

Valion Navettaseminaari 2019

5.–6.2.2019 Tampere

Perusteita toimivaan navetan valaistukseen

Veli-Matti Tuure

veli-matti.tuure@tts.fi

TTS Työtehoseura



Valo tuotantotiloissa

- Ihmisten hyvinvointi
 - Työturvallisuus
 - Työn tekemisen helppous
 - Hoitohygienian ylläpito
 - Eläinten terveyden seuranta
 - Viihtyvyys
- Eläinten hyvinvointi
 - Tuotantoeläinten lisääntyminen (sukukypsyys, lisääntymistoiminnot, tiinehtyvyys)
 - Eläinten rehun hyväksikäyttö, syönti ja kasvu
 - Eläinten yleinen aktiivisuus
 - Eläinten terveys (mm. hormonaaliset vaikutukset)
- Maitotuotos
- Työn tuottavuus
- Turvallisuus: turvavalaistus (poistumisvalaistus, varavalaistus)
- Ilkivallalta ja häirinnältä suojautuminen



Kuva: Alasuutari, S. 2011. Kokemuksia tuotantotilojen valaistuksesta kotieläintiloilla. TTS:n tiedote, maataloustyö ja tuottavuus 2 (629): 1–8.

Hyvä valaistus

- ✓ Riittävä valaistusvoimakkuus
- ✓ Valaistuksen tasaisuus
- ✓ Valaistuksen muunneltavuus
- ✓ Kohtuulliset luminanssierot
- ✓ Häikäisemättömyys
- ✓ Oikea valon suunta
- ✓ Sopiva varjon muodostus
- ✓ Sopiva valon väri
- ✓ Riittävät värintoisto-ominaisuudet

EDUT:

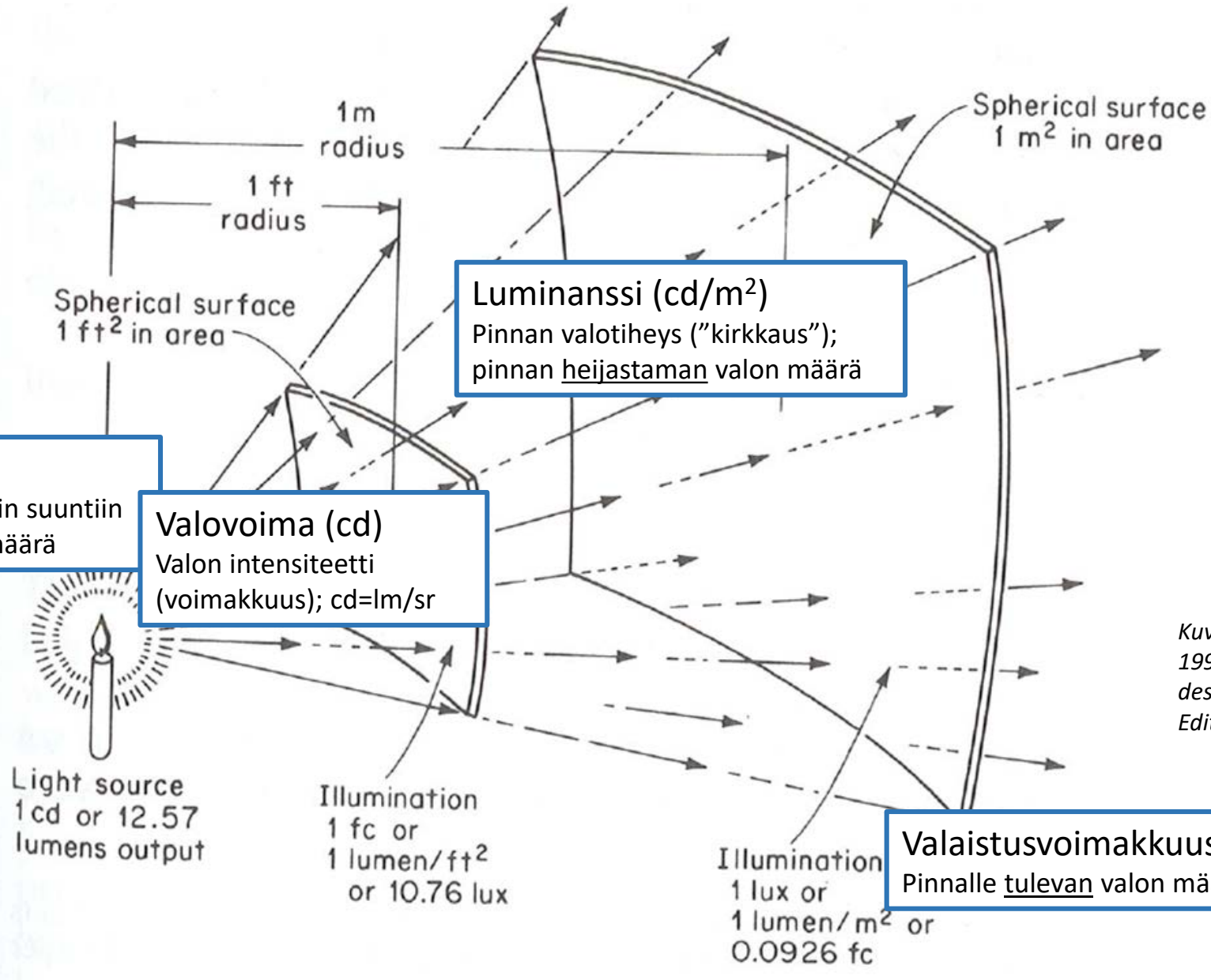
- Tuottavuus
- Laadukkuus
- Vähäisempi kuormitus
- Miellyttävyys
- Turvallisuus
- Koneiden tehokas käyttö
- Sujuvuus

