

Antti Rosi

AJOVALOPOLTTIMOIDEN JA - UMPIOIDEN VERTAILUA

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka


Huhtikuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

| | | | | | |
|--|--|--------------|------------|-------|--|
|  MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences | Opinnäytetyön päivämäärä 2.1.2011 | | | | |
| Tekijä(t) Antti Rosi | Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka | | | | |
| Nimeke Ajovalopolttimoiden ja -umpioiden vertailua | | | | | |
| Tiivistelmä <p>Tässä työssä oli tarkoitus vertailla Bmw E36 korimallin alkuperäistä halogeeniumpiota ja Hellan samaan autoon valmistamaa laillista xenonumpiota. Tarkoitus oli mitata valomittarilla eri umpioiden ja polttimoiden valaistusvoimakkuuksia, vertailla näitä normin mukaisiin arvoihin ja tutkia mahdollista häikäisyä. Erityisen tarkkailun kohteena oli usein maantiellä nähty yhdistelmä, jossa halogeeniumpion kanssa on käytetty xenonmuutossarjaa.</p> <p>Menetelmät-osiossa kerrotaan mittausympäristöstä ja mittausjärjestelyistä. Mittauksia varten rakennettiin mittauspöytä, johon kiinnitettiin ajovaloumpio. Valokuvio heijastettiin seinälle, johon piirrettiin ECE-normin mukainen mittauskuvio mittapisteineen, joista valomittarilla mitattiin ajovalon valaistusvoimakkuuksia.</p> <p>Lopputuloksena voidaan sanoa, että eri valmistajien xenonmuutossarjoilla on suuria eroja laadussa. Sen lisäksi huomataan kuinka valaistusvoimakkuus ylittää vanhalla umpiolla ja ulkona mitatuissa mittauksissa normin mukaiset arvot varsinkin käytettäessä laitonta xenonmuutossarjaa. Lopussa olevassa xenonumpiolla tehdyssä vertailussa nähdään selvästi kuinka xenonpolttimon valaistusvoimakkuus laskee käytön myötä.</p> | | | | | |
| Asiasanat (avainsanat) valaistusvoimakkuus, ECE-normi, häikäisy | | | | | |
| Sivumäärä 42 + 8 liitettä | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table> | Kieli | URN | Suomi | |
| Kieli | URN | | | | |
| Suomi | | | | | |
| Huomautus (huomautukset liitteistä) | | | | | |
| Ohjaavan opettajan nimi Juhani Martikainen | Opinnäytetyön toimeksiantaja | | | | |

DESCRIPTION

| | | |
|--|--|------------|
|  MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences | Date of the bachelor's thesis | |
| Author(s) Antti Rosi | Degree programme and option Automotive and transport engineering | |
| Name of the bachelor's thesis Comparison between light bulbs and headlights | | |
| Abstract <p>The purpose of this thesis was to compare Bmw E36 model original halogen headlights to legal xenon headlights manufactured by Hella. The function was to measure luminous intensity with lightmeter from different headlights and light bulbs, compare results to norms and research possible glare. Main point in my research was the halogen headlight with xenon conversion kit, which can often be seen in traffic.</p> <p>Method section describes the measurement environment and measurement arrangements. Measurement table was built for making a measurement in which headlight was bed. The light pattern was projected onto the wall in which measurement for pattern conformable to ECE-norms was drawn. Headlight light intensity was measured with lightmeter.</p> <p>As a result, there are big quality differences between various manufactures xenon conversion kits. Light intensity exceeds standard values with old headlights in outdoor measurement, especially with illegal xenon conversion kit. Comparison at the end clearly shows how xenon bulb light intensity decreases with use.</p> | | |
| Subject headings, (keywords) light intensity, ECE-norm, glare | | |
| Pages 42 + 8 appendices | Language Finnish | URN |
| Remarks, notes on appendices | | |
| Tutor Juhani Martikainen | Bachelor's thesis assigned by | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | EPD MOTORSPORT | 1 |
| 3 | YLEISTÄ AJOVALOISTA JA POLTTIMOISTA | 3 |
| 3.1 | Valon perusteet | 3 |
| 3.2 | Ajovalojen historia..... | 5 |
| 3.3 | Ajovalotyypit | 6 |
| 3.3.1 | Paraboloidi | 7 |
| 3.3.2 | Heijastinumpio (FF)..... | 9 |
| 3.3.3 | Linssiumpio (DE)..... | 10 |
| 3.3.4 | Super DE..... | 11 |
| 3.4 | Ajovalopolttimot..... | 12 |
| 3.4.1 | Hehkulamppu..... | 12 |
| 3.4.2 | Halogeenilamppu | 14 |
| 3.4.3 | Kaasupurkauslamppu | 14 |
| 3.5 | Valojen hyväksymismerkinnt | 17 |
| 3.6 | Ajovalomääräykset | 19 |
| 4 | MENETELMÄT | 21 |
| 4.1 | Mittauskuviot..... | 21 |
| 4.1.1 | ECE R112 | 21 |
| 4.1.2 | ECE R98 | 23 |
| 4.2 | Mittausympäristö | 25 |
| 4.3 | Mittauspöytä | 27 |
| 4.3.1 | HCR-umpio..... | 29 |
| 4.3.2 | DC-umpio | 30 |
| 4.4 | TES- 1336A valomittari | 30 |
| 5 | TULOKSET | 31 |
| 5.1 | HCR-umpion mittaukset..... | 31 |
| 5.1.1 | 55 W halogeeni | 32 |
| 5.1.2 | 35 W xenonmuutossarjat 4300 K, 6000 K ja 8000 K..... | 33 |
| 5.2 | DC- umpion mittaukset..... | 36 |
| 5.2.1 | Uuden ja vanhan 4300 K polttimon vertailu..... | 36 |
| 5.2.2 | Philips 6000 K ja CN 6000 K | 38 |

| | | |
|---|---------------|----|
| 6 | POHDINTA..... | 39 |
| | LÄHTEET..... | 41 |

LIITTEET

- 1 Halogeeniumpion mittaustulokset
- 2 Xenonumpion mittaustulokset

1 JOHDANTO

Nykyään monessa Internetissä toimivassa autonvaraosiin erikoistuneessa verkkokaupassa myydään autoihin asennettavia xenonjälkiasennussarjoja. Jälkiasennussarjan polttimo asennetaan alkuperäisen halogeenipolttimon tilalle, jolloin auton alkuperäiselle halogeeniajovaloumpiolle ei tarvitse tehdä mitään muita muutoksia. Internetsivuilla mainitaan, että sarjat eivät sovellu sellaisenaan tieliikennekäyttöön tai ne ovat tarkoitettu vain maastokäyttöön. Kuitenkin maantiellä tulee vastaan lähes päivittäin autoja, joissa selvästi on asennettu halogeeniumpioihin xenonjälkiasennussarja ja useimmiten tämän laittoman yhdistelmän huomaa vastaantulevasta epäselvästä valokuvioista tai häikäisystä.

Autooni on asennettu muutama vuosi sitten laillinen xenonsarja umpioineen ja valopesureineen. Varastoon oli kuitenkin jäänyt alkuperäiset halogeeniumpiot autosta, joihin päätin alkaa testata erilaisia xenonmuutossarjoja ja verrata tätä laitonta yhdistelmää ja laillista umpiota polttimoineen. Mittauksia varten polttimoita lainasi Hyvinkäällä sijaitseva EPD Motorsport -firma.

Mikkelin ammattikorkeakoulussa auton sähkövarusteet -kurssilla tehtiin samantyylinen harjoitustyö, jossa ensin suunnattiin auton ajovalot, piirrettiin mittakuvio seinään ja alettiin mitata aina yhden lähi- ja kaukovalon valaistusvoimakkuutta valomittarilla seinässä olevista mittapisteistä. Näitä arvoja vertailtiin ECE-R112 halogeeniumpion normin mukaisiin sallittuihin luksiarvoihin. Tässä työssä jouduttiin halogeeniumpion normien tutkimisen ja mittakuvion piirtämisen lisäksi tekemään erillinen mittakuvio xenon-hyväksytyille umpioille ja selvittämään ECE-R98 normin mukaiset sallitut valaistusvoimakkuusarvot.

2 EPD MOTORSPORT

Epd Motorsport on Hyvinkäällä toimiva autovalot tuotteisiin erikoistunut yritys. Yritys on toiminut kohta kymmenen vuoden ajan verkkokauppana, tosin yrityksen nimi on vaihtunut vuosien aikana. Nykyään tuotevalikoimaan kuuluu xenon jälkiasennusvaloja aina muutossarjoista yksittäisiin polttimoihin sekä erilaisia muita valoihin liittyviä lisävarusteita, kuten ajovalopesureita, adapttereita ja johtosarjoja. Näiden lisäksi vali-

koimista löytyy xenon-käsivalaisimia ja led-polttimoita. Automerkkikohtaisissa tuotteissa yritys on erikoistunut Bmw:n erilaisiin valoratkaisuihin ja uusien ohjauspyörien myyntiin ja vanhojen uudelleen verhoiluun. Paikanpäällä Hyvinkäällä firma myy yksinoikeudella Suomessa V-tech-tuotteita. V-tech-tuotteet ovat kokonaan uusia moottorinohjainlaitteita, joihin käyttäjä voi valita haluamiaan ominaisuuksia ja ne ohjelmoidaan Hyvinkäällä. Sen lisäksi myös auton alkuperäisen moottorinohjainlaitteen ohjelmointi onnistuu Epd Motorsportin tiloissa. Asiakkaan autolle tehdään tehon mittaus tehopenkissä ennen ja jälkeen ohjelmoinnin. /1./

Kovan kilpailun vuoksi Epd Motorsport on keskittynyt myymään Kiinan markkinoilta TC-(TaiChang) ja CN-(Cnlights) merkkisiä polttimoita. Yrityksen omien testien ja 10 vuoden aikana tulleen asiakaspalautteen mukaan nämä kaksi valmistajaa ovat parhaita kiinalaisia valmistajia. Kalleimpia polttimoita edustaa Philipsin patentoitu xenonpoltin valikoima. /1./

Epd Motorsport myy kolmea erilaista xenon-jälkiasennussarjakokoonpanoa. Perussarja on tarkoitettu vanhempiin 90-luvun autoihin, joissa ei ole niin paljon herkkää teknologiaa. Syttymisnopeus on selvästi hitaampi kuin laadukkaimmissa sarjoissa. Sarjassa käytetään kiinalaisen TC-valmistajan polttimoita ja MDE-merkkisiä muuntajia. Yrityksen myymät laatusarjat saavuttavat parempien komponenttien vuoksi nopeamman syttymisen ja tasaisemman virransyötön. Sarjassa käytettävät Hyluxtekin muuntajat lähettävät vähemmän sähkömagneettista säteilyä kuin perussarjassa olevat muuntajat. Laatusarjassa käytetään CN:n polttimoita, joissa ksenonkaasun määrä on suurempi kuin halvemmissä TC:n polttimoissa. Tällöin polttimossa olevaa kokonaisilmanpainetta voidaan pienentää, mikä taas valmistajan mukaan lisää polttimon kestoikää. CN:n polttimoissa käytetään peltikantaa, kun taas perussarjan polttimoissa muovista valmistettua kantaa. Peltikanta toimii paremmin, koska se on ohuempi kuin muovinen polttimon kanta ja ei aiheuta niin paljon ongelmia polttimon kiinnityksessä umpioon. Kalleimpana sarjana yritykseltä löytyy Canbus-väyläsarja, joka on tarkoitettu uusimpiin autoihin, jossa on ajovalojenohjainlaite. Ajovalojenohjainlaite valvoo polttimoiden kuntoa mittaamalla virran kulutusta. Xenonpolttimoiden virran kulutus on pienempi kuin normaalin halogeenipolttimon, ja tästä syystä ajovalojenohjainlaite väittää polttimon olevan rikki. Canbus-sarjassa muuntajien syttymisnopeus on saatu korotettua

halogeenipolttimon tasolle ja sisäisten vastusten ansiosta tätä vikailmoitusta ei tule.
/1./

Ennen opinnäytetyön aloittamista aloin etsiä Internetistä firmaa, joka myy xenon muutosarjoja ja polttimoita suhteellisen läheltä Lapinjärveä, jossa mittaukset on tehty. Epd Motorsport tuli nopeasti vastaan pienellä Internetin selaamisella ja otin firmaan yhteyttä, olisiko heillä kiinnostusta lainata tavaroita opinnäytetyötä varten. Työssä tarvittiin eri värilämpötiloilla olevia H7-kantaisia muutosarjoja ja D2S-kannalla olevia eri värilämpötilalla varustettuja polttimoita. Pääsimme sopimukseen nopeasti, koska ostin itselleni käyttöön yhden muutosarjan ja lupasin mittaustulokset heidän käyttöönsä.

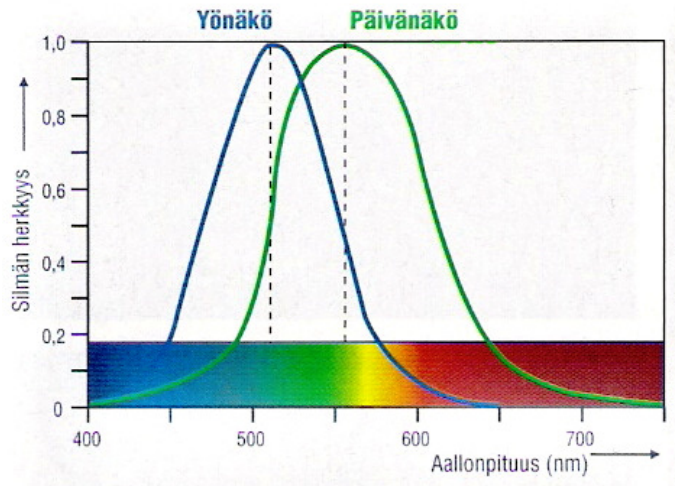
3 YLEISTÄ AJOVALOISTA JA POLTTIMOISTA

Tämän kappaleen alussa käydään lyhyesti läpi fysiikassa käytettyjä valaistukseen liittyviä suureita. Sen jälkeen kerrotaan ajovalojen historiasta ja erilaisista ajovalotyypeistä ja niissä käytettävistä polttimoista. Kappaleen lopussa kerrotaan ajovaloista löytyvistä hyväksymismerkinnoista ja Suomen ajovalomääräyksistä.

3.1 Valon perusteet

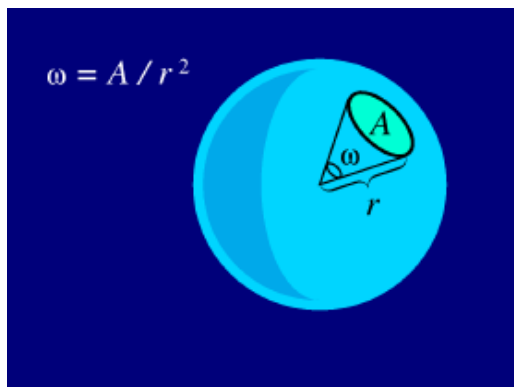
Fotometria on fysiikan osa-alue, mikä käsittelee valaistukseen liittyviä suureita ottaen huomioon silmän erilaisen herkkyuden eri aallonpituiselle valolle. Valovoima I on fotometriaan liittyvän SI-järjestelmän perussuure. Valovoiman yksikkö $[I]$ on cd, kandela, ja se kuvaa valon voimakkuutta tarkastelusuunnassa siten, että siinä on otettu huomioon silmän spektriherkkyys. /2, s. 254–255./

Ihmissilmä havaitsee eri värejä eri tavalla. Päivällä, hyvässä valaistuksessa silmä on herkin valolle, jonka aallonpituus on 555 nm. Tämä on vihreän ja keltaisen sävyistä valoa. Pimeällä, kun valoja tarvitaan, silmä alkaa erottaa paremmin lyhytaaltoisempaa sinistä valoa. Kuvassa 1 on esitetty silmän spektriherkkyyskäyrät eli silmän herkkyys valolle aallonpituuden funktiona päivänvalossa ja hämärässä. /2, s. 254–255./



KUVA 1. Silmän herkkyys valon aallonpituuksille /3/

Valaistussuureiden määrittelyyn tarvitaan kolmiulotteinen kulma, jota kutsutaan avaruuskulmaksi Ω (kuva 2). Avaruuskulma määritellään kyseisen kulman pallosta leikkaaman pinnan pinta-alan A ja pallon säteen r neliön suhteena (yhtälö 1). Avaruuskulman yksikkö [Ω] on sr, steradiaani ja koko avaruus vastaa avaruuskulmaa 4π sr. /2, s. 254–255./



KUVA 2. Avaruuskulma /4/

$$\Omega = \frac{A}{r^2}, \quad (1)$$

missä r pallon säde ja A pallon pinnalla oleva pinta-ala.

Valovirta puolestaan kertoo, kuinka paljon näkyvää valoa valonlähde säteilee kokonaisuudessaan. Valovirta saadaan kertomalla valovoima I avaruuskulmalla (yhtälö 2). Valovirran yksikkö [Φ]= lm, lumen. /2, s. 255–256./

$$\Phi = I * \Omega \quad (2)$$

missä I on valovoima ja Ω avaruuskulma.

