



# **POLIISIAJONEUVOJEN HÄLYTYSVALOJEN SUUNNITTELU**

Paavo Mikkonen

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2014  
Auto- ja kuljetustekniikka  
Auto- ja työkonetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma  
Auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto

MIKKONEN, PAAVO:  
Poliisiajoneuvojen hälytysvalojen suunnittelu

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Joulukuu 2014

---

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin hälytysvaloasennukset poliisin moottoripyöriin sekä tunnuksettomiin ja irtokilpiajoneuvoihin. Suunnittelutyössä tutkittiin ajoneuvon ympäri näkyvän hälytysvalon toteuttamista erillisillä suuntaavilla hälytysvaloilla nykyisin käytössä olevan majakkavilkun sijaan. Hälytysvalojen näkyvyyttä tarkasteltiin työssä vain horisontaalisessa tasossa. Työssä edettiin 3D-suunnitteluprosessin vaiheiden mukaisesti lukuun ottamatta viimeistä lopputuotteiden valmistusvaihetta. Työelämän tarpeisiin sijoittuva suunnittelutyö tehtiin Poliisihallitukselle.

Suunnittelutyötä varten perehdyttiin lainsäädäntöön hälytysvalojen asennuksesta ja vaatimuksista. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission E-sääntö n:o 65:stä sovellettiin valojärjestelmän tarkasteluun liittyviä vaatimuksia sekä suunnittelun tueksi valojen hyväksyntää koskevia määritelmiä. Suunnittelussa ja dokumentoinnissa käytettiin 3D-mallinnusohjelmistoa. Valojen mitoitus ajoneuvoon tehtiin mallinnettujen kappaleiden kokoonpanolla, josta luotiin 2D-piirustukset.

Työn tuloksena saatiin 3D-mallinnusohjelman avulla tavoitteiden mukaiset piirustukset hälytysvalojen sijoittelusta ajoneuvoihin. Piirustuksiin sovellettiin 3D-ohjelman ominaisuuksia, jotta piirustukset havainnollistaisivat mahdollisimman hyvin hälytysvalojen sijoittumista ajoneuvoon sekä valokeilojen limittymistä keskenään. Piirustusten mukaisesti toteutetut hälytysvalot poistavat majakkavilkun käyttöön liittyvät ongelmat, sekä niiden arvioidaan parantavan käyttömukavuutta ja turvallisuutta. Hälytysvalojen näkyvyyttä voitaisiin tarkastella myös vertikaalisessa tasossa, jolloin saataisiin havainnollisempi kuvaus valojen näkyvyydestä. Opinnäytetyön liitteissä olevat piirustukset ovat luottamuksellista aineistoa, jonka takia ne on rajattu pois julkisesta raportista.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Automobile and Transport Engineering  
Option of Industrial Vehicle Engineering

MIKKONEN, PAAVO:

The Design of Emergency Lights for Police Vehicles

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 0 pages

December 2014

---

The purpose of this thesis was to design emergency lights for four different kinds of police vehicles. Design process caused emergency light set up which is comprised of several separate units. Designed system's intention is to replace the beacon light currently used. Emitting light needs to be seen from all around vehicles vertical axis. For that reason emitting light was examined only from the top view. This thesis was made for National Police Board as their necessity.

The theoretical section explores national laws regarding police vehicles and also United Nations Economic Committee for Europe's Inlands Transport Commission's Regulation 65, which concerns special warning lights. Design and documentation was made with 3D CAD software by complying with 3D design process steps. Necessary parts were modelled and assembled to create 2D drawings.

The results yielded technical drawings of emergency light set up, which achieve the targets of this thesis. Beacon light problems are mostly about its usability. New solution, which is made of several separate units, is easier to use and it is estimated to increase comfort and safety. Emergency lights could be examined also from front, back and sides, which would give clear view of the emitting light's true visibility. Appendices include confidential material, which is why they are hidden from public version of this thesis.

