputken tuottama lämpöenergia on 63,2 W.

Liian korkeaksi kohoava lämpötila aiheuttaa valopaneelien komponenttien käyttöiän laskua. Lämpötilojen kasvaessa aiheutuu myös ympäristölle tulipalovaraa. Kuvasta 5 näkee vaurion, joka on syntynyt vuoden käytön aikana loisteputken kannalle. Tämä lisää myös huoltokustannuksia. Loisteputken vaihdon yhteydessä myös loisteputken kanta täytyy vaihtaa. Loisteputken kannan vaihdon saa lain mukaan suorittaa vain sähköasentaja. Loisteputken vaihdon voi suorittaa myös maallikko.



Kuva 5. Vuoden käytössä ollut kanta.

Seuraavaksi vertailun vuoksi kuvassa 6 on uusi loisteputken kanta. Kuvista havaitsee selvästi vanhan kannan kellastumisen. Kellastuminen on merkki siitä, että kanta on alkanut hapertua (8). Hapertunut loisteputken kanta ei kestä putken vaihtoa. Vaihdon yhteydessä pahoin hapertuneista kannoista voivat irrota siihen liitetyt sähköjohtimet. Tästä vaarasta johtuen sähköasentajan tulee vaihtaa loisteputket.



Kuva 6. Uusi käyttämätön kanta.

Liian korkeaksi kohonnut lämpötila vaurioittaa myös akryylilevyä hapertamalla sen rakennetta. Loisteputket on sijoitettu alumiinisen elementin sisälle. Lämpö ei kuitenkaan johdu tarpeeksi putkesta pois, vaan kohoaa kohti sen yläpäätä ja siellä loisteputken kantaa. Kuvassa 7 havaitsee selkeästi akryylin mustuneen ajansaatossa, samalla näkee vanhan mainospaperinkin mustuneen.



Kuva 7. Alumiiniprofiili sekä mustunut akryyli ja vanha mainospaperi.

4 Valopaneelit loisteputkitekniologialla

4.1 LPT-paneelit

LPT-paneelit ovat pienimmät valopaneelit, joita metroasemilla käytetään. Niiden koko on 77 cm x 107 cm. Valonlähteenä näissä käytetään kahta 24 W:n loisteputkea. Loisteputket on kiinnitetty alumiinisessa elementissä molemmille puolille akryylilevyä. Näissä vanhan loisteputkitekniologian valopaneeleissa alkaa näkyä jo selvää ikääntymistä. (kuva 8)



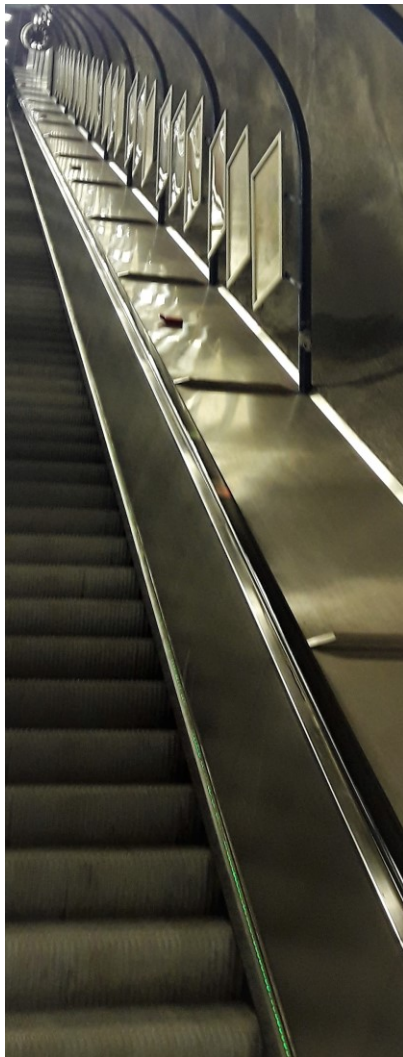
Kuva 8. Vanha LPT-valopaneeli.

LPT-valopaneelien energiatehokkuus paranee 23,1 W paneelia kohden (taulukko 1). Tämä tarkoittaa energian kulutuksessa 47 %:n säästöä.

Taulukko 1. LPT-paneelin energian säästö.

LPT light 77*107		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
49,3	26,2	23,1

Näitä valopaneeleja käytetään pääsääntöisesti metroasemien liukuportaissa, mainos käytössä. Kuvassa 9 on havainnollistettu paneelit Ruoholahden metroaseman liukuportaasta. Ruoholahdessa paneeleja on yhteensä 48 kappaletta.



Kuva 9. Ruoholahden metroaseman liukuportaassa vanhat valopaneelit.

Paneelien sijoittelu liukuportaaseen takaa parhaan näkyvyyden metroaseman käyttäjille. Liukuportaaseen sijoittaminen tuo myös mukanaan haasteita. Paneelien asennus ja huolto on hankalaa. Liukuportaan reunus on liukas peltipintainen ja liukuportaan suunnitaisesti oleva kaltevataso. Reunuksen leveys vaihtelee eri asemilla. Ruoholahdessa reunus on 68 cm leveä. Tästä johtuen paneelien asennus tai huolto ei onnistu suoraan liukuportaassa seisten.

4.2 STB-paneelit

STB-paneelien koko on 173 x 118 cm. Valonlähteenä paneeleissa käytetään kahta 14 W:n ja kahta 28 W:n loisteputkea. Nämä paneelit ovat vanhoista tauluista energiatehokkaimpia. Näiden taulujen modernisoinnilla LED-tekniikan mukaisiksi suurin taloudellinen hyöty tulee LED-tekniikan pidemmästä käyttöiästä. Taulujen yleisilme sekä valotehokkuus paransi myös. STB-paneelien energiansäästö on 7,7 W taulua kohden; tämä on 8 %:n säästö energiankulutuksessa joka paneelilla (taulukko 2).