Valovirta (lm)
Valonlähteen kaikkiin suuntiin lähettämän valon määrä

Valovoima (cd)
Valon intensiteetti (voimakkuus); $cd = lm/sr$

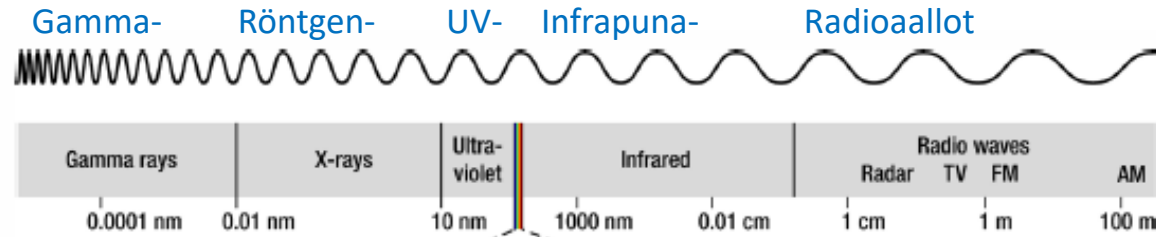
Luminanssi (cd/m^2)
Pinnan valotiheys ("kirkkaus"); pinnan heijastaman valon määrä

Valaistusvoimakkuus (lx)
Pinnalle tulevan valon määrä



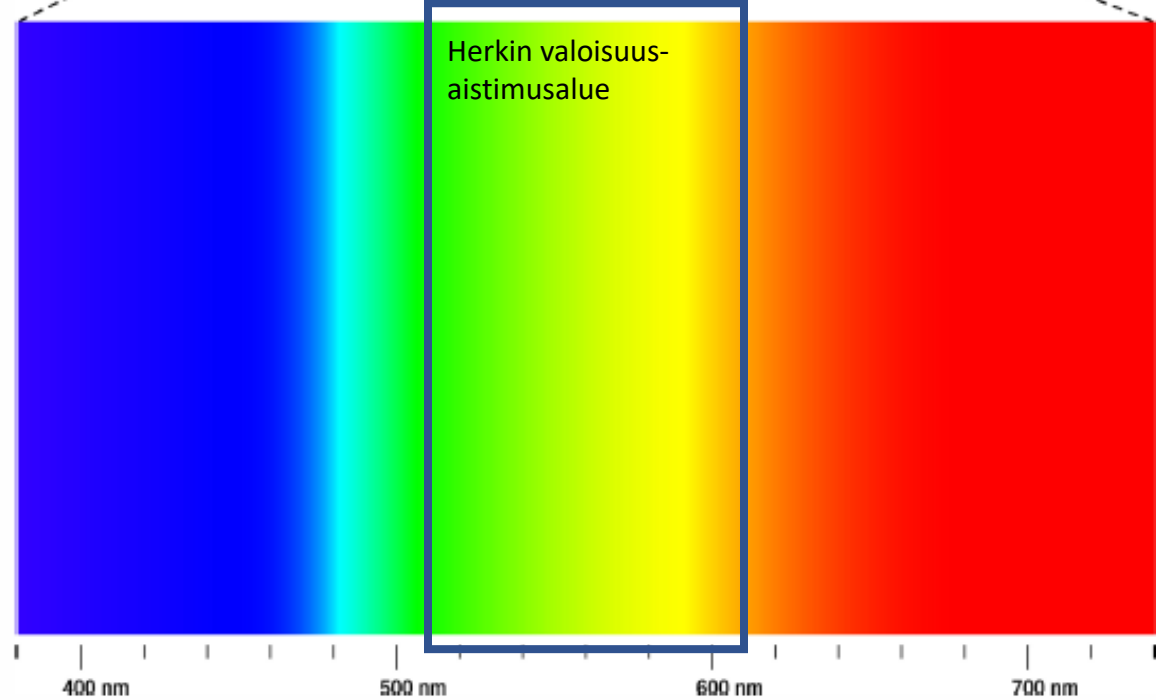
Kuva: Sanders, M.S. & McCormick, E.J. 1993. Human factors in engineering and design. McGraw-Hill International Editions. 7.painos. 790 s.

Sähkömagneettisen säteilyn lajit:



NÄKYVÄ VALO

VISIBLE SPECTRUM



Kuva: Berlin, C. & Adams, C. 2017. Production ergonomics: designing work systems to support optimal human performance. Ubiquity Press Ltd. Lontoo. 281 s.

Figure 12.8: Visible spectrum.

Image reproduced with permission from Peter Hermes Furian/Shutterstock.com. All rights reserved.

