

Sinisen valon maailma

■ **Maailmaa hallitsee sininen valo. Uudet valaisimet ja digitaaliset näytöt perustuvat tehokkaisiin sinisiin ledeihin. Ledit tuovat huimia säästöjä ja tarjoavat uusia mahdollisuuksia, mutta niiden terveysvaikutukset puhuttavat. Ratkaisun voivat tarjota uudet orgaaniset ledit.**

Eeva Pitkälä

Sininen ledvalo on haitallista aivoille. Älylaitteiden sininen valo muuttaa ihmisen vuorokausirytmää. Näyttöruuduilta hohkaava sininen valo tuhoaa unen laadun.

Vähemmälle huomiolle ovat jääneet toisenlaiset otsikot.

Sininen valo virkistää. Sininen valo parantaa aknen. Valo tappaa sairaa-labakteerit.

Valon hyödyt ovat suuret, mutta lööppeihin sinisen valon ovat enim-mäkseen nostaneet siihen liitetyt uhat.

Ledien sininen valo on nykyään vakituinen seuralaisemme. Sitä käytetään älypuhelimien, tietokoneiden ja televisioiden näytöissä. Myös led-lamput yleistyvät kovaa vauhtia.

Näyttöruutuun säteilemä sininen valo on toki vain murto-osa siitä sinisestä valosta, jota aurinko tuottaa. Elämme kuitenkin suurimman osan valveillaoloajastamme altistuneina keinotekoiselle valolle.

Monien halpojen ledvalaisimien spektrissä tiedetään olevan iso siniselle aallonpituudelle osuva piikki, punaisen osuus valosta saattaa taas jopa puuttua.

Ihmissilmän sarveiskalvo ja linssi ovat kehittyneet estämään ultraviolet-tisäteilyn pääsy verkkokalvolle, mutta sininen valo pääsee esteettömästi näkösolujen peittämään silmänpohjaan. Jos valo on voimakasta ja pitkä-

aikaista, se saattaa heikentää solujen toimintaa.

Ihmisen tekemän sinisen valon mahdollisia terveys- ja ympäristövaikutuksia ei vielä kunnolla tunneta. Tiedeyhteisökin on jakaantunut.

”On tutkijoita, jotka sanovat, ettei sininen valo vaikuta mitenkään. Toisaalta on niitä, joiden mielestä ongelma on olemassa”, kertoo valaistustutkija **Leena Tähkämö** Aalto-yliopistosta.

Hän itse on keskittien kulkija.

”Ihmisen terveyttä koskevia uhkia ei pidä liioitella, mutta emme me tutkijat myöskään saa pistää päitämme pensaaseen. Asiaan on paneuduttava tutkimuksen keinoin. Jos haittoja on, ne pitää selvittää.”

”Jokaisella on oma mielipiteensä valaistuksesta, ja muutokset herättävät helposti närää.”

Tähkämön mukaan jokaisella on oma mielipiteensä hyvästä valaistuksesta. Se tarkoittaa, että kaikki muutokset herättävät helposti närää.

”Keinovalaistus kuitenkin kuuluu olennaisesti nykyihmisen elämään”, hän muistuttaa.

”Ledit ovat osa ongelmia mutta myös osa niiden ratkaisua. Ledit pitää osata valmistaa oikein, niitä pitää käyttää suunnittelussa oikein, ja kulluttajan pitää osata ostaa niitä oikein.”

Valaistustutkimus keskittyy tätä nykyä niin kutsuttuun ihmiskeskiseen valaisuun (*human centric lighting*). Tärkeässä osassa ovat valaistuksen lisäarvot, kuten terveellisyys, turvallisuus, viihtyvyys ja tunnelma.

”Nykyisin tutkitaan esimerkiksi sitä, kuinka valon avulla voidaan vaikuttaa ihmiseen, kun päivä lyhenee.”

Valaisijoille ledlamput ovat tarjon-

neet erinomaisen työkalun, jonka ansiosta valaistusta on mahdollista suunnitella ja säätää aivan eri tavoin kuin aikaisemmin.