Taulukko 2. STB-paneelien energiankulutus.

STB 173*118		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
91,6	83,9	7,7

STB-paneelien huollon hankaluus on niissä olevien vaihdettavien komponenttien suurempi määrä kuin muissa tauluissa. Tauluissa on kaksi erilaista liitännälaitetta sekä kahdenlaisia loisteputkia.

Suurin osa metroasemien kartoista ja opasteista on toteutettu näillä paneeleilla. Näistä mainoskäytössä olevat paneelit on jaettu kahdelle pienelle mainokselle.

4.3 ABR-paneelit

ABR-paneelit ovat pystyasennossa olevia isoja paneeleja. Kooltaan paneelit ovat 118 x 173 cm. Paneelien valonlähteenä on käytetty kahta 80 W:n loisteputkea, joilla molemmilla on oma liitäntälaitte. Toinen liitäntälaitte yhdessä paneelissa kuluttaa myös turhaan energiaa. Näissä paneeleissa on tällä hetkellä suurin energiasäästöpotentiaali, jopa 88,7 W paneelia kohden (taulukko 3). Nämä modernisoimalla saavutetaan 51 %:n säästö energiankulutuksessa jokaisella taululla.

Taulukko 3. ABR-paneelien energiankulutus.

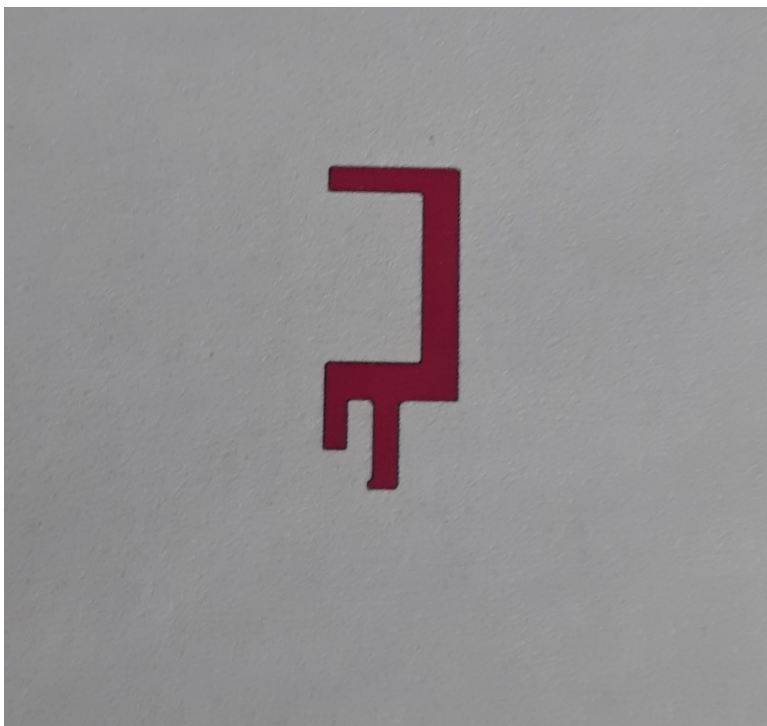
ABR 118*173		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
172,6	83,9	88,7

Käyttöään puolesta nämä paneelit ovat myös kaikista huonoimmat. Suuren tehon loisteputket aiheuttavat lämpöhaittoja, jotka vaikuttavat valopaneelien komponenttien elinikään heikentävästi. Liian korkea lämpötila vaikuttaa loisteputkien kantoihin, jotka alkavat hapertua. Ajansaatossa hapertuneet kannat murtuvat. ABR-paneelien lämpöongelma aiheuttaa myös tulipaloriskin mahdollisesti sytyttämällä mainospaperin palamaan.

5 LED-teknologian valopaneelit

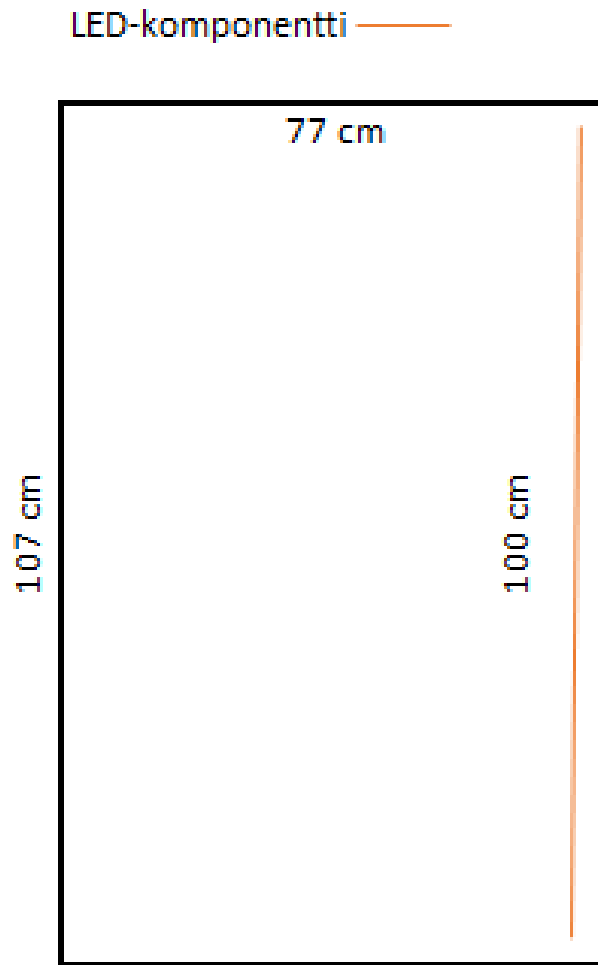
5.1 Paneelin rakenne

LED-teknologialla toteutettujen taulujen etuna energiatehokkuuden lisäksi saadaan pienemmät huoltokustannukset. Huoltokustannusten pienuuteen vaikuttaa komponenttien pidempi elinikä. Lisäksi on suuri etu siinä, että kaikenkokoisiin tauluihin käy sama virtalähde. BeStones Oy on myös suunnitellut valonlähteen helposti vaihdettavaksi LED-komponentiksi. LED-nauha kiinnitetään kuvan 10 malliseen alumiiniprofiiliin liimaamalla. Profiili on helppo irrottaa valopaneelin rungosta ja vaihtaa tarpeen vaatiessa uuteen.