Se, miten hyvin jokin esine on nähtävissä, riippuu valaistuksesta. Valaistusvoimakkuus on pinnalle osuva valovirta pinta-alayksikköä kohden (yhtälö 3). Valaistusvoimakkuuden yksikkö on lm/m^2 eli lx, luks. /2, s. 256/

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (3)$$

missä Φ on valovirta ja A pinta-ala.

3.2 Ajovalojen historia

Ensimmäiset ajoneuvon ajovalot esiteltiin 1880-luvun aikana ja niiden toiminta perustui asetyleenin tai öljyn avulla palavaan valonlähteeseen, kuten kaasulamppu. Ajovalo oli tyypillisesti avoin lyhty heijastavalla peilillä ja sen keskellä oli valonlähde. Valoteho oli huono ja avoimen rakenteet takia ajovalot olivat todella herkkiä sääilmiöitä vastaan ja ne päätettiin nopeasti korvata sähköisillä lampuilla. /5; 6./

Ensimmäisenä sähköiset ajovalot kehitti Hartfordissa sijainnut Columbia autotehdas sähköautoon vuonna 1898. Näissä ajovaloissa ei edelleenkään ollut linssiä suuntaamassa valoa ja niiden hehkulanka meni helposti poikki huonokuntoisilla teillä tärinästä. Sähköiset ajovalot tulivat pian myös polttomoottorilla toimiviin ajoneuvoihin mutta valot olivat heikot, koska tähän aikaan autoissa virran tuotti dynamo eikä laturi, kuten nykyaikana. /5; 6./

Seuraava kehitysaskel olivat ajovalot suuntaavalla linssillä, jotka esitteli Corning-lasiyhtiö New Yorkista vuonna 1910. Hella oli yrittänyt tehdä tätä samaa jo asetyleenilamppujen kanssa, mutta yritys epäonnistui. Seuraava kehitysaskel ajovaloissa oli lähivalo, jolla saatiin suunnattua valokuvio paremmin tiehen ja pois vastaantulijan silmistä. Guide Lamp-yhtiö kehitti ensimmäisenä lähivalon 1915, mutta tässä versiossa

kuljettavan täytyi astua ulos autosta ja säätää itse lähivalo kohdilleen. 1917 Cadillac paransi systeemiä, niin että lähivalo säädettiin kohdilleen sisätilassa olevalla katkaisijalla. /5; 6./

Kahdella hehkulangalla toimivan polttimon esitteli Bilux vuonna 1924. Kahdella hehkulangalla saatiin aikaan sekä lähi- että kaukovalo. Kolmen vuoden päästä tästä kehitettiin kaukovalon katkaisija, joka toimi vielä tässä vaiheessa jalkakäyttöisesti. Ensimmäiset halogeenipolttimolla toimivat ajovalot esiteltiin Euroopassa jo 1962, ja ne yleistyivät nopeasti, mutta Yhdysvalloissa käytettiin suljettuja ei-halogeeniumpioita vuoteen 1978 asti. Suljetussa umpiossa ei voida vaihtaa umpioon yksittäistä osaa, vaan esimerkiksi polttimon palaessa joudutaan vaihtamaan koko umpio. /5; 6./

Ensimmäiset kaasupurkauslamput (HID) toimivat ajovalot esiteltiin Euroopassa vuonna 1991 Bmw 7-sarjassa. Kaasupurkausvaloilla saatiin tuotettua vielä enemmän valoa halogeenipolttimoihin verrattuna. Ensimmäinen HID-järjestelmällä toteutettu auto Amerikan markkinoilla esiteltiin vasta vuonna 1996, ja se oli Lincoln Mark 8. /6./

Seuraava askel autotekniikan valaistuksessa tulevat olemaan ledeillä toteutetut ajovalot. Näillä saadaan aikaan pienempi sähkönkulutus, mutta niiden kallis hinta on vielä tällä hetkellä suurin ongelma niiden yleistymisessä ajovaloina. Lexus LS600 oli vuonna 2008 ensimmäinen auto, jossa käytettiin Led-tekniikkaa valoissa. Lexusessa sivuvilkut sekä parkki- ja takavalot olivat toteutettu ledejä hyväksi käyttäen. /6./

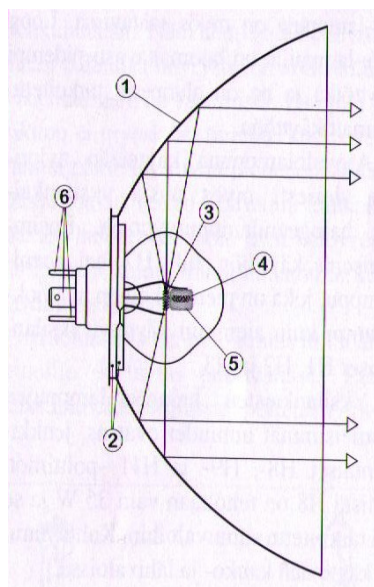
3.3 Ajovalotyypit

Vanhempien autojen halogeenivalaisimet on toteutettu yleensä paraboloidijärjestelmällä tai normaalilla linssiumpiojärjestelmällä (DE). Uudemmissa autoissa käytetään halogeenivalaisimien yhteydessä FF-järjestelmää, jossa valokuvio luodaan monimuotoisen heijastimen avulla. Maantiellä vastaantulevasta liikenteestä voidaan nykypäivänä huomata, että uusien autojen xenonvalaisimet on toteutettu useimmiten linssiumpio (Super De) periaatteella, kuten näissäkin mittauksissa käytetyssä Hellan valaisimessa. Valaisimesta saadaan tällöin mahdollisimman pienikokoinen, ja siinä käytettävän häikäisysojan avulla saadaan valaistusvoimakkuudeltaan tehokkaampi xenonvalo suunnattua niin, että se ei häikäise.

Valonheitinjärjestelmän tulee taata kuljettajalla hyvä näkyvyys ja vastaantulijalle minimaalinen häikäisy. Polttimosta lähtevä valo suunnataan halutulla tavalla valaisimes-
sa olevan heijastimen avulla. Valonheittimet jaetaan heijastaja- ja projektorijärjestel-
miin, joista kerrotaan seuraavaksi tarkemmin. /7./

3.3.1 Paraboloidi

Ajovalojen heijastinpintana käytetään parabolista peiliä. Alapuolella olevassa kuvassa 3 on esitetty parabolisella heijastimella varustettu ajovalo, jossa kuvataan kaukovalon valonsäteet. Kuvassa valo on kuvattu ylhäältä päin. /8, s. 302./

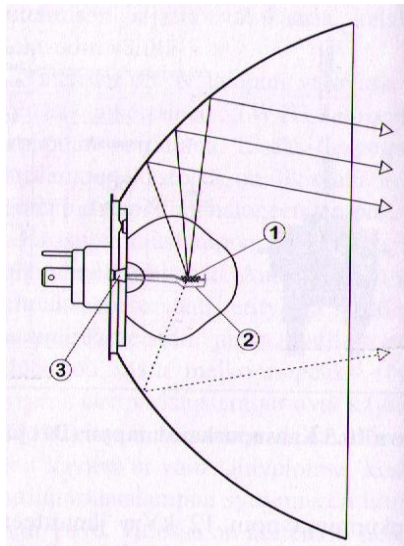


1. Parabolinen heijastin.
2. Ohjainolakkeet.
3. Kaukovalon hehkulanka.
4. Lähivalon hehkulanka.
5. Kauha.
6. Pistokkeet johtoliittimiä varten.

KUVA 3. Parabolinen kaukovalo /8, s. 302/

Parabolisella heijastimella varustettu ajovalo suuntaa kaikki valonsäteet keskiakselin-
sa suuntaisesti, kun valonlähde asetetaan polttopisteeseen. Kuvassa kaukovalojen heh-
kulanka (3) asettuu parabolisen heijastimen polttopisteeseen, jolloin valo pääsee es-
teettä koko heijastimeen ja suuntautuu suoraan eteenpäin.

Kaukovalojen hehkulangan edessä eli polttopisteen etupuolella sijaitsee lähivalon
hehkulanka (4). Kun valonlähde sijoitetaan parabolisen heijastimen polttopisteen
eteen, suuntautuu siitä lähtevä valo heijastimesta kohti heijastimen keskiakselia. Ku-
vassa 4 on merkitty nuolilla lähivalon toiminta ja kuva on ajovalon sivulta. /8, s. 302./

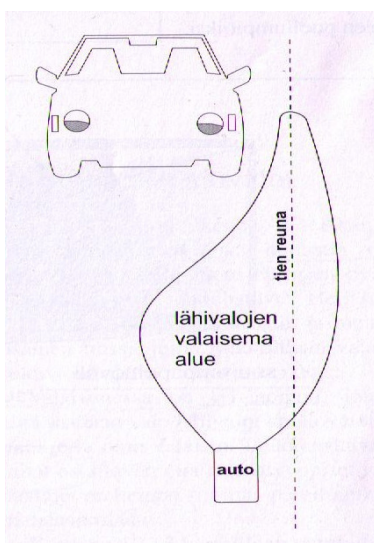


1. Lähivalon hehkulanka.
2. Kauha.
3. Ohjainlovet.

KUVA 4. Lähivalo /8, s. 302/

Lähivalon hehkulangan alle on pantu pieni heijastin eli kauha (2). Tämä kauha estää valon pääsyn heijastimen alaosaan ja siitä syntyvän häikäisyn. Kuvassa 4 on osoitettu katkoviivalla, kuinka alaosaan päätyvä valo suuntautuu. /8, s. 303./

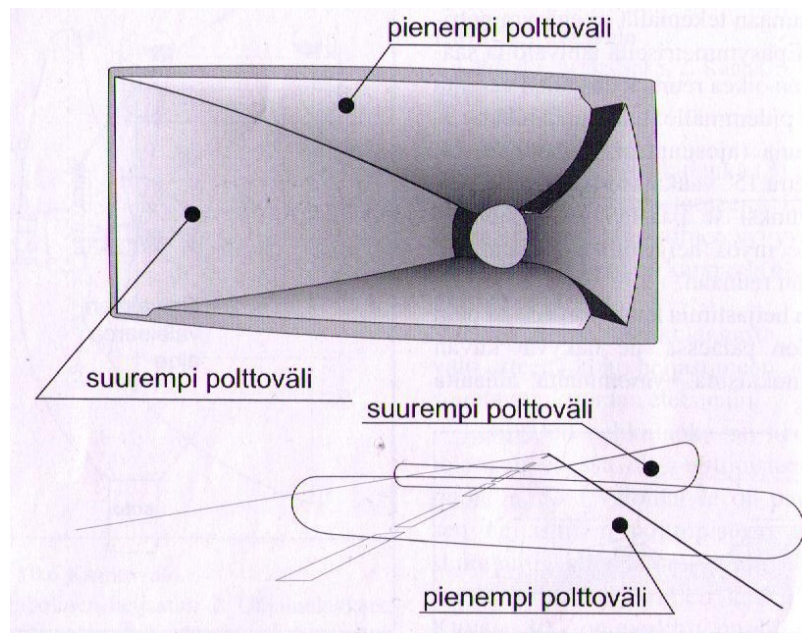
Koska lähivalo ei saa häikäistä vastaantulijaa, mutta sen pitäisi valaista mahdollisimman pitkälle, on sitä parannettu tekemällä se epäsymmetriseksi. Tällä ratkaisulla saadaan tien oikea reuna valaistuksi vasenta reunaa pidemmälle. Epäsymmetrisyys saadaan aikaan kallistamalla lampun kauhan vasenta reunaa, jolloin se päästää valoa pienelle alueelle myös heijastimen alaosan vasempaan reunaan. Seuraavassa kuvassa 5 on esitetty epäsymmetriset lähivalot edestä ja ylhäältä katsottuna. /8, s. 303./



KUVA 5. Epäsymmetriset ajovalot /8, s. 303/

Paraboloidivalonheittimen valokuvio ei sellaisenaan sovi tien valaisuun, vaan sitä joudutaan muotoilemaan heijastimen edessä olevalla hajottimella. Hajotin on optisesti oikein muotoiltu lasi, ja siinä olevat kuviot aikaansaavat oikean tyyppisen valo-kauman. Hajotinlasi suojaa myös heijastinta ja lamppua lialta ja muilta tieltä sinkoilevilta esineiltä. /8, s. 303–304./

Joissakin automalleissa paraboliselle heijastimelle voi jäädä niin vähän tilaa korkeussuunnassa, ettei heijastin kykene muodostamaan riittävää valaistuskuviota lähivaloilla. Matalaan henkilöauton keulaan sijoitettavan ajovalon ominaisuuksia parannetaan käyttämällä parabolista kaksoisheijastinta, joka muodostuu kahdesta parabolisesta osiheijastimesta, joilla on yhteinen polttopiste, mutta eri polttoväli. Tällöin lähivalosta muodostetaan suuremman polttovälin heijastimella lähivalokuvion yläosa ja pienemmän polttovälin heijastimella suunnataan valoa eteen ja sivuille. Kuvassa 6 on esitetty parabolinen kaksoisheijastin ja sen valaistuskuviot. /8, s. 304./



KUVA 6. Parabolinen kaksoisheijastin /8, s. 304/

3.3.2 Heijastinumpio (FF)

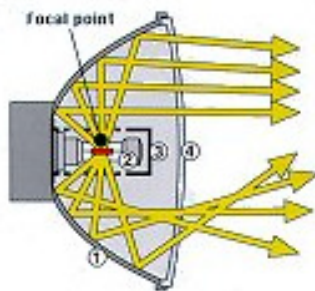
Heijastinumpion heijastinpinta koostuu monista pienistä tarkkaa tietokoneella määritellyistä peilipinnoista. Tällä tavoin on mahdollista toteuttaa portaaton heijastimen

muoto, joka ei ole parabolinen. Alla olevassa kuvassa 7 heijastaja on jaettu segmentteihin, jotka valaisevat tien eri alueita. /9./



KUVA 7. FF-valonheittimen heijastajapinnan segmentit edestä katsottuna /9/

Heijastinpinnat on suunniteltu edellä olevassa esimerkissä niin, että valo suuntautuu kaikista heijastinsegmenteistä alas tielle. Heijastinpinnat saavat aikaan valon taittumisen ja hajavalon, jolloin on mahdollista käyttää ajovaloissa laseja ilman minkäänlaista optiikkaa. Lasin varustaminen optiikalla eli kuvioinnilla riippuu siis suuresti heijastajan ominaisuuksista. Seuraavassa kuvassa 8 on esimerkki valon taitumisesta ja heijastumisesta heijastinpinnan kautta. /9./

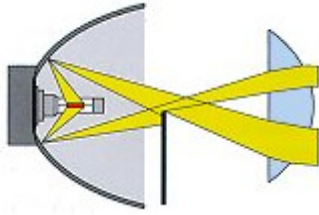


1. Heijastaja.
2. Valonlähde.
3. Häikäisysoja.
4. Lasi.

KUVA 8. Valon taituminen ja hajaantuminen heijastinpinnan kautta /9/

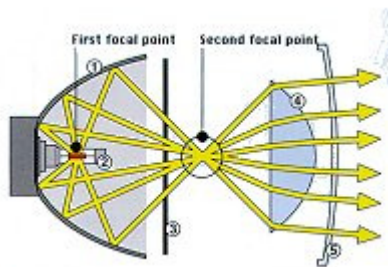
3.3.3 Linssiumpio (DE)

Linssiumpiosta käytetään usein nimitystä projektorijärjestelmä, koska se toimii kuten diaprojektori. Tässä umpiossa valon purkauspinta-ala voi olla vain 28 cm^2 , mutta silti se mahdollistaa saman valojakauman kuin suurilla heijastimilla varustetut valonheittimet. Se saavutetaan tietokoneohjelmalla lasketulla ellipsinmuotoisella heijastimella ja projisointioptiikalla (DE). Häikäisysoja projisoi tarkasti valoisa-pimeä-ajan ja rajaa valojakauman. Seuraavassa kuvassa 9 tilanne käy paremmin ilmi. /10/



KUVA 9. Häikäisysuojan aikaansaama valoisa-pimeä-raja /10/

Linssiumpiossa käytettävä ellipsin muotoinen heijastin vastaanottaa polttimon tuottaman valon ja keskittää sen toiseen polttopisteeseen, joka näkyy seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 10. Linssi (4) toimii objektiivina ja tuottaa valon tielle. /10./



1. Heijastaja.
2. Valonlähde.
3. Häikäisysuoja.
4. Linssi.
5. Lasi.

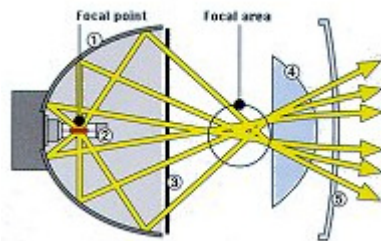
KUVA 10. Linssiumpion valonsäteiden kulku /10/

3.3.4 Super DE

Super DE- ja DE-valonheittimet perustuvat molemmat projektorijärjestelmään ja toimivat melkein samalla tavalla. Erona Super DE-järjestelmässä on heijastin, joka on suunniteltu aikaisemmin esiteltyä FF-tekniikkaa hyväksi käyttäen. FF-tekniikan hyväksikäyttö mahdollistaa paremman ajoradan reunojen valaisun ja leveämmän valokuvion. /11./