Valaistusvoimakkuus

- Pinnalle tulevan valovirran määrä, mittayksikkönä luxi
- Suositukset tila- ja tehtäväkohtaisia, kohdistuvat työalueelle
- Standardin suositusarvo on ns. valaistusvoimakkuuden *huoltoarvo*, jonka alapuolelle valaistustaso ei saa pudota asennuksen eliniän aikana
- Suositeltu valaistusvoimakkuusasteikko: 20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000

Tehtävä	E_m (lx)
Karkea kokoonpanotyö	200
Tavallinen kokoonpanotyö	300
Hieno kokoonpanotyö	500
Tarkkuustyö	750
Arkistointi, kopiointi jne.	300
Kirjoittaminen, lukeminen, tietojenkäsittely	500
CAD-työasemat	500
Koneiden käyttäminen	500
Tekninen piirtäminen	750
Laadun- tai värintarkastus	1000

Suosituksissa mainittuja arvoja tulee korottaa vähintään yhdellä luokalla (esim. suositusarvon ollessa 200 lx korotetaan arvoon 300 lx), jos

- näkötehtävät ovat kriittisiä,
- työ sisältää erityisiä vaaratekijöitä,
- mahdolliset virheet on kalliita korjata,
- tarkkuus tai suurempi tuottavuus ovat erittäin tärkeitä,
- työntekijän näkökyky on normaalia huonompi,
- katsottavien kohteiden yksityiskohdat ovat pieniä tai kontrasti alhainen,
- työtä tehdään epätavallisen pitkä aika.

Lypsykarjarakennusten eläin- ja lypsyosastojen
valaistuksen vähimmäisvoimakkuus

Kohde	lx
Eläintilan yleisvalaistus	150 ¹⁾
Lypsyasema ja –robotti	250 ²⁾
Nuoren karjan tila	100 ¹⁾

1) 2 metrin korkeudella

2) utarekorkeudella

*Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarja-
rakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista 405/2017*

Eläintila \geq 150–200 lx; varhaisempi sukukypsyys,
suurempi maitotuotos

Eläinten kulkukäytävät 32–119 lx; askellus normaali
(niukassa valossa askel lyhenee ja nousee), näkökyky
tarkentuu

Riittävä valaistus navetassa liikkumiseen 20–25 lx; 25
lx lepo-, ruokailu- ja liikkumisalueella, 20 lx muualla

*Algers, B. ym. 2009. Scientific report on the effects of farming systems on dairy cow
welfare and disease. Report of the panel on animal health and welfare. EFSA. Annex
to the EFSA Journal (2009) 1143, 1-38*

Navetoissa valoja pidetään päällä keskimäärin 10–13 h/vrk
Yövaloja keskimäärin 10 h/vrk (*Alasuutari 2010*)
(Tavoite: 16-18 h valoisaa aikaa, 6-8 h hämärää)

Valaistuksen tasaisuus

- Valaistuvoimakkuuden suositukset myös työalueen välittömälle lähiympäristölle ($\frac{1}{2}$ m:n vyöhyke työalueen ympärillä):

Valaistusvoimakkuus (lx)	
Työalue	Välitön lähiympäristö
>750	500
500	300
300	200
<200	[sama kuin kohteessa]

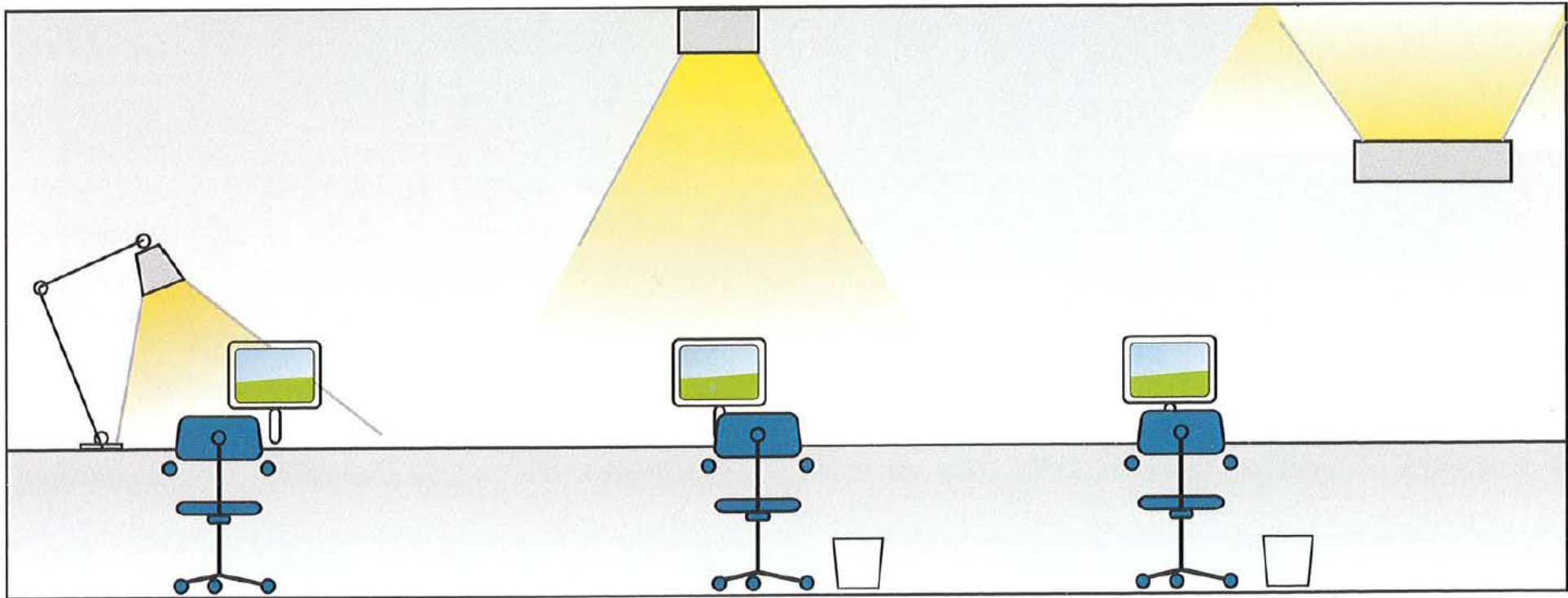
- Valaistuvoimakkuuden tasaisuus (minimiarvon suhde keskiarvoon) työalueella > 70 % (työalueen lähiympäristössä > 50 %)
- Tiloista toiseen edellyttävässä liikkumisessa erikseen otettava huomioon; valaistusvoimakkuus ei saisi laskea alle viidennekseen