Kuva 10. alumiiniprofiili, johon kiinnitetään LED-nauha (3).

Uudessa LPT-paneelissa on yksi LED-komponentti sijoitettuna akryylilevyn toiseen laitaan (kuva 11). Uusi valopaneeli on ulkoisilta mitoiltaan vastaava kuin vanha. LED-komponentin vaatima tila on vanhoja loisteputkia selkeästi pienempi. Tästä johtuen paneelin kiinnitys on helpompaa.



Kuva 11. Uuden LPT-paneelin kokoonpano.

5.2 Paneelien sähkösyöttö

Uudet valopaneelit on varustettu Enstonet-liittimellä. Tämä nopeuttaa paneelien asennusta. Liukuportaassa valopaneelit ovat kolmen paneelin ryhmissä. Jokaisen ryhmän kohdalle asennetaan Enstonet-liitin sekä haaroitin kolmelle paneelille.

Valopaneelien sähkösyötön ryhmittely pitää suunnitella tarkasti. Vaikka kokonaisuudessaan LED-teknologia käyttää energiaa huomattavasti vähemmän kuin loisteputkitekniologia, valopaneelit käynnistettäessä asia on toisin. LED-komponenttien virtalähde ottaa suuremman käynnistymisvirran kuin loisteputkien liitäntälaitte. Virransyöttölaitteen teknisissä tiedoissa ohjeistetaan sallitut määrät käytettäville laitteille.

Käytettäessä 16 ampeerin B-laukaisukäyrän johdonsuojakatkaisijaa yhdessä ryhmässä saa olla vain kahdeksan virtalähdettä. Käytettäessä hitaampaa C-laukaisukäyrän johdonsuojakatkaisijaa yhteen ryhmään voidaan liittää 16 virtalähdettä. Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrällä on merkitystä niiden käyttötarkoitukseen. B-laukaisukäyrällä olevia johdonsuojakatkaisijoita on tarkoitettu käytettävän laitteille, joilla ei ole suurta käynnistymisvirtaa. Tässä tapauksessa LED-komponenttien virtalähteillä on suuri käynnistymisvirta, joten C-laukaisukäyrän johdonsuojakatkaisijat soveltuvat paremmin valopaneelien ryhmien ylivirtasuojaukseen. (3; 11, s. 365.)

5.3 Paneelien pakkaus ja kuljetus

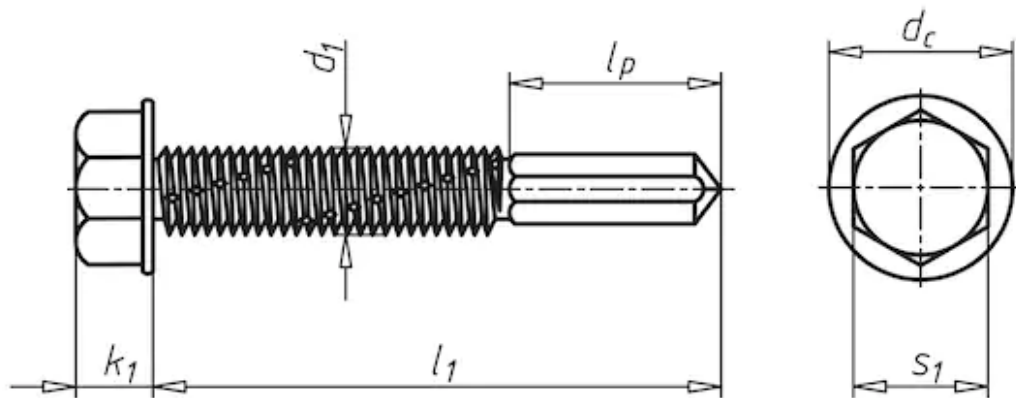
Kuormalavalle on pakattu 13 kappaletta valopaneelleja. Paneelit ovat suojattuna pakkausmuovilla, jotta vältetään kuljetuksen vauriot. Lisäksi akryylilevyn pinnalla on kontaktimuovi suojaamassa naarmuuntumiselta. Suojausten poiston jälkeen paneelit ovat valmiita asennettaviksi (kuva 12).



Kuva 12. Uusi LPT-paneeli valmiina asennettavaksi

5.4 Paneelien asennus

Paneelit kiinnitetään liukuportaissa ennestään oleviin alumiinisiin tukiin. Valopaneelin alumiinirunko on 3 mm paksu. Alumiiniprofiili, johon paneelit kiinnitetään, on 10 mm paksu. Paneelit kiinnitetään ruuveilla taataksemme niiden nopean ja varman kiinnityksen. Kiinnitykseen käytetään erikoisruuveja. Ruuvit on tarkoitettu ≤ 12 mm:n paksuiseen metalliin kiinnittämiseen. Kuvassa 13 on esitetty käytettävien ruuvien malli.