---

Key words: emergency light, police vehicle

## SISÄLLYS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO.....   | 5  |
| 2     | POLIISIAJONEUVOJEN VARUSTELU .....                          | 6  |
| 2.1   | Hälytyslaitteet .....                                       | 6  |
| 2.2   | Varustelutasot .....  | 7  |
| 3     | SUUNNITTELUA MÄÄRÄÄVÄT TEKIJÄT .....                        | 11 |
| 3.1   | Lainsäädäntö ja direktiivit .....                           | 11 |
| 3.1.1 | Poliisiajoneuvo.....  | 11 |
| 3.1.2 | Varusteet .....   | 11 |
| 3.2   | E-säännöt yleisesti .....                                   | 14 |
| 3.3   | E-sääntö n:o 65 .....                                       | 15 |
| 3.3.1 | Valaisimen valokeila.....                                   | 15 |
| 3.3.2 | Mittausetäisyys.....  | 16 |
| 3.3.3 | Valoteho .....  | 16 |
| 3.4   | E-sääntö n:o 10 .....                                       | 17 |
| 3.5   | Hyväksyntämerkinnät .....                                   | 17 |
| 3.5.1 | Direktiivi .....  | 17 |
| 3.5.2 | E-säännöt.....  | 18 |
| 3.6   | Poliisin sisäiset ohjeet.....                               | 21 |
| 3.7   | Liikenteen turvallisuusviraston vireillä oleva määräys..... | 22 |
| 4     | SUUNNITTELU .....   | 23 |
| 4.1   | Suunnitteluprosessi .....                                   | 23 |
| 4.2   | Suunnittelu työ.....  | 24 |
| 4.3   | Piirustukset.....   | 24 |
| 5     | NYKYTILAN SELVITYS.....                                     | 26 |
| 5.1   | Majakkavilkku .....   | 26 |
| 5.2   | Vaatimusten mukaiset valot.....                             | 27 |
| 6     | VÄHIMMÄISTASON MÄÄRITTELY .....                             | 28 |
| 7     | PIIRUSTUSTEN TOTEUTUS .....                                 | 30 |
| 7.1   | 3D-mallit.....  | 30 |
| 7.2   | Asennuksessa huomioitavat seikat.....                       | 32 |
| 8     | LOPPUTULOKSET.....  | 34 |
| 9     | POHDINTA.....   | 35 |
|       | LÄHTEET.....  | 37 |

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja dokumentoidaan hälytysvaloasennukset poliisin moottoripyöriin sekä tunnuksettomiin ja irrotettavalla hälytysvalopaneelilla varustettuihin autoihin. Edellä mainituissa ajoneuvoissa on tähän saakka ollut käytössä niin sanottu majakkavilkku, joka on varmistanut hälytysvalojen näkyvyyden vaakatasossa kaikkiin suuntiin. Työn tilaajan tavoitteena on tulevaisuudessa varustella nämä mainitut ajoneuvoryhmät tämän opinnäytetyön piirustusten perusteella ilman majakkavilkkuja. Suunniteltujen hälytysvaloasennusten on täytettävä sekä kansallisen lainsäädännön edellyttämät että Liikenteen turvallisuusviraston vireillä olevan määräyksen vaatimukset.

Tehtävänä työssä on suunnitella erillisillä hälytysvaloilla toteutettavat valoasennukset niin, että hälytysvalo näkyy esteettä vaakatasossa kaikista suunnista ajoneuvon ympärillä ja asennukset ovat ajoneuvojen rakenteet huomioon ottaen toteutettavissa. Lisäksi työssä selvitetään nykytilaa perehtymällä lainsäädännön asettamiin rajoituksiin ja vaatimuksiin sekä käytettävien hälytysvalojen hyväksyntöihin, koska on varmistettava, että valot täyttävät niille säädetyt tekniset vaatimukset. Suunnittelun lähtökohtana käytetään Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission sisämaankuljetuskomitean E-sääntöä n:o 65, joka käsittelee varoitusvaloja. Suunnittelussa sovelletaan säännön määritelmiä siitä, miten 360°:n näkyvyys erillisillä suuntaavilla hälytysvaloilla toteutetaan.

Useissa markkinoilla myynnissä olevissa valoissa käytetään led-tekniikkaa, jolla on monia etuja verrattuna vanhempiin halogeeni- ja kaasupurkausvalojärjestelmiin, kuten pienempi virrankulutus, pienempi koko ja parempi asennettavuus. Tästä syystä suunnittelussa oletetaan, että varustelussa käytetään vain Suomeen maahantuotavia tieliikennekäyttöön hyväksytyjä led-hälytysvaloja. Suunnittelussa otetaan huomioon valojen asennettavuus, mikä rajaa sitä minkä tyyppistä valoa tulee käyttää.