FF-tekniikalla suunniteltu heijastaja kokoaa mahdollisimman suuren määrän ajovalo-polttimon kehittämästä valosta. Valo suuntautuu niin, että mahdollisimman suuri osa siitä lankeaa häikäisysuojalle ja siitä linssille, kuten aikaisemmin esitellyssä kuvassa 9. /11./

Heijasta ottaa vastaan polttimon tuottaman valon ja keskittää sen polttotilaan. Tämän seurauksena häikäisysuojan korkeudelle syntyy valojakauma, jonka linssi suuntaa tielle. Alla oleva kuva 11 kertoo paremmin tilanteesta. /11./



1. Heijastaja.
2. Valonlähde.
3. Häikäisysuoja.
4. Linssi.
5. Lasi.

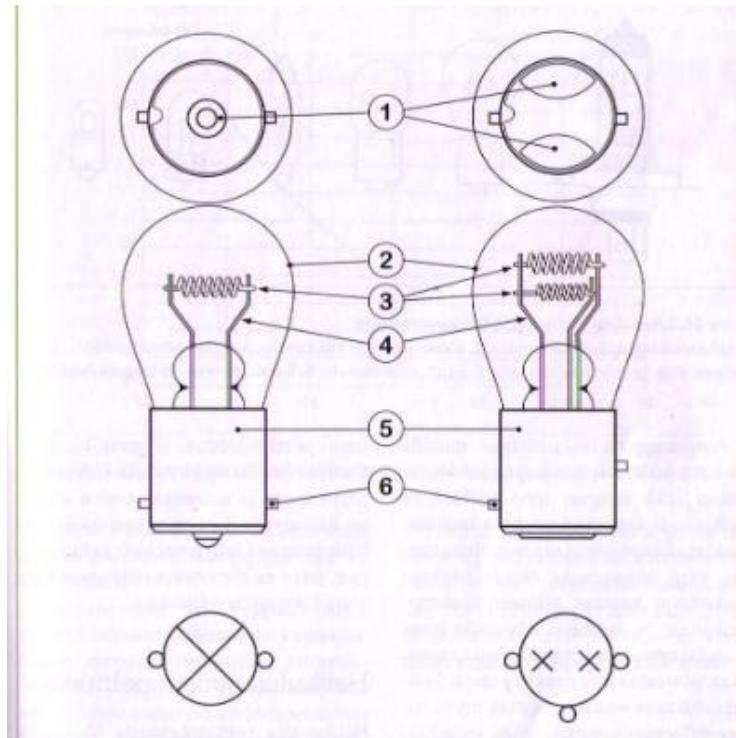
KUVA 11. Super DE-umpion säteiden kulku ja valon keskittyminen polttotilaan /11/

3.4 Ajovalopolttimot

Seuraavassa kappaleessa esitellään hehkulampan, halogeenilampun ja kaasupurkauslampun toimintaperiaate. Oikeaa lamppua valittaessa pitää muistaa aina ottaa huomioon sen käyttötarkoitus ja malli. Lampun kantaan on aina merkitty nimellisjännite ja sähköteho, jotka helpottavat oikean lampun valitsemista. Halogeeniajovalopolttimoisissa käytetään edessä aina H-kirjainta, esimerkiksi mittauksissa käytetyssä ajoneuvossa H7. Kaasupurkauspolttimoiden yhteydessä käytetään D1S-, D2S-tai D2R-merkintää.

3.4.1 Hehkulamppu

Lähes kaikissa moottoriajoneuvojen valaisimissa käytetään valonlähteenä hehkulamppua. Kuva 12 esittää hehkulampan rakennetta ja siinä on kuvattu myös lamppujen piirrosmerkit. Vasemmanpuoleisesta lampusta saadaan yksi ja oikeanpuoleisesta kaksi eri valoa, joilla on erilainen valaistusvoimakkuus. /8, s. 296./



Lamppujen osat: 1. Kosketinnastat, 2. Lasikuvut, 3. Hehkulangat, 4. Johdikkeet eli langan pitimet, 5. Lamppujen kannat, 6. Pidinnastat

KUVA 12. Hehkulampun rakenne /8, s. 297/

Hehkulampun väri syntyy hehkulangassa (3), joka on tehty volframimetallista. Johdetaessa langan läpi sähkövirtaa se kuumenee, ja lämpötilan noustessa tarpeeksi suureksi se alkaa hehkua. Aluksi valo on punertavaa, mutta hehkulampun normaalissa lämpötilassa, joka on yli 1500 °C, se hehkuu kirkkaan valkoisena. Hehkulampun kuluttamasta sähköenergiasta vain pieni osa muuttuu valoksi, ja suurin osa siitä kuluu lämpösäteilyä. /8, s. 296./

Sähkövirta johdetaan hehkulangan läpi kosketinnastojen (1), johdikkeiden (4) ja lampun metallisen kannan (5) kautta. Hehkulankoja suojaa lasikupu, jonka sisältä on poistettu ilma ja laitettu tilalle suojakaasua. Suojakaasu on vetyä, argonia tai kryptonaa. Pienimmissä lamputta voi olla tyhjiö. Jos lasikuvun sisällä olisi pelkkää ilmaa, palaisi hehkulanka lyhyessä ajassa rikki. Lampun kannassa on pidinnastat (6), joiden avulla se pysyy paikallaan valaisimessa olevassa lampun pitimessä. Kuvassa 12 olevassa oikeanpuoleisessa lampussa pidinnastat eivät ole samalla korkeudella, koska tällöin lamppu voidaan asentaa vain yhteen asentoon ja lampussa hehkuu aina se lanka, jonka alkuperäisen kytkennän mukaan halutaan kulloinkin hehkuvan. /8, s. 296./

Hehkuvasta volframilangasta höyrystyy jatkuvasta vähän ainetta. Höyrystynyt volframi tarttuu vähitellen lasikuvun sisäpintaan. Tämän seurauksena hehkulanka vähitellen ohenee ja lampun lasikupu tummuu. Nämä molemmat ilmiöt vähentävät lampun valon voimakkuutta. Lopulta hehkulanka heikkenee tarpeeksi, se sulaa poikki ja lamppu on uusittava. /8, s. 298./

3.4.2 Halogeenilamppu

Hehkulampun valon voimakkuutta voidaan lisätä korottamalla hehkulangan lämpötilaa, mutta samalla lampun polttoikä lyhenee. Halogeenilampun polttoikä normaaliin hehkulamppuun verrattuna on pidempi, vaikka valon voimakkuus samalla sähköteholla on kaksinkertainen. Nykyaikana halogeenilamppuja käytetään ajo- ja sumuvaloissa. /8, s. 299–300./

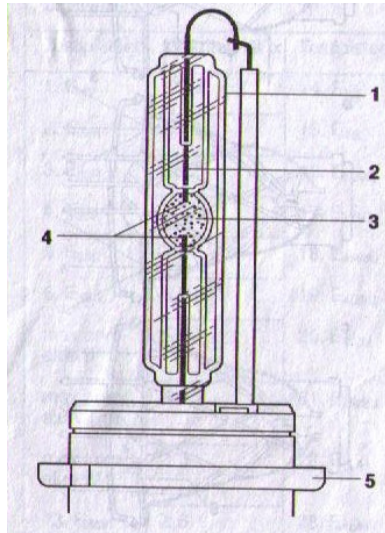
Halogeenilampun hehkulangan lämpötila on noin 3000 °C. Korkean lämpötilan vuoksi suojalasi on tehty kvartsilasista ja volframista tehty hehkulanka on normaalia paksumpi. Kuvun sisällä on suojakaasun lisäksi jodia, bromia tai fluoria, jotka kuuluvat erittäin herkästi toisiin aineisiin yhtyvien halogeenien ryhmään. /8, s. 300./

Halogeenilampussa hehkulangasta höyrystyvä volframi yhtyy lasikuvussa olevan halogeenin kanssa muodostaen uutta ainetta. Kun syntynyt uusi aine joutuu kosketuksiin hehkuvan volframin kanssa, se luovuttaa sisältämänsä volframin takaisin hehkulankaan. Näin lampussa oleva halogeeni palauttaa höyrystyvän volframin ja vähentää lampun kulumista. Lampun lasikupu ei myöskään tummu niin paljon kuin tavallisessa hehkulamppussa, koska volframia ei pääse niin paljon halogeenin läpi. /8, s. 300./

3.4.3 Kaasupurkauslamppu

Kaasupurkauslampun palaminen eroaa merkittävästi halogeenipolttimosta. Kaasupurkauslampussa poltetaan kahden elektrodin välissä valokaarta hehkulangan hehkuttamisen sijaan. Kaasupurkauspolttimossa on kaasusäiliö, joka täytetty ksenon-kaasulla. Kun kaasusäiliön läpi johdetaan voimakas sähkövirta, alkaa sen seurauksena syntyvä valokaari hehkua hyvin kirkasta valoa. Tätä tekniikka käytetään ajoneuvojen xenonva-

lojen polttimoissa ja usein käytetty tekninen ilmaisu xenonvalaisimista on High Intensity Discharge (HID). Alapuolella olevassa kuvassa 13 on kaasupurkauslampun rakenne. /12./



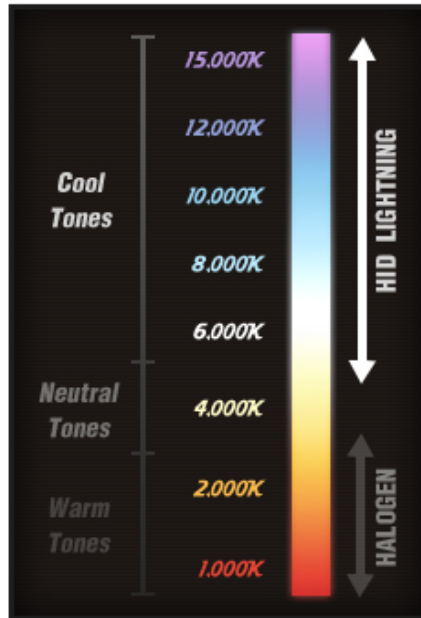
Lampun osat: 1 UV-suojakupu, 2 elektrodin eristin, 3 kaasupurkaustila, 4 elektrodit, 5 lampun kanta

KUVA 13. Kaasupurkauslampun rakenne /13. s. 818/

Ajoneuvon normaalit jännitteet 12 V ja 24 V eivät riitä kaasun sytyttämiseen tai hehkun ylläpitämiseen. Tätä varten kaasupurkauslamppu tarvitsee ballastin eli muuntajan, joka muuntaa auton laturin tuottaman tasavirran kaasupurkauslampun käyttämäksi vaihtovirraksi. Muuntaja kehittää kaasuseoksen syttymiseen tarvittavan noin 25 000 V jännitteen muutamassa millisekunnissa. Kaasuseoksen syttyä muuntaja laskee jännitteen noin 85 V ja hetkellisesti korotetun virran noin 2,6 A. Jatkuvassa käytössä virran kulutus on noin 0,4 A. /12; 13, s. 818./

Normaalin halogeenipolttimon teho on 55 W ja xenonpolttimon 35 W, mutta silti xenonpolttimon tuottama valovirta on noin kolminkertainen halogeeniin verrattuna. Normaalin halogeenipolttimon tuottama valovirta on noin 700-1000 lm, kun se xenonpolttimolla on noin 3000 lm. Xenonpolttimossa ei myöskään ole tärinälle arkaa ja lyhytikäistä hehkulankaa, mikä antaa sille noin neljä kertaa pidemmän kestoian. Xenonpolttimoita löytyy usealla eri värilämpötilalla. Polttimoiden lähettämän valon väriä voidaan muuttaa sekoittamalla kaasusäiliössä olevan ksenonkaasun sekaan muita aineita. Normaalin halogeenipolttimon värilämpötila on 2000–3000 K ja valon väri on

tällöin keltaista. Xenonpolttimon väriämpötilat ovat 4300–12000 K, jolloin valon väri voi olla valkoista, sinertävää tai jopa purppuraa. Alhaalla kuvassa 14 on esitetty eri väriämpötiloja ja taulukko 1 kuvaa väriämpötilan ja valovirran suhdetta. /12./



KUVA 14. Väriämpötilat /12/

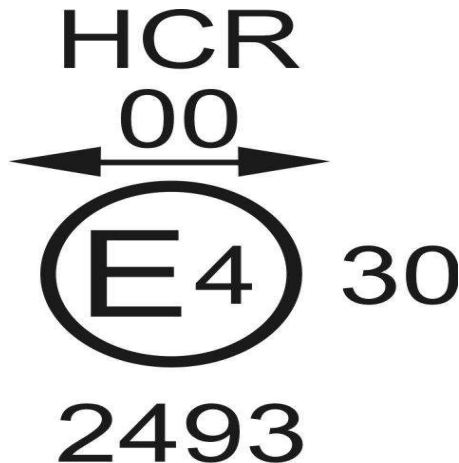
TAULUKKO 1. Väriämpötilan suhde valovirtaan /12/

| Väriämpötila | Väri | Valoteho |
|--------------|----------------------|----------|
| 4300K | Kellertävä | 3100lm |
| 5000K | Valkoinen/kellertävä | 3000lm |
| 6000K | Valkoinen/sinertävä | 2900lm |
| 8000K | Sinertävä | 2500lm |
| 10000K | Vahvasti sininen | 2300lm |
| 12000K | Purppuran sininen | 2100lm |

Tavallisesti kaasupurkausvalaisimia käytetään vain auton lähivaloissa, koska kaasupurkauslampan syttyminen tapahtuu pienellä viiveellä ja se tuottaa täyden valomääränsä vasta muutaman sekunnin kuluttua syttymisestä. Tätä varten on kehitetty BI-Xenon-järjestelmä, jossa luodaan sekä lähi- että kaukovalo samalla kaasupurkauspolttimolla. Heijastinumpiossa tämä on toteutettu elektromeekaanisella moottorilla, jolla muutetaan polttimon asemaa valokatkaisinta käytettäessä. Linssiumpiossa taas xenonvalo saadaan kaukovaloksi siirtämällä häikäisysojaa. /12; 13, s. 820./

3.5 Valojen hyväksymismerkinnyt

ECE-maissa (Economic Commission for Europe) on käytössä yhteiset valaisimia koskevat normit. Hyväksytyjen ajovalovalaisimien laseihin on valettu hyväksymismerkinnyt, joista löytyy esimerkki alempana olevasta kuvasta 15. /8, s. 323./



KUVA 15. Esimerkki valaisimen ECE-merkinnästä /14, s. 26/

Isolla oleva e-kirjain tarkoittaa ECE-hyväksymismerkkiä ja pieni e-kirjain EU-hyväksymismerkkiä. Numero E- tai e-kirjaimen perässä tarkoittaa maata, jossa kyseisen hyväksyntä on tehty. Alla olevassa taulukossa 2 on eri maiden käyttämät hyväksymisnumerot. /14, s. 9; 13, s. 812./

TAULUKKO 2. ECE-maat /14, s. 9/

| Maa | Koodi | Maa | Koodi | Maa | Koodi |
|------------|-------|-----------------------|-------|---------------|-------|
| Saksa | 1 | Tanska | 18 | Turkki | 37 |
| Ranska | 2 | Romania | 19 | Azerbaidzan | 39 |
| Italia | 3 | Puola | 20 | Makedonia | 40 |
| Hollanti | 4 | Portugali | 21 | EU | 42 |
| Ruotsi | 5 | Venäjä | 22 | Japani | 43 |
| Belgia | 6 | Kreikka | 23 | Australia | 45 |
| Unkari | 7 | Irlanti | 24 | Ukraina | 46 |
| Tsekki | 8 | Kroatia | 25 | Etelä-Afrikka | 47 |
| Espanja | 9 | Slovenia | 26 | Uusi-Seelanti | 48 |
| Serbia | 10 | Slovakia | 27 | Kypros | 49 |
| Englanti | 11 | Valko-Venäjä | 28 | Malta | 50 |
| Itävalta | 12 | Viro | 29 | Korea | 51 |
| Luxembourg | 13 | Bosnia ja Herzegovina | 31 | Malesia | 52 |
| Sveitsi | 14 | Latvia | 32 | Thaimaa | 53 |
| Norja | 16 | Bulgaria | 34 | Montenegro | 56 |
| Suomi | 17 | Liettua | 36 | Tunisia | 58 |

Hyväksymismerkinnän vieressä oleva pienempi luku tarkoittaa kaukovalojen referenssilukua eli vertailulukua. Vertailuluvun avulla viranomaiset voivat valvoa valojen määrän lainmukaisuutta, koska samanaikaisesti eteenpäin suunnattujen valojen valovoima on rajoitettu. Esimerkissä (kuva 15) oleva numero 2493 tarkoittaa ajovalon hyväksymisnumeroa. Alapuolella on taulukko 3 käytetyistä referenssiluvuista. /14, s. 25./

TAULUKKO 3. Käytetyt referenssiluvut /16, s.2/

| | | | | | |
|--|----|------|------|----|----|
| 7,5 | 10 | 12,5 | 17,5 | 20 | 25 |
| 27,5 | 30 | 37,5 | 40 | 45 | 50 |
| Merkitsemätön halogeenivalaisin: 20 | | | | | |
| Merkitsemätön hehkuvalaisin: 10 | | | | | |

E-merkinnän yläreunassa on valaisimen tyyppi. Esimerkissä (kuva 15) on merkintä HCR eli halogeeni lähi- ja kaukovalo ovat samassa umpiossa. Alapuolella on lista mahdollisista ajovalotyypeistä. /14, s. 24; 15, s. 28./

C= tavallinen lähivalo

R= tavallinen kaukovalo

CR= tavallinen lähi- ja kaukovalo

DC = lähivalo (xenon)

DR = kaukovalo (xenon)

DCR = lähi- ja kaukovalo (xenon)

HC = lähivalo (halogeeni)

HR = kaukovalo (halogeeni)

HCR = lähi- ja kaukovalo (halogeeni)

Ajovalossa voi olla merkittynä myös nuolia, jotka kertovat minkä puoleiseen liikenteeseen ne on suunniteltu. Esimerkkikuvassa 15 nuolet osoittavat molempiin suuntiin,

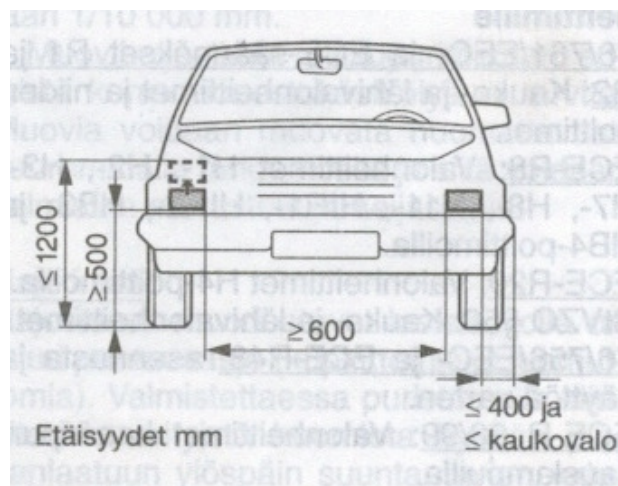
ja tämä kertoo, että ajovaloja voidaan käyttää molemminpuolisessa liikenteessä. Jos nuoli olisi vain oikealle puolelle, se merkitsisi, että valaisin on tarkoitettu vain vasemman puolen liikenteeseen. Ilman nuoli-merkintää oleva valaisin on tarkoitettu vain oikeanpuolen liikenteeseen. /14, s. 25–26./

3.6 Ajovalomääräykset

Tähän kappaleeseen on kerätty ajoneuvohallintokeskus Aken sivuilta tärkeimmät ajoneuvojen ajovalomääräykset. 1.1.2010 Ake yhdistyi liikenteen turvallisuusvirasto Trafiksi yhdessä Ilmailuhallinnon, Merenkululaitoksen meriturvallisuuden ja Rautatieviraston kanssa.