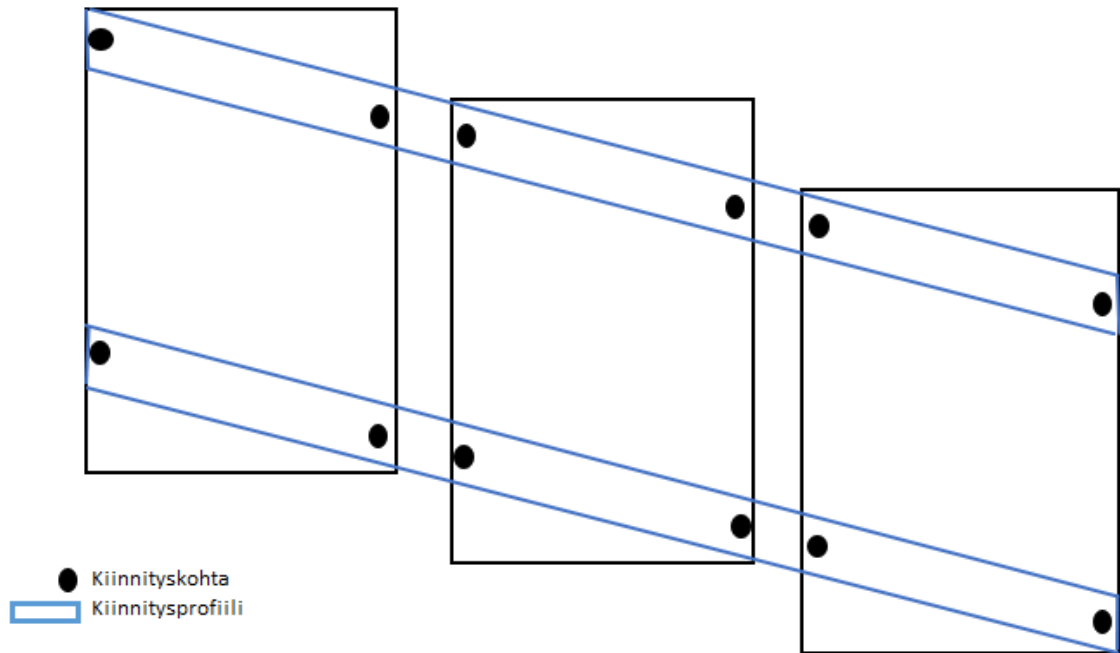


Kuva 13. Erikoisruuvien mittatiedot (12).

- l_1 55 mm
- k_1 5 mm
- d_1 5,5 mm
- l_p 16 mm
- S_1 8 mm
- D_c 10 mm

Nämä ruuvit ovat asennuksessa hyviä, koska niille ei tarvitse porata ollenkaan esireikää. Tämä nopeuttaa asennusta. Valopaneelien kiinnityskohdat ovat kuvan 14 mukaiset.

Paneelien vasempaan yläkulmaan porasimme kohdistusreiän 4 cm:n päähän yläreunasta. Tästä reiästä kiinnittämällä paneelit saadaan asemoitua samalle korkeudelle tukirakenteeseen nähden. Näin toimimalla saadaan kaikki valopaneelit asennettu samalla korolle liukuportaaseen nähden.



Kuva 14. Tukiprofiilien sijoittelu metroasemalla.

Valopaneelien LED-komponenttien sirompi koko helpottaa asennusta. LED-komponenttien etuna on se, että uudet paneelit ovat vanhoja kevyempiä. Paneelien reunoilla on vapaata tilaa, josta ne ovat helposti kiinnitettävissä. Vanhoissa paneeleissa loisteputket on kiinnitetty akryylilevyyn paneelin reunoille. Tästä johtuen loisteputket on irrotettava akryylilevystä valopaneelien asennuksen sekä purkamisen ajaksi.

5.5 Ympäristöystävällisyys

Energian säästö ei ole ainoa ympäristöä säästävä asia uusissa valopaneeleissa. Vanhojen paneelien loisteputket sisältävät vaarallista jätettä: elohopeaa. Vanhoissa valopaneeleissa on yhteensä 1 336 loisteputkea. Yksi loisteputki sisältää keskiarvoltaan 5 milligrammaa elohopeaa (10). Kaikkien putkien yhteensä sisältämä elohopean määrä on 6,68 grammaa. Käytetyt loisteputket tulee toimittaa vaarallisen jätteen asemille. Asemilla elohopea kerätään hallitusti talteen.

Jokainen suomalainen altistuu päivittäin terveyden ja hyvinvointi laitoksen (THL) mukaan elohopealle 6,8 mg:n verran vuorokaudessa. Tämä on noin 33 % Euroopan elintarvike-turvallisuusviraston (efsa) asettamasta raja-arvosta. (13.)

6 Työturvallisuus

Paneelien vaihdossa sekä huollossa on otettava huomioon työturvallisuus. Huoltotöissä piilee sähköturvallisuusriski, vanhojen paneelien sähkökomponenttien huonon kunnon vuoksi. LPT-paneelien sijoittelu liukuportaaseen tuo myös putoamisriskin, vaihtotöitä tai huoltotoimia tehtäessä.

Liukuportaassa tehtävään paneelien vaihtoon suunnittelimme metallitöitä tekevän pajan kanssa siihen soveltuvan telineen. Telineettä suunniteltaessa piti huomioida sen turvallisuus, mutta samalla sen helppo käytettävyys. Telineestä ei näin ollen saanut tulla liian painava. Telineen piti kuitenkin olla myös tukeva. Paino saatiin pysymään maltillisena valitsemalla materiaaliksi alumiinin, joka on myös riittävän tukeva materiaali telineeseen. Telineen kiinnittäminen liukuportaan reunapellille oli seuraava asia, johon paneuduimme. Teline pitää saada helposti ja varmasti kiinnitettyä paikoilleen. Liukuportaiden reunalla on liukuesteet (kuva 15), joita päätimme käyttää hyväksi.