Valolähteiden sijainti ja valon suunta

- Valaisutyytit: suora, epäsuora ja työpistevalaistus
- Suoran häikäisyn välttäminen
 - Ei suojaamattomia valonlähteitä (valaisimia & valoisia ikkunoita) näkökentässä (60 asteen kartio katseen suunnassa)
 - Sopiva valon suunta työkohteeseen yläviistosta sivusta (tai takaa)
- Kiiltokuvastumisen välttäminen
 - Valaisimen sijoittaminen työalueen suhteen (työskentelyalueelle peili: paljaita lamppeja tai kirkkaita valaisimien valoaukkoja ei saisi näkyä)
 - Mattapintaiset materiaalit
 - Valaisimien luminanssien ("pintakirkkauden") rajoittaminen
 - Valaisimien koon suurentaminen
 - Huoneessa olevien pintojen luminanssitasojen nostaminen
- Haitallisen varjostuksen välttäminen
 - Tavoitteena on, ettei mikään varjosta työaluetta eikä muodostuvat varjot ole liian jyrkkiä



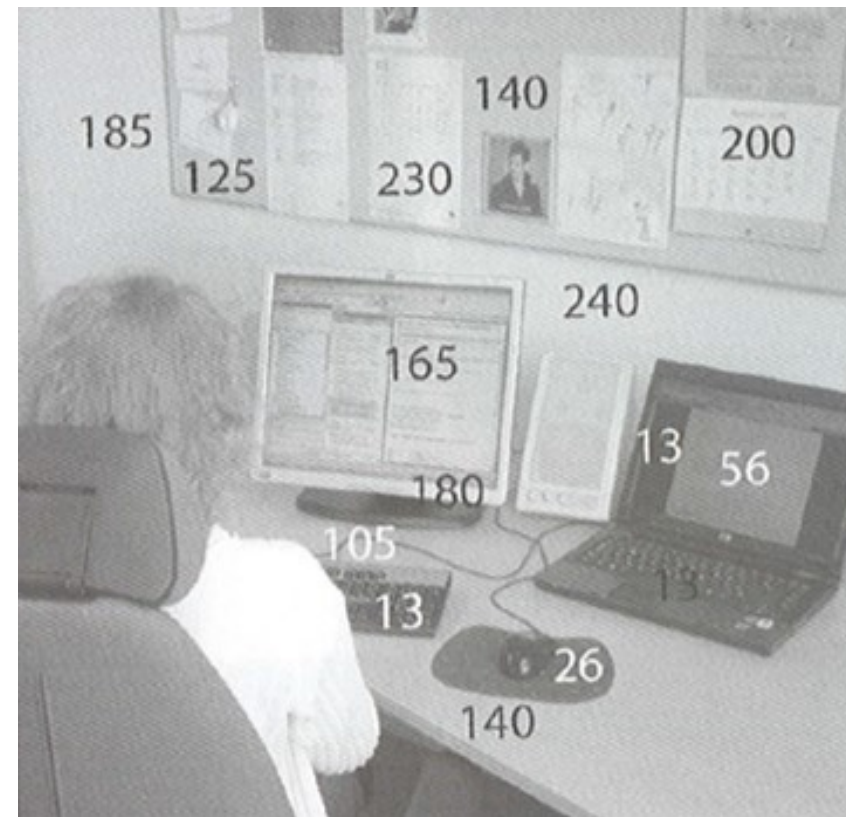
Valaisutyytit: työpiste, suora, epäsuora



Kuva: Rapati, P. 2006. Tuottava työ toimivassa työympäristössä. Logistep. 96 s.