Lähi- ja kaukovalaisimet kuuluvat pakollisiin autossa oleviin valaisimiin. Niiden tulee antaa valkoista valoa, mutta ennen 1.10.1994 käyttöönotetuissa autoissa sallitaan myös kellertävät ajovalot. Valaisimien ja niiden heijastimien tulee olla oikean puolen liikenteeseen tarkoitettuja ja e- tai E-hyväksytyjä. Käytetyn polttimon tulee myös olla valaisimeen tarkoitettu ja hyväksytty. /16, s. 1-2./

Lähivalaisimia tulee olla kaksi, ja niiden tulee olla toisiinsa nähden symmetrisiä ja symmetrisesti asennettuja, jos vain ajoneuvon muodot tämän sallivat. Näiden valaisimien on täytettävä samat väritekniset ominaisuudet ja oltava valoteknisesti samanlaisia. Alla olevassa kuvassa 16 esitetään lähivalon sallitut etäisyydet auton keulalla. /16, s. 2; 13, s. 824./



KUVA 16. Ajovalojen etäisyydet /13, s. 824/

Lähivalon etäisyys auton keulan uloimmasta ulkoreunasta saa olla korkeintaan 400 mm. Valaisimien sisäreunojen välisen etäisyyden pitää olla vähintään 600 mm, mutta mikäli auton kokonaisleveys on enintään 1300 mm, niin silloin tämä mitta on vähintään 400 mm. Valaisimen vähimmäiskorkeus alareunaan mitattuna on vähintään 500 mm ja enimmäiskorkeus valaisimen yläreunaan mitattuna 1200 mm. /16, s. 3./

Ajovaloumpioihin on asennettu säätöruuvit, joiden avulla umpion asentoa voidaan muuttaa pysty- ja vaakasuunnassa. Lähivalot pitää suunnata niin, että valokeilan yläreuna laskeutuu 1 cm/m. Tällöin esimerkiksi valaisimen lähivalon raja on 5 m päässä seinässä 5 cm alempana kuin valaisimen keskipisteen korkeus lattiatasosta. Valojen suuntaamiseen käytetään optisilla suuntauslaitteilla, joissa on vastaavan laskeuman mukainen taulukko. Tähän taulukkoon valaisimen linssi kokoaa valokuvion. Samassa lampussa lähivalojen kanssa olevat kaukovalot tulevat suunnatuksi samalla kuin lähivalotkin, eikä niitä voi erikseen suunnata. Tämän lisäksi 14.6.1995 käyttöön otetuissa ajoneuvoissa vaaditaan säätölaite, jolla voidaan kuljettajan paikalta laskea valokeilaa kuormituksen mukaan. /16, s. 3; 8, s. 311–312./

Vaihdettaessa kaukovalolta lähivalolle pitää kaikkien kaukovalojen sammua samanaikaisesti. Lähivalot saavat jäädä palaamaan kaukovalojen yhteydessä. Kaukovalon merkkivalo on pakollinen, ja tällä kuljettaja saa tiedon niiden päällä olemisesta. Ajoneuvossa saa olla kaukovaloja kaksi tai neljä (lisäkaukovalot), kunhan kaukovalojen suurin sallittu referenssiluku ei ylitä arvoa 100. /16, s. 3; 17./

Kaasupurkausvalaisimen täytyy olla kokonaisuudessaan hyväksytty siinä käytettävälle polttimolle eli umpiossa täytyy olla aikaisemmin esitetty xenon-hyväksymismerkintä ja polttimon myös E-hyväksyttyä mallia. Sen lisäksi ajoneuvon vaaditaan aina ajovalojen pesulaite xenonajovalojen yhteydessä. Toiminnaltaan automaattinen xenonajovalojen korkeudensäätölaite vaaditaan kaikissa uutena myydyissä autoissa 1.10.1998 lähtien ja 1.10.2000 lähtien kaikissa käyttöön otetuissa autoissa. Normaaliin halogeeniumpioon ei saa asentaa kaasupurkausvalonlähdettä. /17; 18./

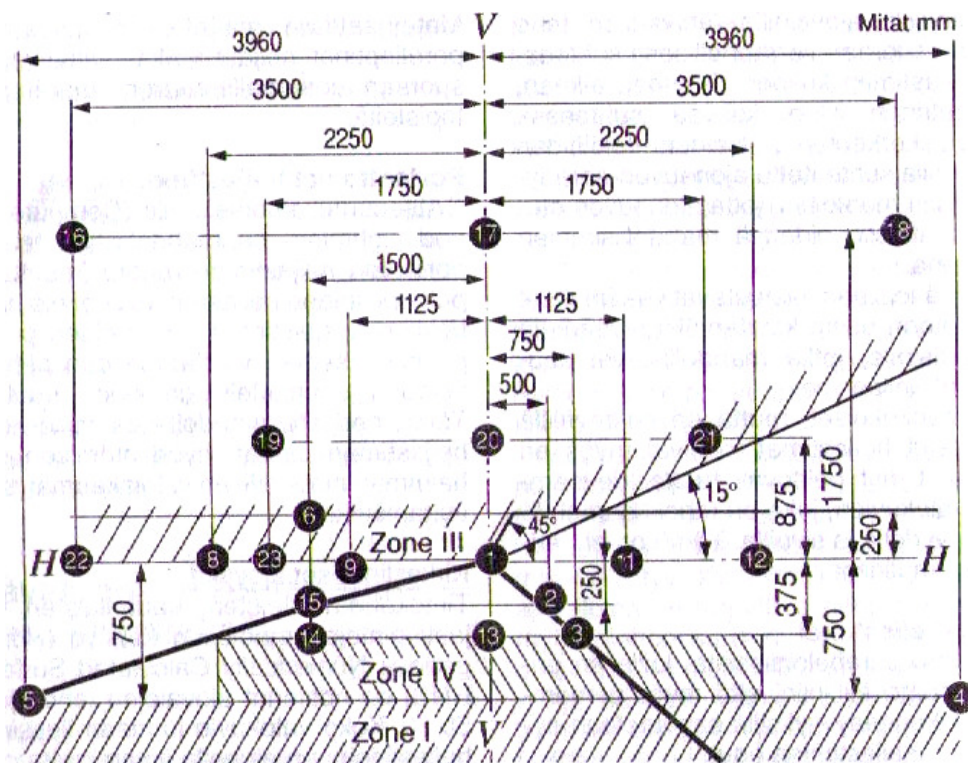
4 MENETELMÄT

4.1 Mittauskuviot

Ajoneuvon ajovalojen on tarjottava mahdollisimman suuri näkyvyys häikäisemättä vastaantulijoita. Tämän perusteella on ECE-normissa määritelty mittapisteet valaistusvoimakkuuden määrittämiseksi, jotta tämä ehto toteutuisi mahdollisimman hyvin. Mittauksissa käytettiin ECE- R112-normin mukaista mittakuviota halogeeniumpion mittauksissa ja ECE- R98-normin mukaista mittakuviota xenonumpion mittauksissa. /13, s. 814./

4.1.1 ECE-R112

ECE-R112-normin mukaisessa mittauksessa mitataan halogeeniumpion tuottamaa valoa 25 metrin etäisyydeltä. Mittausta varten käytetään vain yhtä umpiota ja siitä mitataan vuorotellen lähi- ja kaukovalon valaistusvoimakkuus normin mukaisista pisteistä, joilla on vastaavuutensa maantiellä. Alla olevassa kuvassa 17 on ECE-R112 normin mukainen mittakuvio, ja taulukosta 4 ilmenevät testipisteet ja niiden sallitut luksiarvot.



KUVA 17. ECE-R112 mittakuvio /13, s. 816/

TAULUKKO 4. Mittapisteiden määritelmät /13, s. 816/

| Lähivalo | | Kaukovalo | |
|----------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| Testipisteet | Määritelmät lx | Testipisteet | Määritelmät lx |
| 1. E_{HV} | $\leq 0,7$ | 14. E_{50L} | ≥ 2 |
| 2. E_{75R} | ≥ 12 | 15. E_{75L} | ≥ 12 |
| 3. E_{50R} | ≥ 12 | 16. $E_{8L/4U}$ | $\geq 0,1; \leq 0,7$ |
| 4. E_{25R} | ≥ 2 | 17. $E_{V/4U}$ | $\geq 0,1; \leq 0,7$ |
| 5. E_{25L} | ≥ 2 | 18. $E_{8R/4U}$ | $\geq 0,1; \leq 0,7$ |
| 6. E_{B50L} | $\leq 0,4$ | 19. $E_{4L/2U}$ | $\geq 0,2; \leq 0,7$ |
| max.arvo- alue I | $\leq E_{50R}$ | 20. $E_{V/2U}$ | $\geq 0,2; \leq 0,7$ |
| max.arvo- alue II | $\leq 0,7$ | 21. $E_{4R/2U}$ | $\geq 0,2; \leq 0,7$ |
| max.arvo- alue IV | ≥ 3 | 22. $E_{8L/H}$ | $\geq 0,1; \leq 0,7$ |
| 13. E_{50V} | ≥ 6 | 23. $E_{4L/H}$ | $\geq 0,2; \leq 0,7$ |
| | | | 7. E_{max} |
| | | | > 48 |
| | | | $< 16 \cdot E_{75R}$ |
| | | | (< 240) |
| | | | 8. $E_{H-5,15^\circ}$ |
| | | | ≥ 6 |
| | | | 9. $E_{H-2,55^\circ}$ |
| | | | ≥ 24 |
| | | | 10. E_{HV} |
| | | | $\geq 0,8 E_{max}$ |
| | | | 11. $E_{H+2,55^\circ}$ |
| | | | ≥ 24 |
| | | | 12. $E_{H+5,15^\circ}$ |
| | | | ≥ 6 |

Testikuviot lumenien mittausta varten on tehty noin 12 V lampulla.

Taulukossa näkyvien testipisteiden jälkeen on aina E-kirjaimen alaindeksinä pisteen vastaavuus maantiellä. Pisteessä 1 merkintä HV tarkoittaa keskilinjaa, josta valokuvio alkaa nousta 45 asteen kulmassa ylöspäin kuten kuvasta 17 voidaan havaita. Pisteessä 2 merkintä 75R ja pisteen 15 kohdalla merkintä 75L, jotka tarkoittavat maantien oikeaa/vasenta reunaa 75 metrin etäisyydellä. Pisteessä 3 on E-kirjaimen alaindeksinä 50R ja pisteessä 14 50L. Tämä merkintä vastaa maantiellä tien oikeaa/vasenta reunaa 50 metrin etäisyydellä valaisimesta. Kuvan 17 alareunassa olevat pisteet 4 ja 5 sekä niiden perässä olevat merkinnät vastaavat tiellä tien pintaa 25 metrin etäisyydellä valaisimen keskilinjasta oikealla/vasemmalla. Pisteen 6 merkintä E_{B50L} on vastaantulijan silmätaso 50 metrin etäisyydellä valaisimesta. Keskilinjalla olevan pisteen 13 merkintä 50V tarkoittaa tien pintaa 50 metrin päässä valaisimen keskilinjasta.

Mittakuvion yläreunan pisteiden 16 ja 18 yhteydessä olevat merkinnät 8L/4U ja 8R/4U tarkoittavat valaistusvoimakkuutta tien vasemmassa/oikeassa reunassa 8 metrin etäisyydellä ja 4 metrin korkeudella. Keskilinjalla oleva numero 17 vastaa maantiellä valaisimen valaistusvoimakkuutta 4 metrin korkeudella ja numeron 20 yhteydessä oleva merkintä $E_{V/2U}$ valaistusvoimakkuutta 2 metrin korkeudessa. Numeroiden 19 ja 20 merkinnät $E_{4L/2U}$ ja $E_{4R/2U}$ tarkoittavat vastaavasti tien oike-

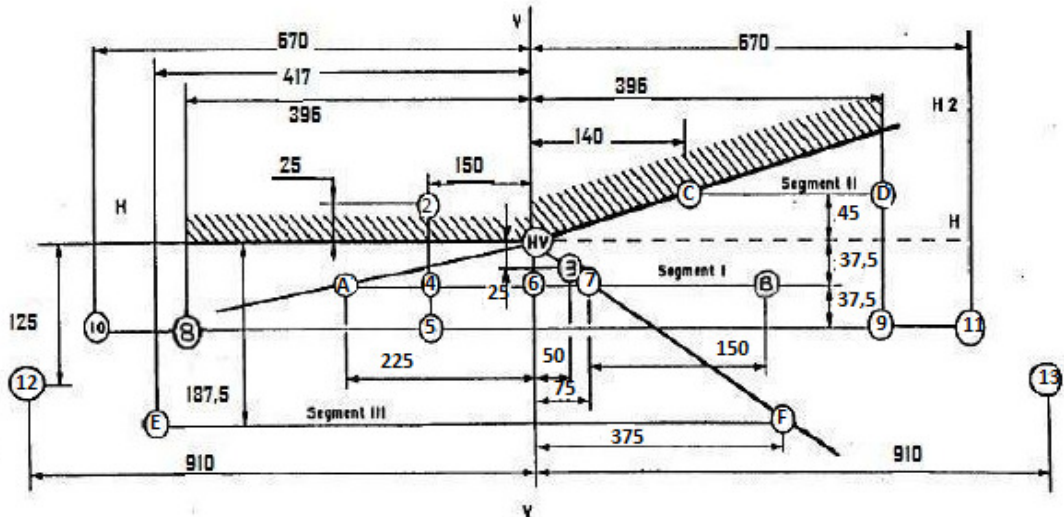
aa/vasenta reunaa 4 metrin etäisyydellä valaisimesta 2 metrin korkeudella. Viimeiset lähivalon mittapisteet 22 ja 23 kertovat valaistusvoimakkuuden suoraan valaisimen vasemmalta puolelta 4 ja 8 metrin etäisyydeltä.