Kuva 15. Liukuportaan reunalla oleva liukumaeste

Telineeseen suunniteltiin hahlo (kuva 16), joka lukkiutuu liukumisesteeseen tukevasti. Tämä mahdollistaa telineen helpon siirtämisen paikasta toiseen. Telineessä on hahlo molemmissa päissä, näin ollen sen asemointi valopaneeleihin nähden on helpompaa.



Kuva 16. Telineessä oleva kiinnitys hahlo.

Telineen pituudeksi suunniteltiin 2,5 metriä. Tämä mahdollistaa telineen kuljettamisen hissillä metroasemalla lippuhallista metron laituritasolle. Pituus pidettiin kompaktina, jotta se myös mahtuu huoltoautoon kuljetettavaksi metroasemalta toiselle. Telineestä tehtiin kolmella tasaisella tasolla oleva. Työtasanteet ovat 60 cm leveät ja 80 cm pitkät. Teline valmistettiin samaan nousukulmaan liukuportaan kanssa, liukuportaiden nousukulma on kaikilla metroasemilla 30 astetta. Telineessä on myös kiinnityspiste putoamissuojajaljalle. Putoamissuojajaljaat ovat ehdoton turvaväline vaihtotyötä tehtäessä.

Kuvassa 17 näkyy tasainen työskentelyalusta sekä se, kuinka teline asemoituu hyvin valopaneeliin nähden. Työtasanteiden ollessa valopaneelien kohdalla niiden vaihto on mahdollista suorittaa turvallisesti. Hyvät työolosuhteet tekevät valopaneelien vaihdosta nopeaa.



Kuva 17. Teline paikallaan liukuportaan reunapellillä.

7 Pilotti: LPT-paneelien vaihto

7.1 Kampin metroasema

Ensimmäisessä vaiheessa vaihdettiin Kampin metroaseman lippuhalliin nousevien liukuportaiden paneelit. Liukuportaaseen asennettiin uudet LED-tekniikalla varustetut LPT-valopaneelit. Ensimmäisessä liukuportaassa on 15 kappaletta valopaneeleita kummallakin puolella. Paneelien vaihdon valmistelutöihin kului päivä. Itse paneelien vaihtoon kului kolmen päivää. Lopuksi kuljetusliike siirsi telineen seuraavalle metroasemalle ja kuljetti samalla vanhat paneelit kierrätettäväksi.

Samalla Kampin kauppakeskuksen portaasta irrotettiin yksi valopaneeli malliksi BeStones Oy:lle. Tämä on ainoa liukuporras, jossa valopaneelien rakenne on erilainen. Täällä paneelit ovat tilanpuutteen vuoksi kaarevia. Tästä aiheutuu niiden valmistukseen ihan uusia haasteita. BeStones Oy:n Harry Jankkari kertoo kaarevien valopaneelien ongelmista 16.03.2021 käydyssä keskustelussa seuraavaa:

Kampin kauppakeskuksen päässä olevien liukuportaan valopaneelien taivutettu toteutus tuottaa useita haasteita. Ensinnäkin runko pitää saada taivutettua kaarevaksi oikeassa kaareissa. Seuraava haaste tulee akryylilevyn taivuttamisesta ja kursivoinnista, jotta mainoksesta tulee tasaisesti valaistu. Myös paneelin kiinnittäminen vanhalle paikalleen on haasteellista vanhojen paneelien ollessa kiinnitettynä keskeltä paneelia. (4.)

LPT-paneelien vaihto sujui hyvin. Paneeleja vaihdettaessa näki jo selvän eron valaistuksen laadussa (kuva 18). Pilottiprojektin onnistuttua hyvin paneelien uusiminen aloitettiin muillakin metroasemilla.



Kuva 18. Ero uuden ja vanhan teknologian valopaneelissa

Vasemmanpuoleinen valopaneeli on toteutettu loisteputkitekniikkaa käyttäen. Oikeanpuoleinen taas on uusi LED-tekniikalla toteutettu valopaneeli. Kuvasta huomaa selvästi, ettei ainoastaan energiatehokkuus parantunut. Uudessa valopaneelissa on selkeästi tasaisempi valo sekä parempi värintoisto.

Virtalähteiden suuri käynnistysvirta saattaa tuoda muilla metroasemilla ongelmia. Sähköjakelu on monilla metroasemilla alkuperäinen 1980-luvulta. Sähkökeskuksissa ei ole enää vapaita lähtöjä, joihin lisätä valopaneelien ryhmiä. Näin ollen paneelit on liitettävä samoihin ryhmiin kuin vanhatkin paneelit. Tämä voi johtaa ryhmien käynnistysvirtojen liialliseen kasvuun. Liian korkea käynnistysvirta laukaisee johdonsuojakatkaisijan. Tämän tapahtuessa kaikki valopaneelit menevät pimeäksi. Tämä on seikka, johon on syytä kiinnittää huomiota paneelien uusimisen jatkuessa.

7.2 Uusien paneelien energiatehokkuus

Energiatehokkuus paranee jo pelkästään LPT-paneelit uusimalla huomattavasti. Seuraavassa taulukossa laskettuna kaikkien 220 paneelin energiansäästö. Laskelmien arvot on saatu tavarantoimittajien tiedoista. Taulukossa 4 on myös laskettuna rahallinen säästö LPT-paneelien osalta. Energian hintana laskennassa käytetty arvoa 0,0875 €/kWh. Tämä hinta on saatu Tilastokeskukselta, ja se on 4. vuosineljänneksen 2020 keskiarvohinta keskikokoiselle teollisuudelle. Hinta sisältää siirron hinnan, energian hinnan ja verot.