”Ledvalojen väri ja voimakkuus saadaan jo muokattua täysin halutunlaiseksi, kunhan ensin tiedetään, mitä halutaan. Haasteina ovat vielä erilaisen järjestelmien keskinäinen keskustelu ja yleiset standardit.”

Sinisestä valkoiseen

Ihminen oppi saamaan aikaan valoa varsin myöhään. Sähkövalaistus otettiin käyttöön vasta 1800-luvun lopulla.

Työläesti tuotettavaa sähköä on aina yritetty säästää, samoin valoa. Tutkijat metsästivät entistä energia-tehokkaampaa, elohopeatonta valolähdettä pitkään ennen kuin ledvalot lopulta kehitettiin.

Led (*Light-Emitting Diode*) on diodi, joka säteilee valoa, kun sähkövirtaa johdetaan sen läpi. Oikeastaan kyseessä on vain pikkuruinen ripale epoksimuovilla päällystettyä puolijohdetta.

Puolijohdeiden avulla diodit saadaan säteilemään haluttua väriä. Yksivärisistä diodeista voidaan koota valaisimiin monenlaisia kestäviä värikokoonpanoja.

Alkuaikojen ledit tuottivat vain punaista, vihreää ja keltaista. Maailman ensimmäisen kirkkaansinistä valoa hehkuvan diodin kehitti suomalaisella Millenniumilla ja ruotsalaisella Nobelilla palkittu japanilainen tutkija **Shuji Nakamura** vuonna 1979.

Sininen valo syntyi, kun Nakamura onnistui kesyttämään sen tuottajaksi hankalan galliumnitridin, jota monet muut tutkijat olivat pitäneet liian vaikeana palana.

Korkeaenergistä sinistä valoa tarvittiin, jotta saatiin aikaan puhdas valkoinen valo. Puhtaanvalkoisen valon keksiminen merkitsi puolestaan





Eeva Pitkälä

Keinovalaistus kuuluu väistämättä nykyihmisen elämään, muistuttaa tutkija Leena Tähkämö. "Ledvalot pitää kuitenkin valmistaa oikein ja valaistus suunnitella oikein."



fotoniikan Graalin maljaa.

Valkoiset ledit ovat periaatteessa tavallisia sinisiä ledejä, jotka on pinnoitettu fluoresoivalla loisteaineella. Aine saa osan sinisen valon vilkkaasti vipajavista aalloista laantumaan keltaisiksi. Ihmisen silmä näkee kokonaisuuden valkoisena.

Shuji Nakamuran löydöstä vierähti vielä runsas vuosikymmen ennen kuin ledeistä oli saatu kehitettyä tarpeeksi edullisia kaupallista tuotantoa varten. Sen jälkeen ledit ovat tulleet ryminällä.

Ledit ovat mahdollistaneet keinovalon värin ja tehon tarkan säätämisen ja säästäneet ihmiskunnalle mittaamattoman määrän energiaa. Ledeillä on myös valaistu maailmaa laajemmalti kuin millään muulla ihmisen tekemällä valolähteellä.

Länsimaiden asukkaan on silti hyvä muistaa, että yli puolitoista miljardia ihmistä on yhä sähkön saannin ulottumattomissa. Uudet turvalliset ja terveelliset valaistusuudistukset ovat edelleen koko ihmiskunnan toivelistalla.

Fotonin vuosisata

Siinä missä 1900-luku oli elektronin ja sähkön vuosisata, nyt eletään fotonin vuosisataa. Sähkömagneettinen säteily etenee valokvantteina eli fotoneina. Siinä missä elektronit kuljettavat sähköä, fotonit kuljettavat valoa.

Fotonien liikettä tutkii fotoniikka. Joskus fotoniikkaa käytetään myös yhteisnimityksenä optikalle ja optoelektronikalle.

Fotonit korvaavat jatkuvasti elektronien osuutta useissa teknologioissa. Ilman fotoniikkaa ei olisi uusinta elektroniikkaa, ei plasmanäyttöpaneelia, ei aurinkokennoja – eikä ledejä.