Pisteiden lisäksi mittakuviosta löytyy kolme aluetta, joilta mitattiin maksimiluksimäärät. Alue 1 kertoo maksimiluksit koko mittaustason leveydeltä 25 metrin etäisyydeltä valaisimesta. Alue 3 tarkoittaa lähivalojen yläpuolista osuutta ja alue 4 on 25- 50 metrin etäisyyksien välinen alue, jonka leveys 25 metrin kohdalla 2,25 metriä valaisimen molemmin puolin. /19, s. 944; 20, s. 2-6./

Kaukovalon testipiste 7 tarkoittaa kaukovalon maksimilukseja. Kaukovalon antaman kirkkaimman kohdan luksiarvo kerrotaan luvulla 0,208, jolloin saadaan valon referenssiluku. Tulos pyöristetään lähimpään sovittuun lukuun, jotka on esitelty taulukossa 3. Mittakuviosta puuttuu myös numero 10, joka mitataan kaukovalon palaessa samasta kohdasta kuin numero 1. /14, s. 19./

4.1.2 ECE-R98

ECE-R98 normin mukaista mittakuviota käytetään xenonhyväksytyyn umpion valaistusvoimakkuuden mittaamiseen. Mittaukset suoritetaan tässäkin tapauksessa yhdellä umpiolla 25 metrin etäisyydellä mittauskuviosta. Lähi- ja kaukovalon mittaukseen käytetään samaa alla olevaa kuvaa 18, jos sekä lähi- että kaukovalo tuotetaan samasta ajovalosta. Jos kaukovalo on toteutettu omalla ajovalollaan, sen suurin valaistusvoimakkuus mitataan H-H ja V-V linjojen keskikohdalta, jolloin sen suurin sallittu arvo saa olla välillä 70–180 luksia. Kaukovalon valaistusvoimakkuus pitää olla vähintään 40 luksia 1,125 metrin etäisyydellä vaakasuorasti pisteen HV oikealla ja vasemmalla puolella sekä vähintään 10 luksia 2,25 metrin etäisyydellä samasta keskipisteestä HV. Valojen referenssiluku lasketaan kertomalla kaukovalon suurin valaistusvoimakkuus luvulla 0,208, aivan kuten halogeeniumpion mittauksissakin. Alla olevassa kuvassa 18 on esitetty ECE-R98 mukainen mittauskuvio ja taulukko 5, josta näkyvät testipisteiden sallitut luksiarvot. /15, s. 21./



KUVA 18. ECE-R98 mittakuvio /15, s. 40/

TAULUKKO 5. Mittapisteiden määritelmät /15, s. 20/

| Testipiste | | Valaistusvoimakkuus(lux) | Vaakasuora sijainti | Pystysuora sijainti |
|------------|---------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | HV | 1 max | 0 | 0 |
| 2 | B50L | 0,5 max | L 150 | U 25 |
| 3 | 75R | 20 min | R 50 | D 25 |
| 4 | 50L | 20 max | L 150 | D 37,5 |
| 5 | 25L1 | 30 max | L 150 | D 75 |
| 6 | 50V | 12 min | 0 | D 37,5 |
| 7 | 50R | 20 min | R 75 | D 37,5 |
| 8 | 25L2 | 4 min | L 396 | D 75 |
| 9 | 25R1 | 4 min | R 396 | D 75 |
| 10 | 25L3 | 2 min | L 670 | D 75 |
| 11 | 25R2 | 2 min | R 670 | D 75 |
| 12 | 15L | 1 min | L 910 | D 125 |
| 13 | 15R | 1 min | R 910 | D 125 |
| 14 | | 0,1 min | L 350 | U 125 |
| 15 | | 0,1min | 0 | U 175 |
| 16 | | 0,1 min | R 375 | U 175 |
| 17 | | 0,2 min | L 175 | U 87,5 |
| 18 | | 0,2 min | 0 | U 87,5 |
| 19 | | 0,2 min | R 175 | U 87,5 |
| 20 | | 0,1 min | L 350 | 0 |
| 21 | | 0,2 min | L 175 | 0 |
| A-B | Alue 1 | 6 min | L225-R225 | D 37,5 |
| C-D | Alue 2 | 6 max | R140-R396 | U 45 |
| E-F | Alue 3 | 20 max | L417-R375 | D 187,5 |
| | E max R | 70 max | VV-oikea puoli | |
| | E max L | 50 max | VV-vasen puoli | |

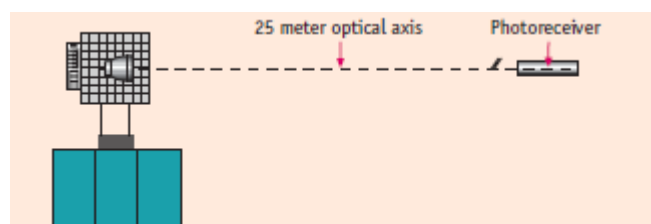
Kuten voimme kuvasta 18 havaita, xenonumpion mittakuvion uloimmat pisteet ovat selvästi kauempana verrattuna aikaisemmin esitettyyn halogeeniumpion mittakuvioon. Sen lisäksi tässä kuviossa keskikohta HV on 187,5 senttimetrin korkeudella, kun halogeeniumpion mittakuviossa se on vain 75 senttimetrin korkeudella. Taulukoiden pisteiden jälkeen on selitys, mitä kohtaa piste vastaa tiellä, aivan kuten aiemmin esitellyssä halogeeniumpion mittauskuviossa. Kuvan testipiste numero 2 vastaa maantiellä

vastaantulijan silmätasoa 50 metrin etäisyydellä valaisimesta. 75R numeron 3 jälkeen on maantiellä tien oikea reuna 75 metrin etäisyydellä, ja merkintä 50L/50R on vasen/oikea reuna 50 metrin etäisyydellä valaisimesta. 25L1/25R1 tarkoittaa tien pintaa 25 metrin etäisyydellä ja 1,5 metriä valaisimen keskilinjasta vasemmalle/oikealle, kun taas 25L2/25R2 on taas valaisimen keskilinjasta 3,96 metriä vasemmalle/oikealle 25 metrin etäisyydellä. 25L3 on sama kohta, mutta jo 6,7 metriä vasemmalle valaisimen keskilinjasta. Testipisteen numero 6 jälkeen oleva merkintä 50V tarkoittaa tien pintaa 50 metrin etäisyydellä valaisimen keskilinjasta. Mittakuvion uloimmissa pisteissä 12 ja 13 olevat merkinnät 15L ja 15R kertovat valaistusvoimakkuuden tien pinnassa 15 metrin etäisyydellä ja valaisimen keskilinjasta 9,1 metriä vasemmalle/oikealle.

Kuvan 18 alue 1 vastaa maantiellä 25 metrin ja 50 metrin etäisyyksien välistä osuutta, jonka leveys 25 metrin kohdalla on 2,25 metriä valaisimen molemmin puolin. Alue 2 vastaa valoisa-pimeä-alueen rajaa 45 senttimetrin korkeudella valaisimen keskilinjasta. Viimeinen alue numero 3 on maantiellä alue 25 etäisyydellä valaisimesta, jonka etäisyys valaisimen keskipisteestä HV on vasemmalle 4,17 metriä ja oikealla 3,75 metriä. Valaisimen maksimi valaistusvoimakkuus mitataan erikseen pystysuoran V-V linjan molemmin puolin. E max R kertoo valaistusvoimakkuuden oikealla puolella ja E max L vasemmalla puolella. /19, s. 944; 20, s. 2-6./

4.2 Mittausympäristö

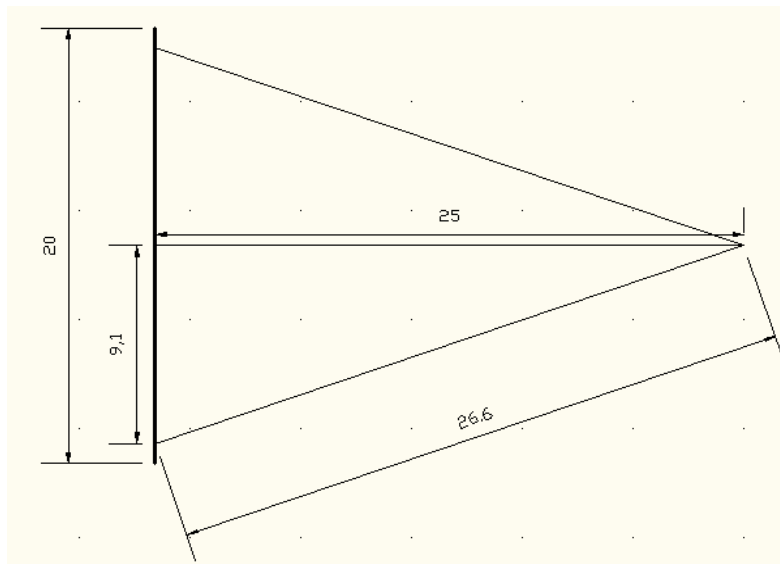
Autotehtaat ja valoja valmistavat yritykset tutkivat ajovalojen valaistusvoimakkuutta laboratorio olosuhteissa, tummassa huoneessa ja 25 metrin etäisyydellä goniovalomittarin avulla. Tässä laitteessa on pöytä, johon ajovalo kiinnitetään ja se kallistelee ja pyörittelee ajovaloa. Samaan aikaan 25 metrin päässä oleva vastaanotin mittaa valaistusvoimakkuuden jokaisesta heijastuskulmasta kerrallaan. Alla oleva kuva 19 kertoo laitteen toimintaperiaatteesta. /21, s. 2./



KUVA 19. Goniovalomittari /21, s. 2/

Tässä työssä tehdyt mittaukset on suoritettu ulkoilmassa tummalle puuseinälle 25 etäisyydellä seinästä, joka oli 20 metriä leveä ja 4 metriä korkea. Mittausajankohtana oli joulukuu 2010 ja mittaukset on tehty iltaisin aina samaan kellonaikaan pimeässä. Latauksessa olleen akun napajännite oli mittauksien aikana 13,9 V.

Vaakatasossa mittauspöytä saatiin kohtisuoraan seinää vasten 25 metrin etäisyydelle pythagoraan lauseen avulla (kaava 4). 20 metriä leveän seinän keskikohdalta on mitattu ECE-R98 mittakuvion uloimpien pisteiden mukaan 9,1 metrin etäisyys seinän molempiin reunoihin. Seuraavalla sivulla on kuva 20 tilanteesta.



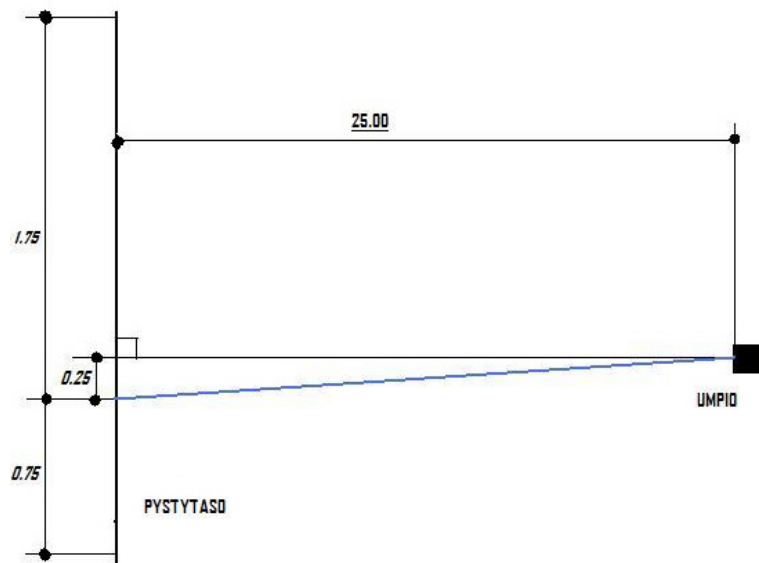
KUVA 20. Mittauspöydän kohtisuoruuden tarkistus

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (4)$$

missä a on mittauspöydän etäisyys 25 metriä ja b on 9,1 metriä. Tällöin tulokseksi c saadaan 26,6 metriä. Mittauskuvion keskeltä on mitattu 25 metrin matka suoraan eteenpäin ja reunoista 26,6 metrin, jolloin on saatu tarkistettua, että mittauspöytä on mahdollisimman kohtisuoraan seinää vasten.

Tämän jälkeen vuorossa oli mittauskuvion hahmottaminen seinälle. Työ aloitettiin halogeeniumpion mittauksilla. Mittauspöydän alle laitettiin trukkilavoja, jolloin se saatiin yli metrin korkeudelle maasta. Umpion korkeus maasta riippuu maaston kor-

keussuhteista. Tässä mittausympäristössä maasto kohoaa hieman mittapöydän suuntaan. Vatupassin avulla katsottiin, että umpio olisi samassa asennossa kuin autossa. Tämän jälkeen valo laitettiin päälle ja valokuvio heijastui seinälle. Valon suuntaamisen jälkeen piirrettiin liidun ja mittanauhan avulla ECE-R112:n mukaiset mittauspisteet seinälle ja alettiin mitata pisteiden valaistusvoimakkuuksia valomittarilla. Seuraavalla sivulla on periaatekuva 21 (sivulta katsottuna) valaistusvoimakkuuden mittauksesta ja vaadittavasta tilantarpeesta halogeeniumpiolla.



KUVA 21. Valaistusvoimakkuuden mittauksen periaatekuva halogeeniumpiolla

ECE-R98 mittakuvion kanssa toimittiin samalla tavalla, mutta valokuvion keskikohta on paljon korkeammalla, koska alimmat mittauspisteet ovat 1,875 metriä alle horisontaalilinjan. Mittauspöytä nostettiin näitä mittauksia varten peräkärryn lavalle ja alle laitettiin trukkilavoja, jolloin se saatiin yli 2 metrin korkeudelle. Valon suuntaamisen jälkeen mittauspisteet piirrettiin seinälle ja aloitettiin mittaukset.

4.3 Mittauspöytä

Ensin tarkoituksena oli ajaa auto mittauspaikalle, mutta ongelmaksi tuli kuitenkin konehuoneen ahdas tila ja varsinkin pimeässä polttimoiden ja xenonmuutossarjojen vaihto olisi tullut todella hankalaksi. Sen vuoksi mittauksia varten rakennettiin erillinen mittauspöytä, jotta polttimoiden vaihto kävisi kätevästi ja koko autoa ei tarvitsisi alkaa

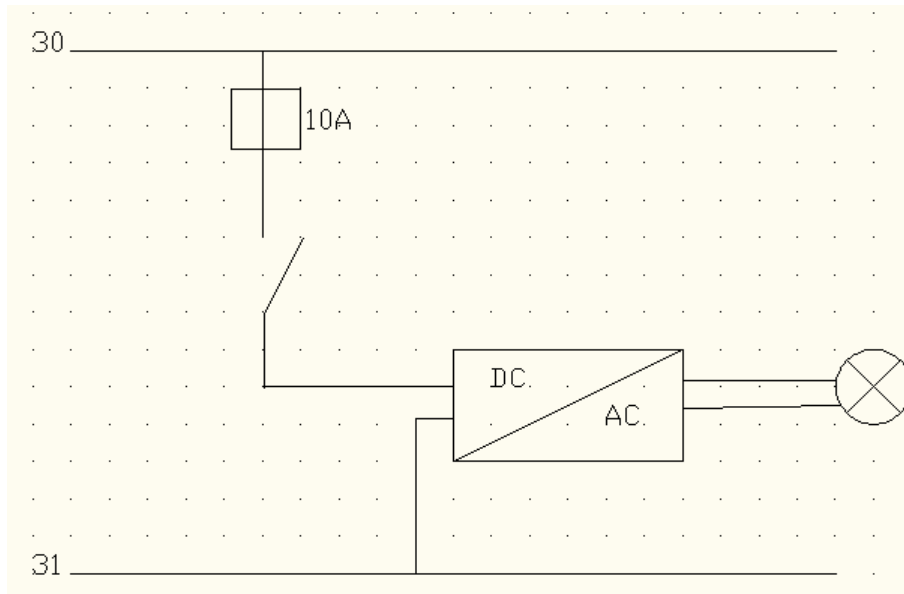
siirtelemään. Umpioiden vaihtaminen helpottui myös huomattavasti, koska enää ei tarvinnut mennä joka kerta konehuoneesta irrottamaan pienissä raoissa olevia ajovalojen pultteja. Seuraavalla sivulla on kuva numero 22 mittauksia varten rakennetusta mittauspöydästä.



KUVA 22. Mittauspöytä

Mittauspöytä on rakennettu korkean jakkaran päälle, ja siihen kiinnitetään ajovaloumpio kahdella ruuvilla kiinni. Ruuvien alle leikattiin sivuleikkureilla muoviputkesta pienet palat ajovalojen kiinnityskohtien alle, jotta lamppu saadaan suoraan kiinni ja suurin piirtein samanlaiseen asentoon kuin autossa kiinni ollessaan.

Vitalähteenä mittauksissa käytettiin Voltan 12 V ja 62 Ah akkua, joka kiinnitettiin mittauspöytään. Akkua ladattiin mittausten ajan kuvassa näkyvällä laturilla, jotta polttimo ei alkaisi himmentyä kesken mittausten jännitteen laskiessa. Lopuksi kytkentään lisättiin vielä 10A sulake ja katkaisija, jotta mittauspöytää olisi mukavampi ja turvallisempi käyttää. Seuraavassa kuvassa 23 on esitelty mittauspöydän kytkentäkaavio.



KUVA 23. Mittauspöydän kytkentäkaavio

4.3.1 HCR-umpio

Mittaukset aloitettiin käyttämällä Bmw:n alkuperäistä Boschin umpiota. Umpion lasissa oleva merkintä HCR kertoo, että halogeeni lähi- ja kaukovalo tuotetaan samassa umpiossa. Lasissa olevan E-merkinnän vieressä oleva numero 13 kertoo, että ajovalot on hyväksytty Luxembourgiin, kuten voidaan taulukosta 2 havaita. E-merkinnän vieressä oleva numero 25 kertoo, että kaukovalojen referenssiluku on 25. Bmw E36-korimallin alkuperäinen umpio oli toteutettu aikaisemmin esitellyllä heijastinumpio periaatteella eli umpion heijastinpinta koostui monista pienistä heijastinpinnoista ja umpion lasissa olevista rihlauksista. E36-korimallin Bmw:ssä käytettiin alkupään malleissa H1-polttimonkannalla olevaa linssiumpiota, mutta se korvattiin loppupään malleissa H7-polttimonkannalla olevalla heijastinumpioilla. Tyypvikana tämän korimallin heijastinumpiovaloissa on umpion sisällä olevan muovisen lähivalon linssin tummentuminen ja tämän seurauksena valotehon laskeminen. Seuraavassa kuvassa 24 on mittauksissa käytetty Boschin umpio.