Taulukko 4. Energian ja rahan säästö LPT-paneeleissa (9).

Station light 70*100					
kpl	teho nyt W	yht. W	LED teho W	yht. W	säästö W
220	49	10 846	26,2	5 770	5 076
säästö vuodessa		kWh hinta *	Rahallinen säästö vuodessa.		
44 461	kWh	8,75 snt	3 890,38 €		
* Keskiarvo energian hinta 4. vuosineljännes 2020 (9)					

8 STB- ja ABR-paneelien uusiminen

STB- ja ABR-valopaneelien uudistaminen voisi olla seuraavaksi aiheellista. Teen seuraavaksi ehdotelman näiden päivittämisestä LED-teknologiaa käyttäviksi. Lasken nykyisten paneelien käyttämän energian ja niiden uusimisesta saatujen energian säästöjen määrän sekä rahallisen arvon. Taulukossa 5 on laskettu näiden taulujen energiansäästöpotentiaali. Tämän taulukon arvot on saatu BeStones Oy:n ehdotelmasta LED-komponentin pituudelle.

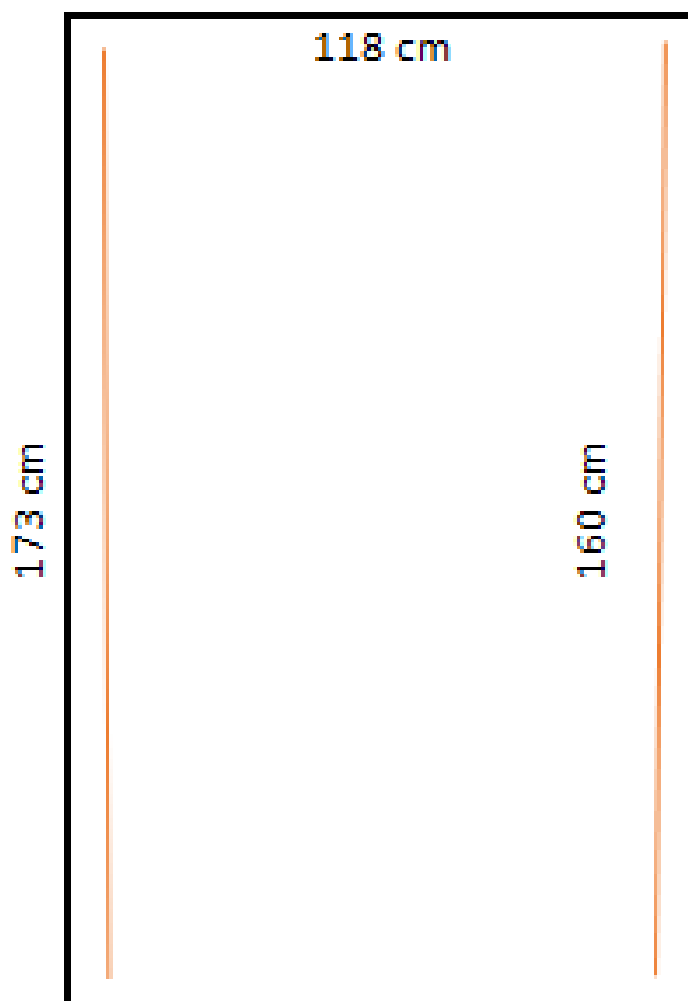
Taulukko 5. ABR- ja STB-paneelien energian säästöpotentiaali.

ABR 118*173		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
172,6	83,9	88,7
STB 173*118		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
91,6	83,9	7,7

9 Jatkotutkimusehdotus STB- ja ABR-paneeleille.

BeStones Oy on suunnitellut sijoittavansa LED-komponentin tulevien taulujen pitkälle sivulle (kuva 19). Energiankulutus tälle toteutukselle on 83,9W. Laskentaan on käytetty BeStones Oy:n antamaa tietoa LED-nauhan energiankulutuksesta (4). Tähän on myös lisätty virtalähteen kuluttama energia (3).

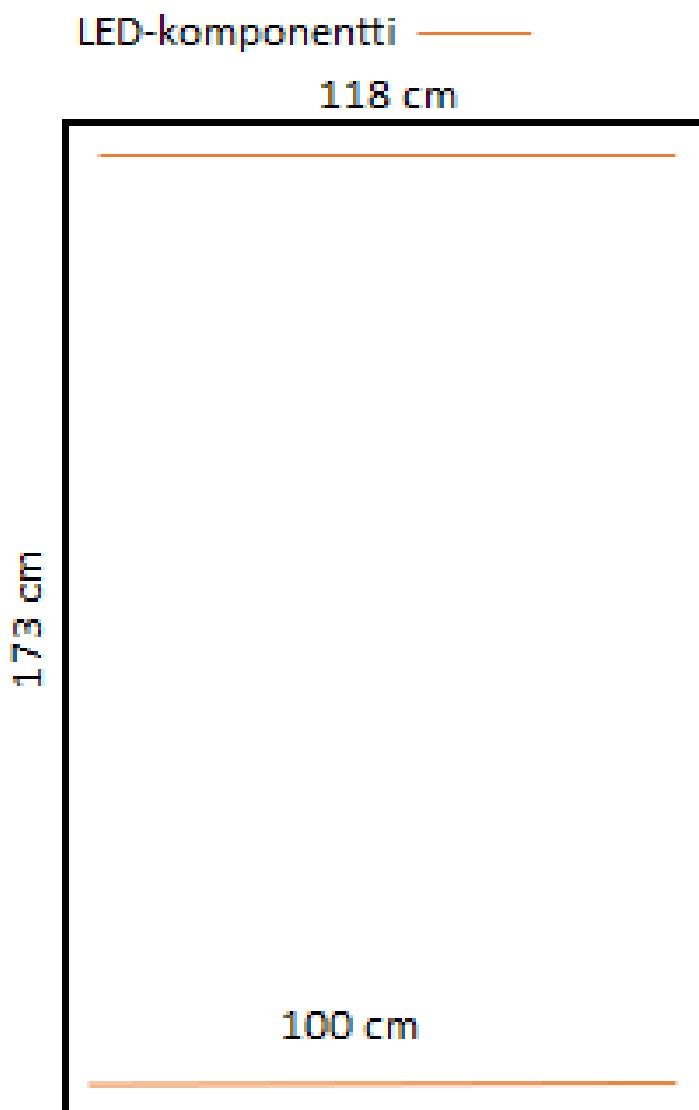
LED-komponentti —



Kuva 19. Kuvassa BeStones Oy:n ehdotus uudesta paneeliratkaisusta.