”Fotoniikkasovellusten kehitys on ollut huimaa. Osa tekniikoista kuitenkin myös vanhenee silmissä. Juuri juhliittiin blueray-levyjen ja galliumnitridilaserin tuloa, mutta nyt kaikki elokuvat löytyvät verkosta”, kuvailee Aalto-yliopiston fotoniikkatutkija, professori **Harri Lipsanen**.

Professorin mukaan valon merkitys kasvaa uusien teknologioiden myötä edelleen.

”Juuri nyt fotoniikka on tärkeä ele-

menti sensoreissa ja hyvin pienissä modulaattoreissa, jotka voivat katkoa valoa erittäin nopeasti.”

Fotoniikan valtava tutkimus- ja sovellusalue on suurelle yleisölle yllättävän näkymätön. Lipsanen tietää syyn.

”Optoelektronikka on melkein aina piilossa”, hän sanoo.

”Se on piilossa erilaisissa arjen laitteissa ja kojeissa tai vaikkapa valamerten pohjassa, jossa optisissa kuiduissa kulkee aiempaan verrattuna aivan valtaisia infomääriä todella pienellä häviöllä.”

Teknologian uusiutuminen perustuu tutkimuksen etenemiseen monella rintamalla. Tutkijoiden kiinnostuksen kohteena ovat uudet älykkäät

rakenteet ja materiaalit, kvanttitekniikat, joissa voidaan käyttää valoa, suprajohtava elektroniikka ja optisen kuidun signaalin vahvistaminen.

”Ajankohtaisia ovat erityisesti nanomateriaalit, joita käytetään fotoniikassa, uudet grafeenin kaltaiset rakenteet, hybridit, joissa on polymeerejä ja puolijohteita. Niistä etsitään uusia ilmiöitä ja luodaan uusia komponentteja.”

Orgaaninen tulevaisuus

Perinteisten ledien tutkimus alkaa Lipsasen mukaan olla jo menneisyyttä. Niiden tuotantokin tapahtuu pääosin Kiinassa ja Taiwanissa.



Fotosynteesi, maapallon elämän keskeinen prosessi, perustuu auringon siniseen valoon.

Scanstocphoto

Fotosynteesi toimii sinisellä valolla

Sinisellä valolla on erityisen suuri merkitys maapallolle. Elämän keskeinen prosessi fotosynteesi sitoo hiiltä ja vapauttaa ilmakehään happea.

Fotosynteesi tapahtuu vihreissä kasveissa, jotka hyödyntävät etenkin spektrin sinisen pään aallonpituuksia. Valon vihreä alue ei toimi kasvin elintärkeissä prosesseissa. Kasvit näyttävät silmissämme vihreiltä heijastumisen vuoksi.

Valoa imeviä pigmenttejä on lukuisia. Kaikilla on omat absorptiospektrinsä ja tehtävänsä valoenergian sitomisessa.

Lehtivihreän valoa sitovat klorofyllipigmentit toimivat parhaiten

sinivioletin ja sinisen valon alueella. Vihertävänsinisellä aallonpituusalueella valoa sitovat myös suojaavat karotenoidipigmentit.

Violetti ja sininen valo saavat kasvien lehtien ilmaraot avautumaan ja sulkeutumaan, solujen viherhiukkaset kääntymään optimaaliseen asentoon ja kasvit suuntautumaan kohti valoa ja pois siitä.

Lisääntynyt sinisen valon osuus hälyttää kasvin tuottamaan suojaavia antioksidantteja ja huiputtaa sen myös kasvamaan pienempänä. Jotkin sinisen valon indusoimat kasvikemialliset yhdisteet, kuten perunan alkaloidit, voivat olla ihmiselle haitallisia.

Fotoniikka parantaa ruokaturvallisuutta

Elintarvikkeen ravintosisältö selville skannaamalla. Ruokaväärinöksen tunnistaminen fotoniikan avulla. Antimikrobinen sininen valo hygienian turvaajana.

Muun muassa tällaisia sovelluksia esiteltiin Turussa tänä syksynä järjestetyssä Fotoniikan mahdollisuudet ruokateollisuudelle -seminaarissa, jonka järjesti Turun yliopisto yhdessä Photonics Finland -verkoston kanssa.