Tässä työssä ei oteta huomioon poliisin käytössä olevia veneitä, moottorikelkkoja, leasingsopimusautoja tai muita erikoisajoneuvoja, joissa käytetään majakkavilkkuja. Tunnukselliset autot ovat myös rajattu ulkopuolelle. Suunnittelulla tuotetaan työn tilaajan käyttöön yksiselitteiset piirustukset hälytysvaloasennuksista, joiden avulla tavoitellaan parempaa hälytysajoturvallisuutta ja käytettävyyttä. Lisäksi saadaan hyvä lähtökohta hälytysvalojen osalta varustelun dokumentoinnille ja kehittämiselle.

## 2 POLIISIAJONEUVOJEN VARUSTELU

Poliisiajoneuvot varustellaan Poliisihallituksen resurssiyksikön ohjauksessa toimivan konsernipalveluiden toimesta. Pääasiallisesti vastuullisia koko varusteluprosessin ohjauksesta ja hallinnasta ovat logistiikka- ja materiaalityöryhmät. (Poliisihallitus 2014) Poliisihallituksen materiaaliasiantuntija Timo Virtanen selventää, että varustelutyön tekevät kilpailutetut alihankkijat, jotka myös hankkivat kaiken asennuksiin käytettävän materiaalin. Varustelu toteutetaan Poliisihallituksen kilpailutuksessa esittämien vaatimusten mukaan. Ajoneuvojen varusteluun kuuluu sekä sisä- että ulkopuolisten varusteiden asentaminen. (Virtanen 2014a)

### 2.1 Hälytyslaitteet

Hälytyslaitteita ovat ajoneuvoihin asennettavat erityiset valo- ja äänimerkinantolaitteet. Suomessa käytetään hälytysvalona Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission E-säännön n:o 65 ja kansallisen lainsäädännön mukaista vilkkuvaa sinistä valoa. Lisäksi on kansallisesti säädetty, että punaista vilkkuvaa valoa käytetään pysäytysvalona. Lisäksi hälytysajoneuvoon vaaditaan hälytysäänimerkinantolaite. Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksissa (1248/2002 & 1250/2002) määritellään laitteiden yksityiskohtaiset vaatimukset. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus 1248/2002 & 1250/2002)

Majakkavilkku kiinnitetään autoihin joko magneetilla, imukupilla tai molemmilla. Kiinnitystapa riippuu valon merkistä ja mallista sekä asennuskohteesta. Kiinnityksen tarkoitus kaikissa tapauksissa on kuitenkin nopea ja helppo asennettavuus auton katolle, mistä se näkyy esteettä auton ympärille kaikkiin suuntiin. Moottoripyörissä majakkavilkku asennetaan kiinteästi aivan moottoripyörän takaosaan, yleensä erilliselle telineelle. Asennus ei kuitenkaan täytä näkyvyysvaatimusta vaakatasossa koko ajoneuvon ympäri, koska kuljettaja ja ajoneuvon rakenteet peittävät osan näkyvyydestä. Tästä syystä tarvitaan vähintään kulkusuunnassa eteenpäin osoittavat suuntaavat lisähälytysvalot. (Virtanen 2014a)

Hälytysääntä ja -valoja ohjataan vahvistin-ohjainlaitteen käyttökytkimillä. Valojen ja äänen käyttölaitteiden tulee toimia niin, että pelkät siniset hälytysvalot ovat kytkettävissä toimintaan erikseen. Pysäytysvalon kanssa kytkeytyvät toimintaan samanaikaisesti siniset hälytysvalot. Lisäksi molemmissa edellisissä tapauksissa on hälytysäänen oltava kytkettävissä toimintaan valojen kanssa erikseen. Toisin sanoen, pelkkä punainen pysäytysvalo tai hälytysääni ei saa olla kytkettävissä toimintaan yksinään. Tunnuksettomissa autoissa käyttökytkimet ovat yksinkertaiset ja usein upotusasennettuina auton keskikonsolin rakenteisiin. Tunnuksellisissa autoissa käytetään kehittyneitä ohjausjärjestelmiä, joissa on joko painonapit tai hipaisunäppäimet käyttölaitteissa. Järjestelmillä ohjataan myös muita valoja sekä toimilaitteita. Moottoripyöriin asennetaan yksinkertaisempia käyttökytkimiä kuten kiertokytkin, koska niiden tulee olla helppo- ja nopeakäyttöisiä ajoneuvon hallittavuuden takia. Kaikissa laitekoonpanoissa käytetään jonkinlaista merkkivaloa tai muuttuvaa symbolia osoittamaan valojen toiminnan tilaa tai sen muuttumista toiseksi. (Virtanen 2014a)