KUVA 24. Boschin ajovaloumpio

4.3.2 DC-umpio

Toinen mittauksissa käytetty umpio oli Hellan valmistama. Hellan jälkiasennussarja sisältää laillisen xenonumpion ja valojen automaattisen korkeudensäädön asennustarvikkeet, ja se on tällä hetkellä ainoa Bmw E36-korimalliin oleva laillinen xenonsarja. Hellan umpiossa on merkintä DCHR, mikä kertoo, että lähivalossa käytetään kaasupurkauslamppua (D2S) ja kaukovalossa normaalia H7 halogeenivalonlähdettä. D2S-polttimon väriämpötila on 4300 K, eli se lähettää valkoista valoa. Umpiot on hyväksytty ja testattu Saksassa, mistä kertoo E-merkinnän vieressä oleva numero 1 ja kaukovalon referenssiluku on 17,5. Näissä umpioissa lähivalo on toteutettu Super DE linssiumpioperiaatteella ja kaukovalo tuotetaan heijastinumpioperiaatteella, kuten alkuperäisissä Boschin valoissakin. Umpion lasissa ei ole minkäänlaista kuviota, toisin kuin alkuperäisissä boschilaisissa. Kuvassa 22 xenonhyväksytty umpio on kiinni mitauspöydässä.

4.4 TES- 1336A valomittari

Ajovalojen valaistusvoimakkuuden mittaaminen on tehty TES-1336A-valomittarilla. Tällä laitteella voidaan mitata lukseja tai toista valaistusvoimakkuuden yksikköä, joka on fc eli foot candle. Lisävarusteena laitteeseen olisi mahdollista saada kaapeli ja Windows-ohjelma, jolloin laite pystytään liittämään tietokoneeseen ja laskemaan ohjelman avulla valovoima. Tässä Mikkelin ammattikorkeakoululta lainatussa laitteessa näitä lisävarusteita ei ollut. Mittari oli varustettu erillisellä näytöllä ja tunnistimella, joka laitettiin aina vuorotellen seinällä olevien mittapisteiden päälle. Mittaukset sujui-

vat tällä mittarilla kätevästi, koska tulokset pystyttiin tallentamaan näytölle tai etsimään tietyn kohdan maksimi luksiarvon yhdellä napin painalluksella. Alapuolella on kuva 25 valomittarista ja taulukko 6, josta löytyvät tekniset tiedot laitteesta. /22./



KUVA 25. TES- 1336A valomittari /22/

TAULUKKO 6. TES- 1336A tekniset tiedot /22/

| | |
|---|--|
| Mittaväli | Lux: 20, 200, 2000, 20000 |
| | Fc : 20, 200, 2000, 20000. 1 FC= 10,76lx |
| Mittatarkkuus | 0,01 Lux, 0,01 fc |
| Tallennuskapasiteetti | 8000 mittapisteen muisti |
| Tunnistin | Pii fotodiodi |
| Akku | 9V akku |
| Akun kesto | n. 50 tuntia |
| Toiminta/ varastointi olosuhteet | 0- 40 °C, suhteellinen kosteus alle 80% |
| | - 10-60°C, suhteellinen kosteus alle 70% |
| Tunnistimen johdon pituus | 150 cm |
| Tunnistimen mitat | pituus 100 mm, leveys 60 mm, korkeus 27 mm |
| Laitteen mitat | pituus 145 mm, leveys 72 mm, korkeus 31 mm |
| Paino | 235 g |
| Lisätarvikkeet | Ohjekirja, 9 V akku, kantolaukku, Windows-ohjelma, RS-232 kaapeli, adapterikaapeli |

5 TULOKSET

5.1 HCR-umpion mittaukset

Bmw:n alkuperäisellä Bosch heijastinumpiolla testattiin H7-kannalla olevaa uutta halogeenipoltinta ja erilaisia H7-xenonmuutossarjoja sekä lähi- että kaukovaloissa. Laitonta halogeeniumpio ja xenonmuutossarjayhdistelmän valaistusvoimakkuutta testat-

tiin kiinalaisilla 35 W xenonsarjoilla. 35 W sarjoissa käytettiin joko TC:n (TaiChang) tai CN:n (Cnlights) polttimoita.

5.1.1 55 W halogeeni

Valaistusvoimakkuuden ja mahdollisen häikäisyn tutkiminen aloitettiin käyttämällä täysin laillista yhdistelmää, eli halogeenipoltinta HCR-umpion lähi- että kaukovalois- sa. Polttimona mittauksissa oli uusi Flösserin 55 W E-hyväksytty poltin.

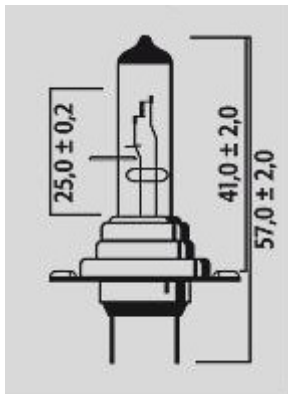
Liitteen 1 kahdella ensimmäisellä sivulla on nähtävillä tulokset halogeenipolttimolla tehdyistä mittauksista. Mittauksia tehtiin aluksi lumella, mutta toisella mittaukskerralla lumen päälle levitettiin tuhkaa, jolloin pystyttiin myös arvioimaan lumen vaikutusta mittaustuloksiin. Tuloksista voidaan havaita, että valaistusvoimakkuus valoheittimen keskiön kohdalla pisteessä 1 ylittää selvästi ECE-R112 mukaisen määritelmän arvon $\leq 0,7$ molemmissa mittauksissa. Normin ylittävät mittaustulokset olivat havaittavissa myös ammattikorkeakoulun harjoitustyönä tehdyissä mittauksissa, jopa voimakkaam- pana. Pisteessä 6, joka vastaa maantiellä vastaantulijan silmätasoa 50 metrin etäisyy- dellä valaisimesta, voidaan myös havaita selvästi yli määritelmän oleva valaistusvoi- makkuusarvo. Liitteen 1 toisella sivulla olevista taulukoista huomataan, että tuhkan levittäminen on pudottanut arvoja verrattaessa lumella tehtyyn mittaukseen, mutta silti mittapisteissä 1 ja 6 arvot poikkeavat eniten määritelmän mukaisista ja häikäisyä on havaittavissa. Sen lisäksi keskilinjän H-H yläpuolisissa lähivalon pisteissä arvot nou- sevat liian korkeiksi, mutta osa niistä laskee sallitulle tasolle, kun maan pinta on tum- mempi tuhkan levittämisen jälkeen. Häikäisyn yhtenä osasyynä on Bmw:n alkuperäi- sen umpion 16 vuoden ikä, jolloin heijastinpinnat ja hajotinlasi rihlauksineen eivät enää vastaa uusia ja hajavaloa syntyy. Pisteessä 15, joka vastaa maantiellä tien vasenta reunaa 75 metrin etäisyydellä, jäädään alle määritelmän ≥ 12 . Tämän pisteen alhainen luksiarvo selittyy myös tummentuneella heijastimella ja kuluneella hajotinlasilla, jol- loin valo ei jakaannu enää halutulla tavalla. Toinen merkittävä syy häikäisyyn ovat mittaolosuhteet, jotka eivät vastaa laboratorioissa ja pimeässä huoneessa goniovalo- mittarilla tehtyjä mittauksia.

Kaukovalon maksimi valaistusvoimakkuus mitattiin pisteestä 7. Tuloksiksi saatiin lumella 97,5 luksia ja tuhkalla 75,1. Kertomalla lumella mitattu arvo luvulla 0,208

umpion referenssiluvuksi saataisiin tällöin 20, joka jää selvästi umpion lasiin merkitystä arvosta 25. Tulos kertoo selvästi umpion valaistusvoimakkuuden laskusta iän myötä. Oikeissa mittaolosuhteissa pimeässä huoneessa luku olisi matalampi, koska lumi on heijastanut valoa ja se myös näkyy tuloksissa.

5.1.2 35 W xenonmuutossarjat 4300 K, 6000 K ja 8000 K

Mittaukset aloitettiin käyttämällä TC:n muovikantaista 4300 K polttinta. TC:n polttimot ja muutossarjat ovat halvimpia, mitä EPD Motorsport myy. Tätä muutossarjaa käytettäessä Bmw:n alkuperäinen heijastinumpio muodosti seinälle aivan väärän mitauskuvion. Valokuvioista oli erotettavissa selkeästi pimeä-valoisa-rajaa, mutta keskipisteen 1 kohdalta valokuvio lähti myös vasempaan suuntaan jyrkkään nousuun ja kuvio näytti huonosti piirretyltä v-kirjaimelta. Tämän muutossarjan molempia polttimoita testattiin umpiossa, mutta tulos oli silti sama ja valaistusvoimakkuutta ei alettu edes mitata valomittarilla. Syynä tähän täysin väärään valokuvioon täytyi olla muutossarjan polttimon muovikanta, joka näyttikin selvästi paksummalta kuin kalliimmassa CN:n xenonmuutossarjoissa ja normaalissa halogeenipolttimossa ollut peltinen kanta. Alla on kuva 26 H7-kannalla olevasta polttimosta ja sen mittatoleransseista.



KUVA 26. H7 polttimon mittatoleranssit /23/

Muutossarjan polttimon paksu muovinen kanta on saanut aikaan polttimon kannan ja lasin välisen arvon $41,0 \pm 2,0$ nousun yli rajojen ja samalla heijastinumpiossa olleen polttimon polttopisteen siirtymisen. Polttopisteen siirtyminen on aiheuttanut täysin väärän valokuvion.

Valaistusvoimakkuuden mittauksia jatkettiin käyttämällä TaiChangin polttimoita. Seuraavana mittauksissa käytettiin 6000 K ja 8000 K värilämpötilan polttimoita. Kuvassa 14 esitellyistä värilämpötiloista voidaan huomata, että tällöin valo alkaa olla enemmän sinistä kuin valkoista. Polttimoissa käytettiin edelleen samaa muovista kantaa, kuin aikaisemmin esitellyissä TC:n polttimolla tehdyssä 4300 K mittauksissa, joista ei tullut mitään aivan väärän valokuvion takia. Muovinen kanta vaikutti myös 6000 K ja 8000 K muutossarjoilla tehdyissä mittauksissa valokuvion muotoon.

Ensimmäisen liitteen sivuilla 3 ja 4 on esitetty lumella tehdyt mittaukset TC:n 6000 K ja 8000 K xenonmuutossarjoilla. Näillä kahdella muutossarjalla valokuvion muoto vastasi enemmän oikeanlaista kuin aikaisemmin esitellyssä 4300 K sarjassa, mutta se ei kuitenkaan ollut normin mukainen. Pystysuoran tason V-V oikean puolen valokuvio oli aivan oikean näköinen, ja siitä pystyi selvästi erottamaan valoisa-pimeä-rajaa. Vasemmalla puolella vaakasuoran linjan H-H kuvio laski liian alas. Sen lisäksi valokuvioista oli selvästi havaittavissa paljon hajavaloa joka suuntaan. Valaisimen keskilinjalla pisteessä 1 ja vastaantulijan silmätasoa 50 metrin päässä vastaavassa pisteessä 6 saatiin näillä kahdella muutossarjalla aikaan eniten yli määritelmien menevät arvot, jotka voidaan maantiellä havaita vastaantulijan häikäisynä. Syynä tähän voi olla polttimossa käytetty muovinen kanta, joka siirtää valolähteen polttopistettä heijastinumpion sisällä ja aiheuttaa näin vääristymiä valokuviossa ja hajavaloa. Lumella tehdyt mittaukset saavat aikaan heijastusta, joka vielä lisää häikäisyä. Halvan 6000 K ja 8000 K xenon-sarjan runsas hajavaloo saa aikaan myös suurimmat valaistusvoimakkuuden arvot pisteissä jotka vastaavat maantiellä kaukaisempaa etäisyyttä, esimerkiksi tien oikeaa/vasenta reunaa 75 ja 50 metrin etäisyydellä. Verrattaessa näiden kahden sarjan lähivalojen valorajan yläpuolista osuutta 55 W halogeenipolttimoon ja seuraavaksi esiteltäviin laadukkaampiin peltikantaisiin 4300 K xenonsarjoihin voidaan havaita, että xenonmuutossarjojen eri värilämpötilojen valaistusvoimakkuuserot eivät ole suuria näissä pisteissä. Käytettäessä HCR- umpiossa siihen kuuluvaa halogeenipoltinta häikäisy on selvästi vähäisintä.

Kaukovalon valaistusvoimakkuuden mittauksissa voidaan huomata, että TC:n 6000 K poltin tuottaa hiukan suuremman luksin määrän kuin saman valmistajan 8000 K värilämpötilan poltin. Tutkittaessa taulukkoa 1 jossa ilmoitetaan värilämpötilan suhde valovirtaan, voidaan havaita, että 6000 K poltin tuottaa enemmän valovirtaa kuin sini-

sempää valoa lähettävä 8000 K poltin. Kaavasta 3 voidaan huomata, että valaistusvoimakkuus on valovirran suhde neliömetreihin, mikä selittää näiden kahden värilämpötilan maksimivalaistusvoimakkuuden eron.

Seuraavaksi valaistusvoimakkuutta mitattiin laadukkaammista peltikannalla varustetuista CN:n 4300 K muutossarjoista. Näissä muutossarjoissa käytetyt polttimet olivat tyyppiä H7 ja toisessa H7R. Erona H7- ja H7R-polttimon välillä on se, että H7R-polttimossa on lasiytimen pintaan maalattu heijastuksenestomaalaus, jonka tarkoituksena on vähentää vastaantulijaa häiritsevää heijastusta. Mainoksissa tätä H7R-polttinta on suositeltu käytettäväksi lähivaloksi heijastinumpiossa eli juuri näissä mittauksissa käytetyn Boschin umpion lähivaloksi.

CN:n muutossarjoilla tehdyt mittaukset tehtiin lumella, ja ne ovat vertailukelpoisia lumella mitattuihin halogeenipolttimon arvoihin. Liitteen 1 sivuilla 5 ja 6 olevista tuloksista voidaan huomata, että valaistusvoimakkuus valaisimen keskikohdassa 1 menee 4300 K värilämpötilan xenonmuutossarjoilla vielä enemmän yli sallittujen arvojen kuin halogeenipolttimolla. Sama tilanne toistuu myös pisteessä 6, mutta vastaantulijan silmätason häikäisy on vähäisempää H7R-polttimolla verrattuna H7 4300 K-sarjaan. ECE-112-mukaisen mittakuvion pisteet 2 ja 3 vastaavat tien oikeaa reunaa 75 ja 50 metrin etäisyydellä valaisimesta. Näissä kahdessa pisteessä on huomioitavaa se, että 55 W halogeenipolttimon ja H7R-polttimon arvot ovat suuremmat kuin H7 4300 K polttimon. Samaa kohtaa, mutta tien vasenta reunaa vastaavat pisteet 14 ja 15 kertovat H7 xenonsarjan polttimon arvojen olevan parempia kuin halogeenin ja H7R-mallin xenonsarjan. Katsottaessa halogeenipolttimon ja näiden kahden xenonmuutossarjan arvoja mittaustaulukosta voidaan selvästi havaita, että H7-xenonmuutossarjan arvot ovat korkeampia mittauskuvion pisteissä, jotka vastaavat tien vasenta reunaa maantiellä. Näissä vasemman puoleisissa pisteissä normaalin 55 W halogeenipolttimon valaistusvoimakkuus arvot ovat jopa korkeampia kuin H7R-xenonmuutossarjan. Maantien oikeaa reunaa vastaavissa pisteissä H7R-polttimon valaistusvoimakkuus on puolestaan korkeampi kuin kahdella edellisellä. Syynä tähän on varmasti H7R-polttimon lasiin maalattu heijastuksenesto maalaus. Tämä saa aikaan sen, että valonsäteet heijastuvat enemmän tien oikeaan reunaan, pois päin tien keskilinjasta ja vastaantulijan silmistä. Kuten halogeenipolttimollakin, ei kummallakaan 4300 K xenonmuutossarjalla päästy pisteen 15 määritelmän yli, joka vastaa maantiellä vasenta reunaa 75 metrin etäisyy-

dellä. Tutkittaessa keskipisteen 1 yläpuolisia pisteitä havaitaan häikäisyn olevan vähäisintä käyttämällä halogeenipoltinta, mutta vanhasta umpiosta ja mittausolosuhteista johtuen arvot eivät pysy määritelmän sisällä. Näistä kahdesta 4300 K muutossarjasta vähemmän häikäisyä lähivalossa aiheuttaa H7R.