Luminanssierot

- Näkökentässä olevien pintojen luminanssien (valotiheyksien) oltava riittäviä ja niiden erot riittävän pieniä
 - Helpottaa näkemistä ja lisää miellyttävyyttä
 - Vähentää häikäisyn kokemista
- Riippuu valaistusvoimakkuudesta ja pintojen heijastuskertoimista
 - Kun valaistusvoimakkuus suhteellisen tasainen, sopivia työhuoneen pintojen heijastuskertoimia
 - Seinille ja kalusteille 0,3–0,4
 - Ikkunaseinille 0,6–0,8
 - Katto $\geq 0,8$
 - Lattia 0,2–0,3
- Katselukohteen ja lähiympäristön pintojen luminanssisuhteet eivät saisi poiketa enemmän kuin 3:1



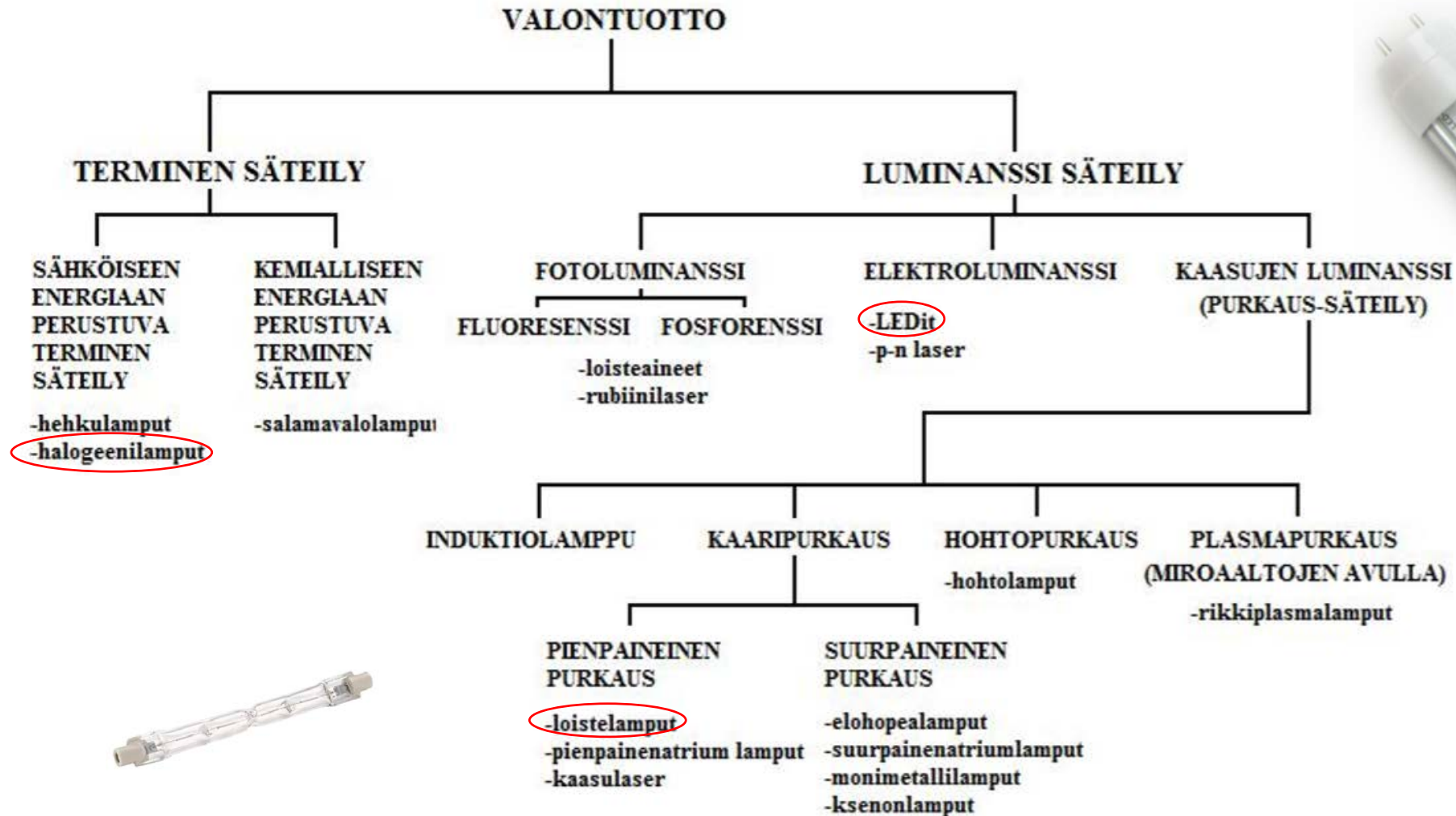
Luminanssiarvoja (cd/m^2) toimistoympäristössä; työpöydälle tulevan valon voimakkuus 500 lx (Kuva: Launis & Lehtelä 2011).

Naudat erottavat hyvin värejä ja pinnan tummuusasteen vaiheluita ja voivat aristaa lattioiden ja seinien värien muutoksia ⇔ erottelukäytävissä ei saa olla voimakkaita kontrasteja tai muita silmiinpistäviä yksityiskohtia, jotta eläimet liikkuisivat rauhallisesti ja pelottomasti. (*Eläinten terveydenhuolto (ETU). 2006.*)

Väriämpötila (värisävy) ja värintoisto

- Valon värivaikutelma riippuu spektrin alueesta, jolle valo painottuu
 - Valkoisen valon sävyä kuvataan väriämpötilalla
 - Lämmin valo – väriämpötila alle 3 300 K (esim. hehkulamppu 2 850 K)
 - Kylmä valo – väriämpötila yli 5 300 K (esim. auringonvalo 5 500 K)
- Valon värisävyn kokeminen on subjektiivinen ja esteettinen asia
- Valon värintoistokyky riippuu spektrin jatkuvuudesta: mitä tasaisempi spektri, sitä parempi värintoistokyky
 - Värintoistokykyä kuvataan värintoistoindeksillä R_a
 - Maksimiarvo 100
 - Työtiloissa käytettävissä lampuissa vähintään 80
- Jos työtehtävässä tarvitaan värien erottamista ja arviointia, valon värin pitää olla kylmää ja värintoistoindeksin vähintään 90