Työpajassa pohdittiin, mitä fotoniikka voisi tarjota elintarviketeollisuuden yrityksille. Isona teemana nousivat esiin hygieniää parantavat sovellukset niin pinoissa kuin pakkausmateriaaleissa.

Valkoista ja sinistä valoa hyödyntävät ratkaisut soveltuvat yleisesti tilojen puhtaanapitoon mutta myös ahtaampien ja vaikeammin puhdistettavien kohteiden, laitteiden ja välineiden sterilointiin. Niillä parannettaisiin tuotteiden säilyvyyttä, pidennettäisiin myyntiaikoja ja kohennettaisiin tuoteturvallisuutta.

Valoratkaisuun voitaisiin vaikuttaa myös logistiikkaan. Jos kuljetuslavojen hygienia olisi riittävän hyvä, ne voitaisiin tuoda tuotantotiloihin ja näin säästyä ylimääräiseltä työltä kuormien purkamisessa ja siirtelyssä tilojen välillä.

Droonikuvauksin kerättäisiin pelloilta tietoa muun muassa sementin itävyydestä, lannoitustarpeista, kasvien ravintosisällöstä ja sadon kehityksestä.

Tulevaisuuden tavoite on myös kasvien peittäusaineiden korvaaminen fotoniikan keinoin. Niiden avulla voidaan ehkä joskus myös ennustaa kunkin kasvuerän makuominaisuuksia ja arvioida etukäteen kasvin ravintoarvoa ja flavonoidipitoisuuksia.

”Valon merkitys kasvaa uusien teknologioiden myötä koko ajan”, sanoo professori Harri Lipsanen.



Eeva Pitkälä

1800-luvun sähkölampusta on kuljettu pitkä matka.

Nyt tutkijoita innostavat orgaaniset ledit eli oledit. Niiden idea on peräisin jo vuodelta 1975. Tuolloin keksittiin, että tietyt orgaaniset polymeerit saadaan tuottamaan valoa, kun niiden läpi johdetaan sähkövirta.

Sinisen valon ärhäkkä luonne ja sitä tuottavan materiaalin pysyvyyden haasteet ovat aiheuttaneet harmaita hiuksia myös olednäyttöjen valmistajille. Muutama suuri elektroniikkayritys on silti kyennyt ratkaisemaan ongelmat.

Oleditkin säteilevät sinistä valoa, mutta vain noin kolmanneksen siitä määrästä, jota perinteiseen ledteknikkaan perustuvat lcd-näytöt hohkaavat.

Ohuilla oledmateriaaleilla on muitakin oivallisia ominaisuuksia. Niitä voidaan muovin tapaan taivutella lähes miten tahansa, kuvanlaadusta tinkimättä. Materiaalien käyttömahdollisuuksia rajoittaa oikeastaan vain mielikuvitus.



Eeva Pitkälä

Optogenetiikka vie valon soluun

Optogenetiikka on menetelmä, jossa säädellään hermosolujen toimintoja keinotekoisesti laser-valon ja optisten kuitujen avulla. Se tapahtuu viemällä kohdesoluun valolle herkkää proteiinia ilmentävä geeni. Perinteisiin menetelmiin verrattuna tekniikka on sekä ajallisesti että paikallisesti hyvin tarkka.

Optogeneettisiä työkaluja on käytetty menestyksekkäästi aivotutkimuksen apuna. Yksittäisten hermosolujen aktiivisuutta on pystytty säätämään millisekuntien tarkkuudella käyttämällä sähköön sijaan valoärsykettä.

Kymmenen viime vuoden mittaan tutkimuskenttä on laajentunut. Tätä nykyä valon avulla voidaan paitsi säädellä solujen aktiivisuutta myös muokata geenien toimintaa. Maailmalla tutkijat ovat onnistuneet soluviljelmissä lisäämään ja vähentämään geenien ilmentymistä ja ohjaamaan soluihin tuotetun proteiinin pitoisuutta valosignaaleilla.