Ensimmäisen liitteen sivuilta 5 ja 6 huomataan, että kaukovalojen mittauksissa CN:n H7-xenonmuutossarjan maksimivalaistusvoimakkuus on selvästi suurempi kuin halogeenipolttimon tai H7R-polttimon. Kaikista 35 W muutossarjoista H7 4300 K sarja saavutti suurimman valaistusvoimakkuuden kaukovalon mittauspisteestä 7, jossa määritellään polttimion maksimivalaistusvoimakkuus.

5.2 DC- umpion mittaukset

Hellan DCHR-merkinnällä olevalla umpiolla mitattiin lähivalojen valaistusvoimakkuutta erilaisilla D2S-kannalla olevilla polttimoilla. Ensimmäisessä mittauksessa vertailtiin Hellan umpioissa mukana tulleita Osramin 4300 K polttimoita aivan uusiin kiinalaisen CN:n valmistamiin 4300 K polttimoihin. Toisessa mittauksessa vertailukohteena oli kalliimpi Phillipsin 6000 K D2S-kannalla oleva poltin ja saman kiinalaisen CN:n halvempi 6000 K poltin.

5.2.1 Uuden ja vanhan 4300 K polttimion vertailu

Mittaukset on suoritettu talviolosuhteissa käyttämällä 3 vuotta vanhaa ja noin 50 000 kilometriä autossa kiinni ollutta Hellan valmistamaa laillista xenonumpiota. Osramin 4300 K poltin on ollut koko tämän ajan umpion valonlähteenä.

Liitteessä 2 on esitelty kahdella ensimmäisellä sivulla lähivalon valaistusvoimakkuuden mittaustulokset vanhalle Osramin E-hyväksytylle polttimolle ja aivan uudelle CN:n saman värilämpötilan polttimolle. Kiinalaisen CN:n polttimosta ei löytynyt minkäänlaista hyväksymismerkintää. Tuloksista voidaan suoraan havaita, että 50 000 kilometriä vaikuttaa merkittävästi xenonpolttimion valaistusvoimakkuuteen. Syynä tähän on xenonpolttimion kaasusäiliön päissä olevien elektrodien kuluminen, jolloin virta joutuu kulkemaan pidemmän matkan ja polttimion teho laskee. Molemmilla polttimoilla ECE-98-normin mukaisten pisteiden 1 ja 2 valaistusvoimakkuus menee sel-

västi yli määriteltyjen arvojen. Nämä kaksi pistettä vastaavat maantiellä valaisimen keskiosaa ja vastaan tulijan silmätasoa 50 metrin etäisyydellä valaisimesta. Tämä ilmiö on ollut havaittavissa tässä työssä aikaisemminkin esitellyissä halogeeniumpiolla tehdyissä mittauksissa ja näyttää toistuvan myös xenonhyväksytyllä umpiolla. Syynä tähän voisi olla mittausolosuhteet ja varsinkin lumen häikäisy lähempänä maata mitattavissa pisteissä. Liitteen 2 tuloksista nähdään, kuinka paljon suurempi uuden polttimon valaistusvoimakkuus on pisteissä, jotka vastaavat maantiellä pidempää etäisyyttä, esimerkiksi 75 ja 50 metrin etäisyydellä valaisimen keskilinjasta suoraan oikealla/vasemmalle. Pisteissä, jotka vastasivat maantiellä lyhyempää etäisyyttä valaisimeen, kuten 8-13 pisteet, tilanne kuitenkin tasoittui ja vanhan polttimon arvot olivat jopa hiukan parempia. Syynä tähän on oletettavasti kahden eri valmistajan polttimot. Valokuvion keskilinjan tasossa tai sen yläpuolella voidaan taulukosta huomata selvästi uuden polttimon parempi valaistusvoimakkuus pisteissä 14–21. Suurin ero voidaan kuitenkin huomata käytetyn polttimon ja uuden välillä verrattaessa maksimi valaistusvoimakkuuksia keskilinjan molemmin puolin. 50 000 kilometriä auton lähivalona toimineen polttimon arvot ovat tippuneet lähes puoleen verrattaessa täysin uuteen polttimoon.

Kuvassa 17 on halogeeniumpion mittauskuvio ja kuvassa 18 vastaavasti xenonumpion mittauskuvio. Näistä kuvista voidaan huomata, että xenonumpion mittauskuvion pisteet ovat laajemmalla alueella kuin halogeeniumpion mittapisteteet. Määritelmistä voidaan kuitenkin huomata, että osalla pisteistä löytyy samoja vastaavuuksia maantiellä keskenään, esimerkiksi 75R ja 25R/25L. Hellan umpiossa 50 000 kilometriä kiinni ollut Osramin xenonpoltin valaisee jo suurimmassa osassa pisteistä huonommin kuin aivan uusi halogeenipoltin alkuperäisessä HCR-umpiossa. Tämä voidaan huomata vertailtaessa liitteen 1 ensimmäistä osaa liitteen 2 ensimmäiseen osaan, joissa molemmissa polttimoita on vertailtu lumella. Uuden halogeenipolttimon valaistusvoimakkuus on selvästi parempi pisteissä, jotka vastaavat tien oikeaa ja vasenta reunaa 50 ja 25 metrin etäisyydellä. Sama tilanne voidaan huomata kohdassa E_{50V}, joka tarkoittaa maantiellä ajettaessa tien pintaa 50 metrin etäisyydellä valaisimen keskilinjasta. Näiden lisäksi aivan uuden halogeenipolttimon valaistusvoimakkuus on parempi kuin xenonpolttimon kaikissa lähivalon valorajan yläpuolisissa pisteissä. On kuitenkin huomattava, että Hellan laillisessa xenonumpiossa lähivalo on toteutettu linssiumpioperiaatteella ja alkuperäisessä Boschin umpiossa heijastimella.

5.2.2 Philips 6000 K ja CN 6000 K

Philipsin ja CN:n polttimoissa ei kummassakaan ollut E-hyväksyntää, koska niiden värilämpötila 6000 K vastaa enemmän sinistä kuin valkoista valoa. Merkittävin ero polttimoiden välillä on merkki, joka vaikuttaa selvästi hintaan. Saksalainen Philips on huomattavasti kalliimpi kuin kiinalainen CN.

Liitteen 2 toisella sivulla olevista tuloksista voidaan kuitenkin huomata, että kalliimman ja halvemman polttimon valaistusvoimakkuuksissa ei ole merkittäviä eroja. Polttimoiden väliset erot eri mittauspisteissä pysyivät 1-2 luksin sisällä tai ero oli jopa pienempi. Halvemman ja kalliimman polttimon ero voi tulla esiin myöhemmin sen kestoikässä. Kaasupurkausvalaisimen kestoikään vaikuttavat kaasusäiliön päissä olevien elektrodien kuluminen sekä kaasusäiliön sisällä olevan ksenonkaasun paine ja määrä.

Verrattaessa uusia D2S-kannalla olevia 4300 K ja 6000 K polttimoita voidaan huomata, että määritelmän arvot ylittyvät samoissa pisteissä. Kuten kaikissa tämän työn mittauksissa, pisteet 1 ja 2 (ECE-112-kuviossa 1 ja 6), jotka vastaavat maantiellä valaisimen keskilinjaa ja vastaanulijan silmätasoa 50 metrin etäisyydellä, eivät pysy määritelmien sisällä. Uusien 4300 K ja 6000 K xenonpolttimoiden kohdalla voidaan myös huomata, että ECE-R98 mittakuvion alueella C- D, joka vastaa valoisa-pimeä-rajaa maantiellä määritelmän arvo ylittyy molemmissa tapauksissa. Syynä määritelmien ylityksiin ovat samat kuin aikaisemmin esille tulleet seikat eli mittausympäristö ja mittausmenetelmät. Hellan umpion kunnon ei pitäisi vaikuttaa tuloksiin yhtä paljon kuin auton alkuperäisen Boschin halogeeniumpion. Häikäisyä valoisa-pimeä-rajalla ei voi pitää edes kovin vakavana, koska se ei kohdistu vastaanulijan silmiin. Tuloksista voidaan huomata myös sama asia, joka todettiin jo aikaisemmin halogeeniumpiolla tehdyissä mittauksissa, kun testattiin eri värilämpötilan xenonmuutossarjoja. Lähempänä valkoista väriä oleva värilämpötila 4300 K lähettää valoa, jonka valaistusvoimakkuus on suurempi kuin 6000 K polttimon.

6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tutkia Bmw E36-korimallin ajovaloumpioiden ja niihin saatavien erilaisten polttimoratkaisujen vaikutusta valaistusvoimakkuuteen ja mahdolliseen vastaantulijan häikäisyyn. Työn tekeminen sujui hyvin, koska suunnittelu ja lähteiden kerääminen oli aloitettu tarpeeksi aikaisin. Suurimman haasteensa työssä aiheutti pitkien englanninkielisten ECE-normien mukaisten valomääräysten tutkiminen, jossa vierähti paljon aikaa. Mittauspöydän rakentamisen ja ECE-normin mukaisten mittapisteidien ja valaistusvoimakkuusarvojen löytämisen jälkeen työn toteutus sujui mutkattomasti lukuun ottamatta muutamilla xenonmuutossarjoilla tehtyjä mittauksia. Työssä saadut mittaustulokset olivat vertailukelpoisia keskenään, ja niiden avulla pystyttiin tutkimaan valaistusvoimakkuutta ja häikäisyä, vaikka ne eivät vastaakaan laboratorio olosuhteissa tehtyjä mittauksia.

Mittauksissa käytetyistä xenonmuutossarjoissa oli suuria laadullisia eroja. Halvemmallalla TC:n muovikannalla varustetulla polttimolla valokuvion muoto oli selvästi pielessä ja hajavaloa syntyi paljon. Peltikannalla varustettu kalliimpi CN:n poltin asettui paremmin kiinni valaisimeen ja valokuvio oli kohdallaan, mutta hajavaloa syntyi silti lähivalojen mittapisteissä ja normin mukaiset arvot ylittyivät vielä enemmän verrattaessa halogeenipolttimoon. Kaukovalon mittapisteissä xenonmuutossarja paransi huomattavasti vanhan halogeeniumpion valaistusvoimakkuutta.

Mittauksissa käytetty alkuperäinen Boschin vanha HCR-umpio kuvasi hyvin tilannetta, mitä tehdään usein: vanhaan kuluneeseen umpioon asennetaan laitton xenonmuutossarja parantamaan näkyvyyttä. Sen lisäksi tämä yhdistelmä on vielä saatava mahdollisimman halvalla, ja tällöin varsinkin halvemmilla muutossarjoilla valokuvio voi olla häikäisevä ja pahasti vääristynyt. Mittauksissa havaittiin talvisten olosuhteiden vielä lisäävän mahdollista häikäisyä. Näiden mittauksien pohjalta paras ratkaisu lähivaloon halogeeniumpiolle on vastaantulijan vähäisen häikäisyn kannalta tietenkin siihen kuuluva 55 W halogeenipoltin. Heijastinumpion lähivaloon tarkoitettu H7R 4300 K muutossarja olisi paras ratkaisu Bmw:n alkuperäisen HCR-umpion lähivaloksi, jos tarkoituksena on asentaa vähiten vastaantulijaa häikäisevä laitton xenonsarja ja samalla saada valokuvio paremmin valaistuksi tien oikeaan reunaan. Tien oikean reunan paremmalla valaistusvoimakkuudella voidaan nähdä metsästä tiellä pyrkivät eläimet ja

välttää mahdollisia kolareita. Alkuperäisen umpion kaukovaloon paras ratkaisu olisi käyttää 4300 K värilämpötilan H7-sarjaa. Tällöin saavutetaan kaukovalon paras valaistusvoimakkuus ja värilämpötilan valo vastaa valkoista valoa.

Lumen heijastamisen, muutossarjojen ja vanhojen umpioiden häikäisyvaikutuksen lisäksi työssä selvisi myös, kuinka yllättävän nopeasti xenonpolttimon valaistusvoimakkuus laskee muutaman vuoden käytön jälkeen. Polttimoita myyvät firmat kehuvat mainoksissaan kestävyyttä normaaliin halogeenipolttimoon verrattuna moninkertaiseksi, koska polttimossa ei ole tärinälle herkkää lankaa, mutta valaistusvoimakkuuden heikkenemisestä harvoin mainitaan mitään. Tämän työn tuloksista voidaan huomata, että lähivalona jatkuvasti päällä toimiva xenonpolttin alkaa yllättävän nopeasti olla valaistusvoimakkuudeltaan uuden halogeenipolttimon tasoa.

Mittausten tuloksista olisi varmasti saanut todella tarkkoja, jos ne olisi tehty oikeissa laboratorio-olosuhteissa ja oikeilla mittausvälineillä. Tässä työssä tehdyistä mittauksista olisi saanut enemmän oikeita olosuhteita vastaavia ja tarkempia, jos ne olisi ollut mahdollista tehdä kesällä ilman lumen häikäisyvaikutusta tai sisätiloissa suuressa hallissa. Sen lisäksi aivan uudet ajovaloumpiot olisivat muuttaneet mittaustuloksia.

Työ oli todella mielenkiintoinen ja vaati paljon pohdintaa mittausympäristön ja mittausjärjestelyiden toteutuksen osalta. Valomittarille tehtyjen mittausten jälkeen tekstiosuuden kirjoittaminen sujui helposti ja työn tekstiosuudesta tuli pidempi kuin oletin. Työssä käydään selkeästi läpi yleistä tietoa ajovalojen historiasta, niiden hyväksymismerkinnöistä ja eri ajovalopolttimo- ja umpiotyypeistä sekä niitä koskevat määräykset. Menetelmät-osiossa esitellyistä ECE-normin mukaisista mittauskuvioista käy hyvin ilmi, kuinka ajovalojen valaistusvoimakkuuksia arvioidaan niin, että vastaantulijanhäikäisy olisi mahdollisimman vähäistä ja samassa osiossa kerrotaan myös kuinka mittauksia tehdään oikeissa laboratorio-olosuhteissa. Työn tulokset olivat odotetunlaisia ja niistä on varmasti hyötyä tulevaisuuden opiskelijoille.

LÄHTEET

/1/ EPD Motorsport. WWW-dokumentti. <http://www.epdtuning.com/>. Päivitetty 20.1.2011. Luettu 20.1.2011

/2/ Lahden Teho-opetus Oy 2004. Insinöörin (Amk) Fysiikka. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy

/3/ Ketonen, Tapio. Kaasupurkausvalot tuovat turvallisuutta. Tuulilasi 5/04 s.100-102

/4/ Avaruuskulma. WWW-dokumentti.<http://www.astro.utu.fi/zubi/math/solidang.htm>. Luettu 20.1.2011

/5/ Illuminating! A brief history of the headlight. WWW- dokumentti. <http://www.ridelust.com/illuminating-a-brief-history-of-the-headlight/>. Päivitetty 25.1.2011. Luettu 25.1.2011.

/6/ History of automotive headlamps. WWW-dokumentti. www.autoevolution.com/news/history-of-automotive-headlamps-from-acetylene-to-leds-4485.html. Päivitetty 25.1.2011. Luettu 25.1.2011.

/7/ Hella headlight systems. WWW- dokumentti. http://dastern.torque.net/techdocs/Archives/Hella_Systems/hella_headlamp_systems.htm. Päivitetty 29.12.2010. Luettu 23.1.2011.

/8/ Autoalan koulutuskeskus Oy. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2005.

/9/ Free form(FF). WWW-dokumentti. http://dastern.torque.net/techdocs/Archives/Hella_Systems/free_form.htm. Päivitetty 29.12. Luettu 23.1.2011.

/10/ Ellipsoidal (DE). WWW- dokumentti. http://dastern.torque.net/techdocs/Archives/Hella_Systems/de.htm. Päivitetty 29.12.2010. Luettu 24.1..2011.

/11/ Super DE (combined with FF). WWW- dokumentti. http://dastern.torque.net/techdocs/Archives/Hella_Systems/super_de.htm. Päivitetty 29.12.2010. Luettu 24.1.2011.

/12/ Yleistä xenoneista. WWW- dokumentti. http://www.xenonkauppa.fi/epages/Kaupat.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/Xenon/Categories/Artikkelit/Yleistietoa. Päivitetty 26.1.2011. Luettu 26.1.2011.

/13/ Bosch, Robert 2003. GmbH. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä:Gummerus Oy.

/14/ ECE R-112. WWW-dokumentti.

http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/R112rev2_e.pdf. Päivitetty 28.9.2010. Luettu 25.1.2011.

/15/ ECE R-98. WWW-dokumentti.

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r098r1e.pdf>. Päivitetty 28.9.2010. Luettu 25.1.2011.

/16/ Ake ajovalomääräykset. WWW- dokumentti. <http://www.ake.fi/pdf/79-208-2004.pdf>. Päivitetty 30.1.2004. Luettu 26.1.2011.

/17/ Valot. WWW- dokumentti. <http://www.a-katsastus.fi/Autolija-info/tehopaketti%20tietoa%20autoilijoille/valot/Sivut/default.aspx>. Päivitetty 27.1.2011. Luettu 27.1.2011.

/18/ Kaasupurkausvalaisimen vaatimukset. WWW- dokumentti.

<http://www.ake.fi/NR/rdonlyres/E1446C83-E31E-4CAA-B4E5-1AD3DAC298C2/0/LTT200604.pdf>. Päivitetty 19.10.2010. Luettu 27.1.2011.

/19/ Bosch, Robert 2007. GmbH. Automotive handbook. 7. painos.

/20/ Alternative co-ordinates system for afs draft regulations. WWW- dokumentti.