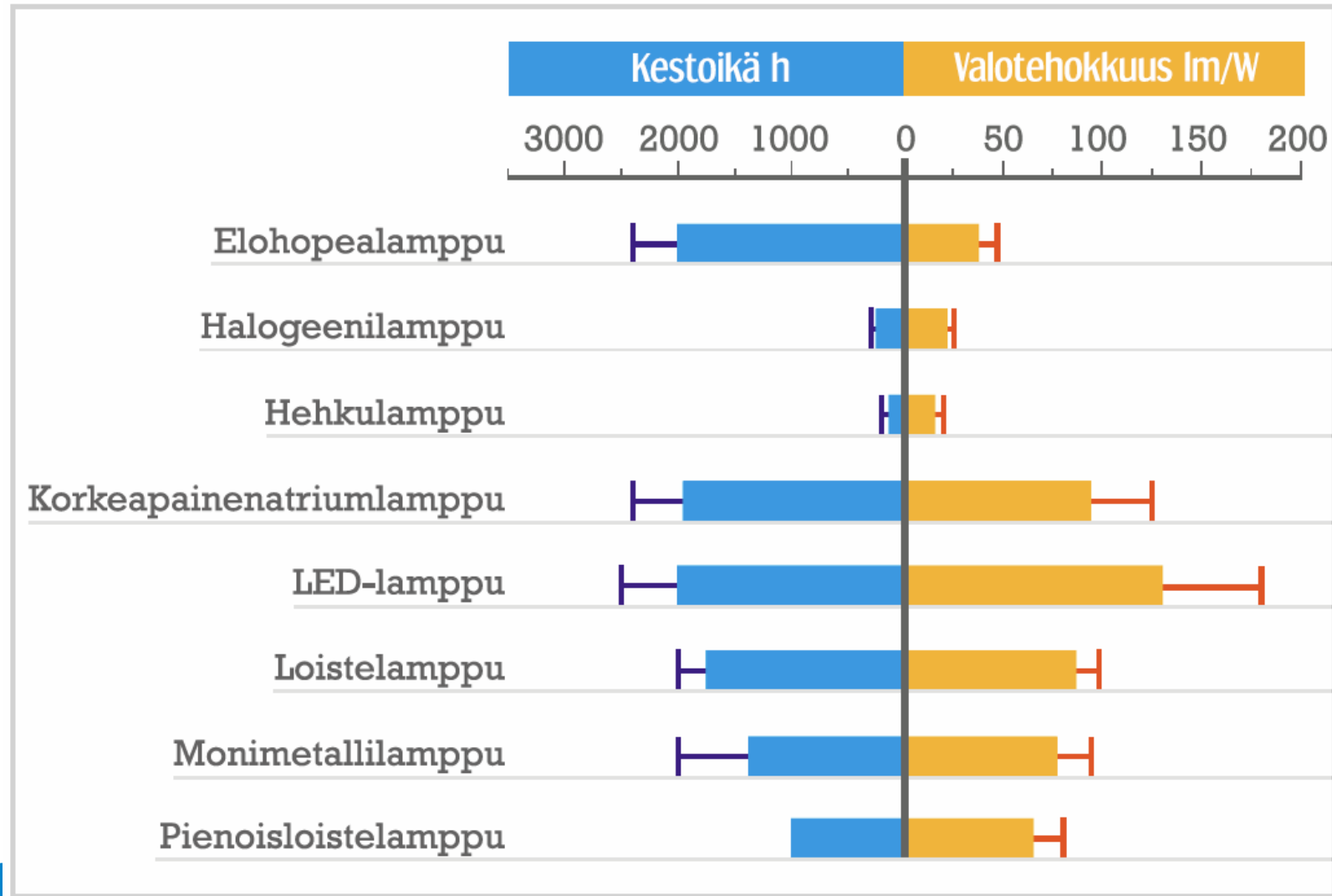
Lampputyypit



Kuva: Halonen, L. & Lehtovaara, J. 1992. Valaistustekniikka. Otatiето Oy, Espoo.

Johtava suomalaisen työn kehittäjä

Lamppujen tyypillisiä kestoikiä ja valotehokkuuksia



Kuva: Ahokas, J., Rajaniemi, M. & Turunen, M. Maatalousrakennusten valaistus. Energiaakatemia. 19 s.