Yksittäisten geenien toimintaa on kyetty muokkaamaan yhdistämällä optogenetiikan työkalut geenileikkurina tunnettuun crispr-cas9-menetelmään.

Tulevaisuudessa optogenetiikka voidaan hyödyntää myös sairauksien hoidossa. Ensimmäiset kliiniset tutkimukset verkkokalvorappeumasta kärsivillä potilailla ovat jo käynnissä.

► ► ►

”Muovinen olednäyttö, jollainen on esimerkiksi Applen uusissa kymppimalleissa, toimii perinteisiin ledeihin verrattuna erittäin vähällä energialla. Se ei myöskään tarvitse erillistä taustavaloa, vaan sen pikselit syttyvät ja sammuvat itsenäisesti. Tämä tarkoittaa, että musta on todella mustaa ja värit kirkkaita”, Lipsanen kuvailee.

”Voidaan sanoa, että sinisen valon muodostama haaste on tältäkin osin voitettu.”

Vielä toistaiseksi olednäytöt ovat kalliita, mutta tilanne on muuttu-



Heikki Karkkainen

Tutkija Audrius Bučinskas mallintaa ja syntetisoi lupaavia oledrakenteita tähtäimessään uusi, entistä ekologisempi valo.

massa.

”Jättien taistelussa kohtaavat esimerkiksi LG:n oledtelevisio ja Samsungin kilpaileva teknologia. Tätä menoa hintakin lienee pian kohdillaan.”

Valokeilaan ekologisuus

Nurkan takana on luvassa jo seuraava muutos. Nuoret tutkijat kysyvät uudenlaisia kysymyksiä. Heille yksi keskeisiä asioita on ympäristön säästäminen.

Kun elektroniikkatuotteet kehittyvät yhä monimutkaisemmiksi, niiden kierrättämisestä tulee entistä hankalampaa. Sähkö- ja elektroniikkaromun perinteiset käsittelyprosessit eivät enää riitä.

Kaunasin teknillisen yliopiston professori **Juozas Vidas Gražulevičius** johtaa Liettuassa ryhmää, joka tutkii ja rakentaa seuraavan sukupolven oledmateriaaleja. Mukana hankkeessa on myös saksalaisia, englantilaisia, latvialaisia ja taiwanilaisia tutkijoita.

Vastaavia hankkeita on meneillään



Eeva Pitkää

Lasinpala laboratorion pöydällä. Piileskeleekö siellä Graalin malja?

muuallakin Euroopassa ja myös maailmalla. Niissä etsitään muun muassa vaihtoehtoa oledeissa nykyisin käytettävälle iridiumille, joka on maankuoren harvinaisin alkuaine.

”Ei ole olemassa ilman iridiumia toimivaa materiaalia, jolla pystyttäisiin tuottamaan tehokkaita orgaanisia sinisen valon diodeja. Tutkimushanke on siksi erittäin tärkeä”, Gražulevičius sanoo.

Tutkija **Audrius Bučinskas** kuvaillee ryhmän etsivän ”oledien Graalin maljaa”.

”Sillä tarkoitan ekologisesti kestävästä rakennetta, jossa ei tarvita lainkaan arvokkaita metalleja, joka hajomatta säteilee kirkasta sinistä valoa, joka toimii riittävän pitkään ja joka voidaan lopuksi hävittää turvallisesti”, Bučinskas selventää.

Orgaanisten ledien käyttöikä on jo saatu pidennettyä. Siinä missä ensimmäisen sukupolven oledit kestivät vain muutaman vuoden, nyt on päästy parhaimmillaan kahdeksan vuoden kestävytyteen.

Graalin maljakin on liettualaisten mukaan lähellä.

”Emme ole vielä saaneet sitä esiin, mutta kyllä se tuolla jossain on”, Bučinskas sanoo ja osoittaa laboratorionsa pöydällä elektrodien välissä lepäävää pientä, orgaanisella materiaalilla päällystettyä lasinpala.

Jos oikein tarkkaan katsoo, siinä hohtaa pieni sinisen häivähdys. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja.
epitkala@gmail.com