<http://www.unece.org/trans/doc/2003/wp29gre/TRANS-WP29-GRE-50-11e.pdf>. Päivitetty 19.6.2009. Luettu 7.2.2011.

/21/ Goniophotometer systems. WWW- dokumentti.

<http://www.optronik.de/Goniophotometer.pdf>. Päivitetty 25.2.2006. Luettu 10.2.2011.

/22/ TES- 1336A lightmeter. WWW- dokumentti. http://www.isre.com/specs-tes1336a-light_meter.htm. Päivitetty 13.5.2010. Luettu 28.1.2011.

/23/ Flösser: Produktkatalog. WWW- dokumentti.

[http://flosser.com/?id=52&L=1&tx_commerce_pi1\[showUid\]=26408](http://flosser.com/?id=52&L=1&tx_commerce_pi1[showUid]=26408). Päivitetty 18.2.2011. Luettu 18.2.2011.

halogeeniumpion mittaustulokset

| Halogeeni H7 55W | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|------------------|
| Lähivalo | | | | | |
| Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx | Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx |
| 1. E _{Hv} | ≤0,7 | 5,3 | 14. E _{50L} | ≥2 | 17,1 |
| 2. E _{75R} | ≥12 | 23,4 | 15. E _{75L} | ≥12 | 10,3 |
| 3. E _{50R} | ≥12 | 28,6 | 16. E _{8L/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,1 |
| 4. E _{25R} | ≥2 | 13,3 | 17. E _{V/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,2 |
| 5. E _{25L} | ≥2 | 10,2 | 18. E _{8R/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,5 |
| 6. E _{B50L} | ≤0,4 | 3,0 | 19. E _{4L/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 1,9 |
| Zone 1 | ≤E _{50R} | 26,1 | 20. E _{V/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 2,4 |
| Zone 3 | ≤0,7 | 3,3 | 21. E _{4R/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 2,8 |
| Zone 4 | ≥3 | 32,7 | 22. E _{8L/H} | ≥0,1;≤0,7 | 2,9 |
| 13. E _{50V} | ≥6 | 26,6 | 23. E _{4L/H} | ≥0,2;≤0,7 | 4,1 |

| Kaukovalo | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|
| Testipisteet | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 7. E _{MAX} | >48 | 97,5 |
| | <16*E _{75R} | |
| | (<240) | |
| 8. E _{H-5,15°} | ≥6 | 16,8 |
| 9. E _{H-2,55°} | ≥24 | 40,0 |
| 10. E _{HV} | ≥0,8E _{max} | 90,1 |
| 11. E _{H+2,55°} | ≥24 | 49,8 |
| 12. E _{H+5,15°} | ≥6 | 20,1 |

halogeeniumpion mittaustulokset

| Halogeeni H7 55W (tuhkaa levitetty maahan) | | | | | |
|--|-------------------|---------------|------------------------|------------|------------------|
| Lähivalo | | | | | |
| Testipiste | Määritelmä | Mitatut arvot | Testipiste | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 1. E _{HV} | ≤0,7 | 3,5 | 14. E _{50L} | ≥2 | 14,9 |
| 2. E _{75R} | ≥12 | 13,7 | 15. E _{75L} | ≥12 | 9,6 |
| 3. E _{50R} | ≥12 | 16,7 | 16. E _{8L/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 0,6 |
| 4. E _{25R} | ≥2 | 16,9 | 17. E _{V/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,0 |
| 5. E _{25L} | ≥2 | 8,5 | 18. E _{8R/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 0,9 |
| 6. E _{B50L} | ≤0,4 | 1,7 | 19. E _{4L/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 0,9 |
| Zone 1 | ≤E _{50R} | 24,2 | 20. E _{V/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 1,3 |
| Zone 3 | ≤0,7 | 2,6 | 21. E _{4R/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 1,5 |
| Zone 4 | ≥3 | 31,6 | 22. E _{8L/H} | ≥0,1;≤0,7 | 1,6 |
| 13. E _{50V} | ≥6 | 16,8 | 23. E _{4L/H} | ≥0,2;≤0,7 | 0,5 |

| Kaukovalo | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|
| Testipisteet | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 7. E _{MAX} | >48 | 75,1 |
| | <16*E _{75R} | |
| | (<240) | |
| 8. E _{H-5,15°} | ≥6 | 12,2 |
| 9. E _{H-2,55°} | ≥24 | 28,2 |
| 10. E _{HV} | ≥0,8E _{max} | 65,9 |
| 11. E _{H+2,55°} | ≥24 | 58,0 |
| 12. E _{H+5,15°} | ≥6 | 22,9 |

halogeniumpion mittaustulokset

| Xenon 35W H7 6000K | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|------------------|
| Lähivalo | | | | | |
| Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx | Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx |
| 1. E _{Hv} | ≤0,7 | 13,4 | 14. E _{50L} | ≥2 | 38,2 |
| 2. E _{75R} | ≥12 | 35,2 | 15. E _{75L} | ≥12 | 27,6 |
| 3. E _{50R} | ≥12 | 39,2 | 16. E _{8L/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,9 |
| 4. E _{25R} | ≥2 | 20,0 | 17. E _{V/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 3,0 |
| 5. E _{25L} | ≥2 | 18,2 | 18. E _{8R/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 2,4 |
| 6. E _{B50L} | ≤0,4 | 6,7 | 19. E _{4L/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 3,6 |
| Zone 1 | ≤E _{50R} | 33,0 | 20. E _{V/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 4,3 |
| Zone 3 | ≤0,7 | 10,5 | 21. E _{4R/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 5,0 |
| Zone 4 | ≥3 | 51,3 | 22. E _{8L/H} | ≥0,1;≤0,7 | 7,3 |
| 13. E _{50V} | ≥6 | 53,1 | 23. E _{4L/H} | ≥0,2;≤0,7 | 11,0 |

| Kaukovalo | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|
| Testipisteet | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 7. E _{MAX} | >48 | 145,9 |
| | <16*E _{75R} | |
| | (<240) | |
| 8. E _{H-5,15°} | ≥6 | 28,0 |
| 9. E _{H-2,55°} | ≥24 | 70,7 |
| 10. E _{Hv} | ≥0,8E _{max} | 136,2 |
| 11. E _{H+2,55°} | ≥24 | 68,2 |
| 12. E _{H+5,15°} | ≥6 | 24,9 |

halogeeniumpion mittaustulokset

| Xenon 35W H7 8000K | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|------------------|
| Lähivalo | | | | | |
| Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx | Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx |
| 1. E _{Hv} | ≤0,7 | 16,0 | 14. E _{50L} | ≥2 | 43,7 |
| 2. E _{75R} | ≥12 | 34,3 | 15. E _{75L} | ≥12 | 32,3 |
| 3. E _{50R} | ≥12 | 35,4 | 16. E _{8L/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,8 |
| 4. E _{25R} | ≥2 | 15,9 | 17. E _{V/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 2,5 |
| 5. E _{25L} | ≥2 | 17,5 | 18. E _{8R/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 2,4 |
| 6. E _{B50L} | ≤0,4 | 7,5 | 19. E _{4L/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 3,5 |
| Zone 1 | ≤E _{50R} | 33,1 | 20. E _{V/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 4,2 |
| Zone 3 | ≤0,7 | 9,4 | 21. E _{4R/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 5,7 |
| Zone 4 | ≥3 | 43,4 | 22. E _{8L/H} | ≥0,1;≤0,7 | 9,3 |
| 13. E _{50v} | ≥6 | 35,9 | 23. E _{4L/H} | ≥0,2;≤0,7 | 14,4 |

| Kaukovalo | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|
| Testipisteet | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 7. E _{MAX} | >48 | 143,5 |
| | <16*E _{75R} | |
| | (<240) | |
| 8. E _{H-5,15°} | ≥6 | 20,7 |
| 9. E _{H-2,55°} | ≥24 | 89,9 |
| 10. E _{Hv} | ≥0,8E _{max} | 120,3 |
| 11. E _{H+2,55°} | ≥24 | 44,2 |
| 12. E _{H+5,15°} | ≥6 | 18,4 |

halogeniumpion mittaustulokset

| Xenon 35W H7 4300K | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|------------------|
| Lähivalo | | | | | |
| Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx | Testipisteet | Määritelmä lx | Mitatut arvot lx |
| 1. E _{Hv} | ≤0,7 | 8,4 | 14. E _{50L} | ≥2 | 22,3 |
| 2. E _{75R} | ≥12 | 20,5 | 15. E _{75L} | ≥12 | 11,4 |
| 3. E _{50R} | ≥12 | 20,5 | 16. E _{8L/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,9 |
| 4. E _{25R} | ≥2 | 22,2 | 17. E _{V/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 2,6 |
| 5. E _{25L} | ≥2 | 15,6 | 18. E _{8R/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 2,4 |
| 6. E _{B50L} | ≤0,4 | 5,2 | 19. E _{4L/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 3,2 |
| Zone 1 | ≤E _{50R} | 40,3 | 20. E _{V/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 4,0 |
| Zone 3 | ≤0,7 | 10,9 | 21. E _{4R/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 4,9 |
| Zone 4 | ≥3 | 51,8 | 22. E _{8L/H} | ≥0,1;≤0,7 | 4,9 |
| 13. E _{50V} | ≥6 | 37,3 | 23. E _{4L/H} | ≥0,2;≤0,7 | 6,4 |

| Kaukovalo | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|
| Testipisteet | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 7. E _{MAX} | >48 | 159,6 |
| | <16*E _{75R} | |
| | (<240) | |
| 8. E _{H-5,15°} | ≥6 | 33,1 |
| 9. E _{H-2,55°} | ≥24 | 76,2 |
| 10. E _{Hv} | ≥0,8E _{max} | 136,8 |
| 11. E _{H+2,55°} | ≥24 | 73,3 |
| 12. E _{H+5,15°} | ≥6 | 22,8 |

halogeeniumpion mittaustulokset

| Xenon 35W H7R 4300K | | | | | |
|----------------------|-------------------|---------------|------------------------|------------|------------------|
| Lähivalo | | | | | |
| Testipiste | Määritelmä | Mitatut arvot | Testipiste | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 1. E _{HV} | ≤0,7 | 7,7 | 14. E _{50L} | ≥2 | 9,4 |
| 2. E _{75R} | ≥12 | 24,5 | 15. E _{75L} | ≥12 | 7,3 |
| 3. E _{50R} | ≥12 | 32,5 | 16. E _{8L/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,2 |
| 4. E _{25R} | ≥2 | 23,9 | 17. E _{V/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 1,9 |
| 5. E _{25L} | ≥2 | 7,9 | 18. E _{8R/4U} | ≥0,1;≤0,7 | 2,8 |
| 6. E _{B50L} | ≤0,4 | 4,1 | 19. E _{4L/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 2,3 |
| Zone 1 | ≤E _{50R} | 25,8 | 20. E _{V/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 3,0 |
| Zone 3 | ≤0,7 | 6,11 | 21. E _{4R/2U} | ≥0,2;≤0,7 | 4,4 |
| Zone 4 | ≥3 | 35,6 | 22. E _{8L/H} | ≥0,1;≤0,7 | 4,1 |
| 13. E _{50V} | ≥6 | 28,3 | 23. E _{4L/H} | ≥0,2;≤0,7 | 5,4 |

| Kaukovalo | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|
| Testipisteet | Määritelmä | Mitatut arvot lx |
| 7. E _{MAX} | >48 | 122,0 |
| | <16*E _{75R} | |
| | (<240) | |
| 8. E _{H-5,15°} | ≥6 | 7,4 |
| 9. E _{H-2,55°} | ≥24 | 16,1 |
| 10. E _{HV} | ≥0,8E _{max} | 105,0 |
| 11. E _{H+2,55°} | ≥24 | 55,0 |
| 12. E _{H+5,15°} | ≥6 | 37,3 |

xenonumpion mittaustulokset

| Osram D2S 4300K 3 vuotta vanha | | | | | | |
|--------------------------------|------|------------|---------|---------|------------|---------|
| Piste | | Määritelmä | Mitattu | Piste | Määritelmä | Mitattu |
| 1 | HV | 1 max | 3,8 | 14 | 0,1 min | 0,8 |
| 2 | B50L | 0,5 max | 1,5 | 15 | 0,1 min | 1,0 |
| 3 | 75R | 20min | 18,3 | 16 | 0,1 min | 1,0 |
| 4 | 50L | 20max | 13,9 | 17 | 0,2 min | 1,2 |
| 5 | 25L1 | 30max | 12,7 | 18 | 0,2 min | 1,4 |
| 6 | 50V | 12min | 16,3 | 19 | 0,2 min | 1,7 |
| 7 | 50R | 20min | 18,1 | 20 | 0,1 min | 2,7 |
| 8 | 25L2 | 4min | 9,2 | 21 | 0,1 min | 3,4 |
| 9 | 25R1 | 4min | 10,3 | A to B | 6 min | 18,0 |
| 10 | 25L3 | 2min | 3,9 | C to D | 6 max | 15,7 |
| 11 | 25R2 | 2min | 5,2 | E to F | 20 max | 9,5 |
| 12 | 15L | 1min | 2,8 | E max R | 70 max | 22,6 |
| 13 | 15R | 1min | 3,1 | E max L | 50 max | 17,0 |

CN D2S 4300K uusi

| Piste | | Määritelmä | Mitattu | Piste | Määritelmä | Mitattu |
|-------|------|------------|---------|---------|------------|---------|
| 1 | HV | 1 max | 7,1 | 14 | 0,1 min | 1,3 |
| 2 | B50L | 0,5 max | 3,6 | 15 | 0,1 min | 1,8 |
| 3 | 75R | 20min | 24,5 | 16 | 0,1 min | 1,4 |
| 4 | 50L | 20max | 25,1 | 17 | 0,2 min | 2,4 |
| 5 | 25L1 | 30max | 29,2 | 18 | 0,2 min | 2,6 |
| 6 | 50V | 12min | 28,3 | 19 | 0,2 min | 2,5 |
| 7 | 50R | 20min | 24,8 | 20 | 0,1 min | 3,4 |
| 8 | 25L2 | 4min | 7,2 | 21 | 0,1 min | 5,7 |
| 9 | 25R1 | 4min | 7,3 | A to B | 6 min | 31,7 |
| 10 | 25L3 | 2min | 2,9 | C to D | 6 max | 15,9 |
| 11 | 25R2 | 2min | 2,8 | E to F | 20 max | 30,3 |
| 12 | 15L | 1min | 2,3 | E max R | 70 max | 41,1 |
| 13 | 15R | 1min | 3,0 | E max L | 50 max | 39,1 |

xenonumpion mittaustulokset

Phillips D2S 6000K

| Piste | | Määritelmä | Mitattu | Piste | Määritelmä | Mitattu |
|-------|------|------------|---------|---------|------------|---------|
| 1 | HV | 1 max | 6,7 | 14 | 0,1 min | 0,9 |
| 2 | B50L | 0,5 max | 1,9 | 15 | 0,1 min | 1,2 |
| 3 | 75R | 20min | 28,2 | 16 | 0,1 min | 1,1 |
| 4 | 50L | 20max | 15,9 | 17 | 0,2 min | 1,4 |
| 5 | 25L1 | 30max | 14,7 | 18 | 0,2 min | 1,7 |
| 6 | 50V | 12min | 27,9 | 19 | 0,2 min | 1,8 |
| 7 | 50R | 20min | 28,2 | 20 | 0,1 min | 2,2 |
| 8 | 25L2 | 4min | 7,7 | 21 | 0,1 min | 3,1 |
| 9 | 25R1 | 4min | 10,6 | A to B | 6 min | 27,7 |
| 10 | 25L3 | 2min | 3,9 | C to D | 6 max | 17,7 |
| 11 | 25R2 | 2min | 5,1 | E to F | 20 max | 19,0 |
| 12 | 15L | 1min | 2,9 | E max R | 70 max | 30,3 |
| 13 | 15R | 1min | 3,0 | E max L | 50 max | 27,8 |

CN D2S 6000K

| Piste | | Määritelmä | Mitattu | Piste | Määritelmä | Mitattu |
|-------|------|------------|---------|---------|------------|---------|
| 1 | HV | 1 max | 6,1 | 14 | 0,1 min | 0,9 |
| 2 | B50L | 0,5 max | 2,1 | 15 | 0,1 min | 1,3 |
| 3 | 75R | 20min | 27,1 | 16 | 0,1 min | 1,2 |
| 4 | 50L | 20max | 14,4 | 17 | 0,2 min | 1,5 |
| 5 | 25L1 | 30max | 17,2 | 18 | 0,2 min | 1,8 |
| 6 | 50V | 12min | 27,0 | 19 | 0,2 min | 1,8 |
| 7 | 50R | 20min | 28,2 | 20 | 0,1 min | 2,5 |
| 8 | 25L2 | 4min | 6,6 | 21 | 0,1 min | 3,5 |
| 9 | 25R1 | 4min | 9,4 | A to B | 6 min | 29,8 |
| 10 | 25L3 | 2min | 2,9 | C to D | 6 max | 14,7 |
| 11 | 25R2 | 2min | 4,0 | E to F | 20 max | 20,4 |
| 12 | 15L | 1min | 2,5 | E max R | 70 max | 32,2 |
| 13 | 15R | 1min | 2,8 | E max L | 50 max | 29,6 |