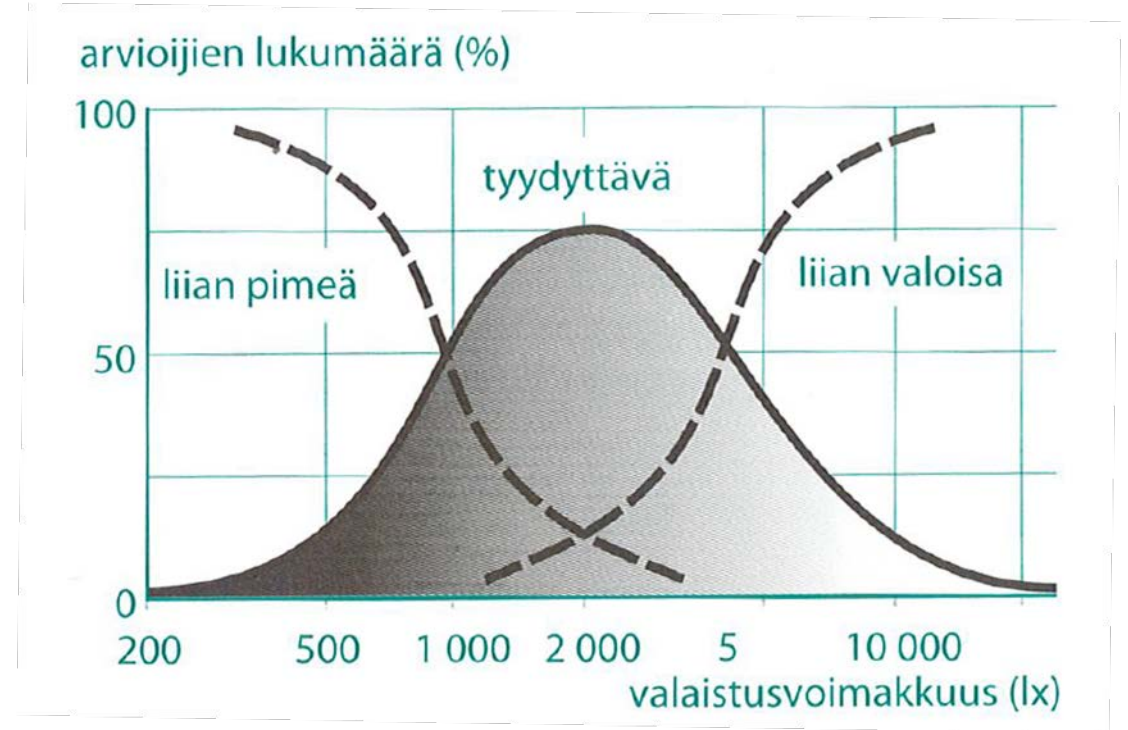
http://www.energiaakatemia.fi/attachments/article/74/Maatalousrakennusten_valaistus_netti.pdf

Valaistus ja yksilöllisyys

- Valon tarpeen kokemisessa suuria yksilöllisiä eroja
- Luonnonvalo tarpeen psyykkisen hyvinvoinnin takia; työtilan valaistuksen toteuttamisessa kuitenkin enemmän haittaa kuin hyötyä
- Ikääntyneet tarvitsevat suurempaa valistusvoimakkuustasoa ja tehokkaampaa häikäisyn estämistä kuin nuoret

⇔ Henkilökohtaisen säädön tarpeellisuus

- Helpoimmin hoidettavissa työpistevalaistuksella
 - Sallii myös joustavammin työpisteiden siirtämisen



Kuva: Launis & Lehtelä. 2011. Ergonomia. TTL. 406 s.

Valaisinten huolto

Valaisinten
(sähkölaitteiden)
kotelointiluokitus

- Valaisinten huoltotyötä pidetään yleisesti (2/3 vastaajista vuosina 2005–2009 välillä tuotantorakennuksen rakentaneilla tiloilla) hankalana
 - Valaisinten korkea sijoitus (kasvanut rakennusten suurentuessa; kotieläinrakennuksista suurin ongelma maito- ja naudanlihatiloilla)
 - Eläinten eristämistarve
 - Liukkaus
 - Ei voi tehdä yksin; työ organisoitava
 - Lantaritilöiden päälle ei voi ajaa painavilla koneilla
- Valtaosassa (3/4) navetoista valaisimet puhdistetaan vain tarvittaessa

IP= International Protection

Ensimmäinen numero eli yleinen suojaustaso:

- 0 = Ei suojausta
- 1 = Suuret ($\varnothing < 50$ mm) kappaleet
- 2 = Keskipokoiset ($\varnothing < 12,5$ mm) kappaleet
- 3 = Pienet ($\varnothing < 2,5$ mm) kappaleet
- 4 = Erittäin pienet ($\varnothing < 1$ mm) kappaleet
- 5 = Pölysuojattu
- 6 = Täydellinen suojaus.

Toinen numero eli vesisuojaus:

- 0 = Ei suojausta
- 1 = Suoraan ylhäältä tuleva vesi
- 2 = Suoraan ylhäältä tuleva vesi, kun testikappale 15 astetta kallellaan
- 3 = Suoraan ylhäältä tuleva vesi, kun testikappale 60 astetta kallellaan
- 4 = Vesiroiskeet
- 5 = Vesisuihku, joka suunnasta
- 6 = Suuri paineinen vesiruisku
- 7 = Hetkellinen upotus veteen
- 8 = Pysyvä upotus

Kuva: Ahokas, J., Rajaniemi, M. & Turunen, M. Maatalousrakennusten valaistus. Energia-akatemia. 19 s.

http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/74/Maatalousrakennusten_valaistus_netti.pdf 16

Energiansäästömahdollisuuksia

- Luonnonvalon hyödyntäminen (ikkunat, valopäädyt, valoharjat, kennolevyt, verhoseinät, avonaiset rakenteet)
- Lampputyypin valinta
- Valaistuksen säätäminen luonnonvalon mukaan (kellokytkimet/hämäräkytkimet)
- Vaaleat ja helposti puhdistettavat sisämateriaalit
- Valaisinten säännöllinen huolto ja puhdistus