Tällä menetelmällä valopaneeliin tulee kaksi 160 cm pitkä LED-komponenttia. Tälläkin tekniikalla saadaan paneelille parempi energiatehokkuus, kuin vanhoilla loisteputkilla on.

Minun mielestäni tätä voitaisiin tehostaa vielä enemmän. Sijoittamalla LED-komponentit akryylilevyn ylä- ja alareunaan ne olisivat lyhyempiä sekä energiatehokkaampia (kuva 20). Näin toimimalla käytettäisiin kahta 100 cm pitkä LED-komponenttia. Tällä menetelmällä valopaneelin energiankulutukseksi saataisiin 52,5 W.



Kuva 20. Oma ehdotukseni LED-komponenttien sijoitukselle tauluun

Tällä toimintatavalla saataisiin vielä lisäksi yksi toinenkin etu. Voitaisiin käyttää samaa LED-komponenttia kuin LPT-paneeleissa. Tämän jälkeen ei tarvitsisi kuin kahta eri sähkökomponenttia valaisimen huollossa, virtalähde sekä 100 cm:n pituinen LED-komponentti.

Energiansäästön kannalta lyhyemmällä LED-komponentilla olisi valtava vaikutus kaikki metroasemat huomioiden. Seuraavaan taulukkoon 6 olen eritellyt energiakulutuksen ja siitä kertyvät säästöt käyttäen omaa tekniikkaani LED-komponenttien sijoittelulle. Minun tekniikkaani käyttäen säästyisi energiaa 31,5 W valopaneelia kohden.

Tämä parantaisi uusien valopaneelien energiansäästöprosentteja huomattavasti. ABR-paneelit käyttäisivät vain 30 % nykyisestä loisteputkien käyttämästä energiasta. STB-paneelienkin energiansäästö nousisi 43 % verrattuna vanhoihin loisteputki valopaneelisiin. Tällä on huomattava vaikutus, kun otetaan huomioon paneelien suuri määrä metro-aseilla.

Taulukko 6. Säästö potentiaali käyttäen eri tekniikkaa.

ABR 118*173		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
172,6	52,5	120,1
STB 173*118		
teho nyt W	LED teho W	säästö W
91,6	52,5	39,1

ABR- ja STB-paneelit käyttävät tällä hetkellä 51 000 W energiaa. Uudistamalla paneelit BeStones Oy:n ehdottamalla teknologialla niiden yhteismäärällinen energiankulutus saataisiin tiputettua 37 603 W:iin. Tällä saataisiin 26 %:n säästö energiankulutuksessa. Käytettäessä minun ideaani LED-komponenttien sijoitukselle energiankulutuksessa saataisiin 54 %:n säästö (taulukko 7).

Taulukko 7. Laskettuna energian säästö eri LED-komponenteilla.

Abribus 118*173					
kpl	teho nyt W	yht. W	LED teho W	yht. W	säästö W
123	172,6	21 230	83,9	10 324	10 906
123	172,6	21 230	52,5	6 452	14 777
Station Board 173*118					
kpl	teho nyt W	yht. W	LED teho W	yht. W	säästö W
325	91,6	29 770	83,9	27 279	2 491
325	91,6	29 770	52,5	17 049	12 721

Energiankulutuksessa saavutettu säästö laskettuna rahaksi on huomattava. Tulevilla uudistuksilla saavutettaisiin yli 10 000 €:n säästö. Toisella tekniikalla säästöjä voitaisiin saada lähes 11 000 € lisää (taulukko 8). Laskennassa käytin Tilastokeskuksen 4. vuosineljänneksen 2020 keskiarvohinta keskikokoiselle teollisuudelle (9).

Taulukko 8. Säästö laskettuna rahassa (9).

säästö vuodessa		kWh hinta *	Rahallinen säästö.
117 359	kWh	8,75 snt	10 268,94 €
240 884	kWh	8,75 snt	21 077,34 €
Säästö käyttäen toista tekniikkaa			10 808,40 €
* Keskiarvo energian hinta 4. vuosineljännes 2020 (9)			

10 Energiansäästö

Kokonaisuudessaan nyt LPT-paneelien vaihto sekä mahdollisesti tulevien ABR- ja STB-paneelien uusiminen säästäisi energiaa 161 821 kWh vuodessa. Oma ehdotukseni LED-komponenttien sijoitukselle mahdollistaisi vielä suuremman säästön. Tekniikallani kokonaissäästöksi saataisiin jopa 285 345 kWh vuodessa.

Ehdottamani tekniikan soveltuvuus täytyy vielä varmistaa BeStones Oy:ltä. BeStones Oy joutuu kehittämään uuden kursivoinnin akryylilevyille, jotta paneeli tulee tasaisesti valaistuksi. Ei ole täysin varmaa, riittääkö LED-komponenttien valoteho tuottamaan riittävän valoisuudentason paneeleihin. Asiasta täytyy keskustella Harry Jankkarin kanssa, koska ehdottamallani tekniikalla olisi suuri vaikutus paneelien energiatehokkuuteen.