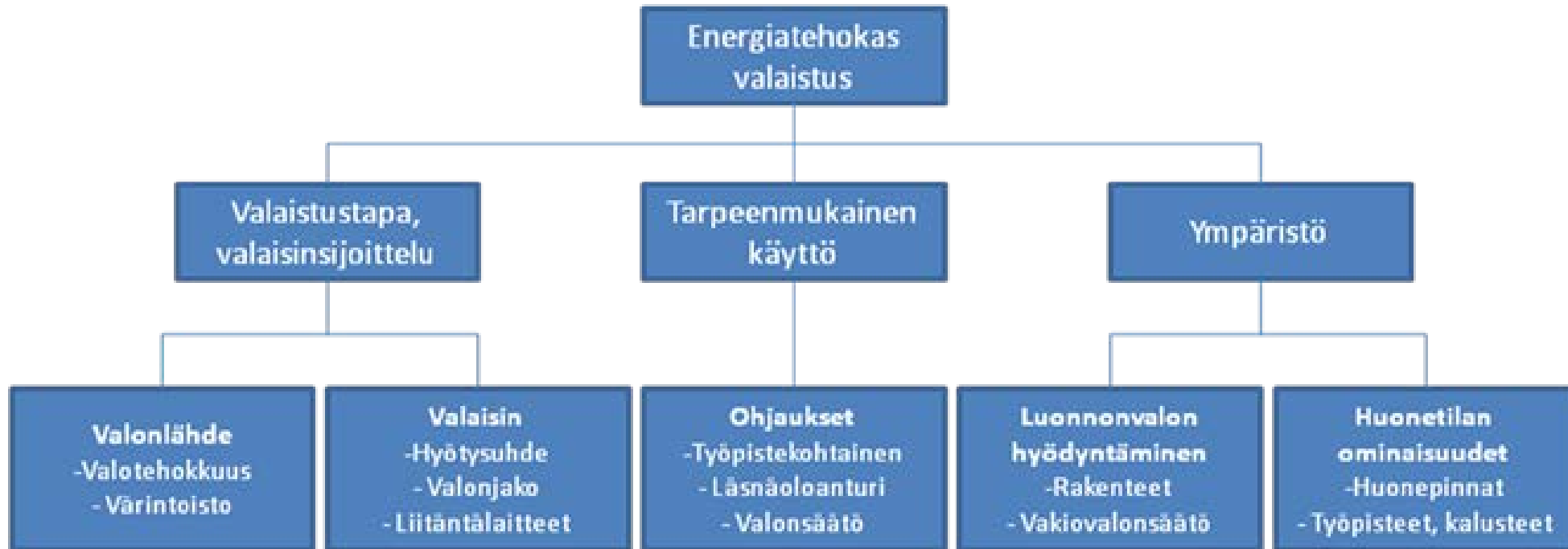


Kuva: Alasuutari, S. 2010. Valaistuksen energiankulutus kotieläintiloilla. TTS Tiedote, maataloustyö ja tuottavuus 6 (625): 1–12.



Kuva: Alasuutari, S. 2011. Kokemuksia tuotantotilojen valaistuksesta kotieläintiloilla. TTS Tiedote, maataloustyö ja tuottavuus 2 (629): 1–8.

Energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät



Lähde: Suomen Valoteknillinen Seura ry. 2008. Valaistushankintojen energiatehokkuus. 35 s.

Lamppujen kierrätys

Lampputyyppi	Minne?	Miksi?
Energiansäästölamput	Sähkö- ja elektroniikkaromun keräyspiste (SER- keräyspisteet)	*Sisältävät pieniä määriä elohopeaa
LED-lamput	SER-keräyspisteet	*Sisältävät elektroniikkaa, ei saa laittaa sekajätteeseen
Loisteputket ja pienloistelamput	SER-keräyspisteet (Vaarallisen jätteen keräyspisteet)	*Sisältävät pieniä määriä elohopeaa
Halogeenilamput	Sekajäte	
Hehkulamput, autojen lamput	Sekajäte	
Valaisimet, jotka sisältävät kiinteän lampun	SER-kierrätyspisteet Vaarallisen jätteen keräyspisteet	

Lähde: SLO. 2015. Huoltomiehen lamppuopas. 20 s.

Maatalouden tuotantotilojen valaistuksen parantamistarpeita

- Ulkotiloihin lisävaloa (14 % vastaajista)
 - 10 %:lta piha-alueen yleisvalaistus puuttui
- Konehalliin lisävaloa (7 % vastaajista)
- Eläintiloihin lisävaloa (7 % vastaajista)
- Lamppujen huono kestävyys tuotantotiloissa
- Energiansäästölamppujen hidas syttyminen kylmässä
- Häikäisyä esiintyy harvoin – yleisin syy halogeenivalot; voi vaikeuttaa myös valvontakameroiden käyttöä
- Korkealla olevien valaisinten puhdistus- ja huoltotyöt sekä lamppujen vaihdot (ongelmallisia 67 % mielestä)
- Valaisinten suojakupujen kiinnitysmekanismit pieniä ja helposti särkyviä

Lähde: Alasuutari, S. 2011. Kokemuksia tuotantotilojen valaistuksesta kotieläintiloilla. TTS Tiedote, maataloustyö ja tuottavuus 2 (629): 1–8.

Valaistusinvestointilaskuri: <http://maatila2020.savonia.fi/>