Vuoden 2020 energianhintoilla säästöä kertyisi vuodessa 14 159 €:n verran. Kehitettävälläni tekniikalla säästöjä kertyisi 10 808 € enemmän, kokonaisuudessaan 24 968 €. Laskennallisesti energiankulutuksen rahallinen säästö kymmenen vuoden päästä 1,5 %:n vuotuisella energianhinnan nousulla olisi 28 976 €.

11 Pohdinta

LED-tekniikan käyttö valaistuksessa on aiheena kiinnostanut minua jo pitkään. Olen tutkinut sen mahdollisuuksia myymäläkäytössä sekä sen eri komponenttien kehitystä jo aiemmissa opiskeluprojekteissa. Aiemman hankitun tiedon käyttö sekä hyvä yhteistyö BeStones Oy:n kanssa on helpottanut tämän projektin läpivientiä.

Energiansäästöjen potentiaalinen havaitseminen valopaneeleissa kuitenkin yllätti minut. Metroasemien paneelien määrä on niin suuri, että pienetkin energiasäästöt kasvavat merkittäväksi tekijäksi. BeStones Oy, Jankkari ja Härkönen ovat tehneet hyvää työtä kehittäessään valopaneelien energiatehokkaammiksi, mutta vähän toisella tavalla ajattelemalla voidaan tuottaa vielä lisää pieniä parannuksia.

Talotekniikan insinööriksi opiskelu on muokannut näkemystäni suuresti. Olen alkanut kiinnittämään huomiota erilaisiin asioihin kuin ennen opiskelua. Nykyään kiinnitän huomiota enemmän tuotteiden taulukoihin sekä niiden ainepitoisuuksiin. Päätösten teko on tukenut sekä velvoittanut kiinnittämään huomiota yhä pienempiin yksityiskohtiin. Olen aina ollut analyyttinen luonteeltani, mutta se on vielä korostunut opiskelujen edetessä.

Tulevaisuudessa voisin tutkia mahdollisuuksia valopaneelien älykkääseen ohjaamiseen. Nykyään paneelit palavat 24 tuntia päivässä. Jatkuva käyttö on osin, jopa tarkoituksellista luomaan riittävän yleisvalaistuksen metroasemille niiden ollessa suljettuina. Yöllä huolto- sekä turvallisuushenkilöstön liikuessa asemilla ei tarvita täyttä valaistusta. Älykkäällä ohjauksella voisi yöaikaan vuorotella paneelien päällä oloa, ja näin lisätä niiden käyttöikä. Kaikki asemat eivät sijaitse maan alla pimeässä, joten osassa paneeleista voisi olla hyödyllistä käyttää valoisuuden mukaan ohjautuvaa päällä oloa. Kirkkaassa päivänvalossa ei ole hyötyä pitää valoja päällä paneeleissa.

Lähteet

- 1 T5 G5 400K. 2021. Verkkoaineisto. Airam Electric Oy Ab. <<https://www.airam.fi/tuote/t5-g5-4000k-t5-g5-4000k>>. Luettu 19.03.2021.
- 2 Vorhofer, Christian. 2016. Ballasts. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <<https://media.helvar.com/s/f/d6529a912559f5b6793e8968fb03f9a1/en/7372>>. 22.02.2016. Luettu 17.02.2021.
- 3 SLD-80-SPEC. 2020. Verkkoaineisto. Mean Well. <<https://www.meanwell-web.com/content/files/pdfs/productPdfs/MW/SLD-80/SLD-80-spec.pdf>>. 29.09.2020. Luettu 19.03.2021.
- 4 Jankkari, Harry. 2020. Myynti, BeStones OY. Söderkulla. Haastattelu. 08.12.2020.
- 5 Härkönen, Tommi. 2020. Suurkuvatuoanto, BeStones OY. Söderkulla. Haastattelu. 08.12.2020.
- 6 Järvinen, Markku. Julkaisuaika tuntematon. Valon ominaisuuksia. Verkkoaineisto. Peda.net. <<https://peda.net/id/53531a1e66e>>. Luettu 19.03.2021.
- 7 Järvinen, Markku. Julkaisuaika tuntematon. Valon taittuminen. Verkkoaineisto. Peda.net. <<https://peda.net/id/ec2c3cc66f2>>. Luettu 28.03.2021.
- 8 Tuotekyselyt. 2017. Verkkoaineisto. Muoviteollisuus Ry. <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/kysy_muovista/?Cat=4&Qst=374>. 03.05.2017. Luettu 29.03.2021.
- 9 Tilasto: Energian hinnat 4. Vuosineljännes 2020. 2021. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi_2020_04_2021-03-11_kuv_005_fi.html>. 11.03.2021. Luettu 26.03.2021.
- 10 Mercury in fluorescent lamps. 2011. Verkkoaineisto. Lighting design lab. <https://web.archive.org/web/20110514234219/http://lightingdesignlab.com/articles/mercury_in_fl/mercurycfl.htm>. 14.05.2011. Luettu 30.03.2021.
- 11 D1-2006. 2006. Käsikirja rakennuksen sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 12 Poraruuvi, kuusiokanta ja pitkä porakärki PIAS®. Verkkoaineisto. Würth Oy. <<https://eshop.wurth.fi/Poraruuvi-kuusiokanta-ja-pitkae-porakaerki-pias-PO-RARPITKAKARKI-55X55-39/021405555.sku/fi/FI/EUR/>>. Luettu 01.04.2021.

- 13 Metyylielohopea. 2020. Verkkoaineisto. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/metyylielohopea>>. 11.12.2020. Luettu 30.03.2021.