## 2.2 Varustelutasot

Poliisiajoneuvot, joita käytetään päivittäisessä näkyvässä poliisityössä, voidaan luokitella ulkopuolisen varustelutason mukaan tunnuksellisiin ja tunnuksettomiin ajoneuvoihin sekä irtokilpiautoihin. Luokittelu helpottaa ajoneuvotyyppien erottamista toisistaan. Sisäpuolinen varustelu ja laitteet voivat vaihdella, vaikka ajoneuvotyyppi olisi sama. Moottoripyörien varustelu on aina lähes sama riippumatta siitä, onko ajoneuvo tunnuksellinen vai tunnukseton, koska niillä suoritettavat tehtävät painottuvat liikenteenvalvontaan. (Virtanen 2014a)

Tunnukselliset ajoneuvot tarkoittavat ulkoisin poliisitunnuksin varusteltuja ajoneuvoja, jotka ovat helposti tunnistettavissa poliisiajoneuvoiksi. Ulkoisia tunnuksia ovat valkoinen pohjaväri, ”POLIISI” ja ”POLIS”-tekstit, autoissa pyöräkaarien kohdalla olevat raidat ja muissa ajoneuvoissa vastaavanlainen raita, ääni- ja valomerkinantolaitteet, lisäksi hätänumero ja ajoneuvon kutsutunnukset sekä miekkaleijonaembleemit. (Sisustus- ja varustelumääritykset... 2011) Näillä ajoneuvo osoitetaan poliisiajoneuvoksi. Tunnuksellisissa autoissa hälytysvaloille asetetun 360°:n vaakatason näkyvyysvaatimuksen täyttää katolle sijoitettu hälytysvalopaneeli tai pakettirunkoisissa autoissa korotettuun katonosaan integroidut hälytysvalot. Valopaneelin lisäksi autot varustellaan erillisillä

suunnatuilla lisähälytysvaloilla. Näillä lisähälytysvaloilla lisätään näkyvyyttä ajotilanteita varten, erityisesti etuviistoon suunnatuilla valoilla halutaan risteysalueille parempi huomioitavuus muille tienkäyttäjille. Auton takaosassa taaksepäin suunnatuilla lisähälytysvaloilla varmistetaan näkyvyys esimerkiksi auton ollessa pysäköitynä ja tavaratilan luukku avattuna. Tällöin avattu luukku saattaa peittää kattopaneelin näkyvyyden autosta taaksepäin. Kuvan 1 ja 2 mukaisia tunnuksellisia partioajoneuvoja käytetään päivittäisessä poliisitoiminnassa. (Virtanen 2014a)



KUVA.1 Tunnuksellinen henkilöpartioauto. (Kuva: Poliisihallitus 2014, muokattu)





KUVA 2. Tunnuksellinen moottoripyörä. (Kuva: Poliisihallitus 2014, muokattu)

Tunnuksettomat ajoneuvot ovat niin sanottuja siviilimallisia ajoneuvoja. Niissä ei ole lainkaan ulkoisesti havaittavia poliisitunnuksia ja ne ovat väreiltään neutraaleja, jolloin autot sekoittuvat liikenteessä muihin ajoneuvomassaan helposti. Ulkoisten hälytyslaitteiden asennukset häivytetään auton rakenteisiin, jos arvioitu pääkäyttötarkoitus niin vaatii. Tunnuksettomissa autoissa hälytysvalolle asetetun vaatimuksen täyttää 360°:n vaakatason näkyvyyden osalta katolla käytettävä irrotettava majakkavilkku. Usein tunnuksettomat autot varustetaan lisähälytysvaloin. Tällaisia ajoneuvoja varustellaan esimerkiksi liikenteenvalvonnan, rikostutkinnan tai virastojen yleisten tehtävien hoidon käyttöön. (Virtanen 2014a)



KUVA 3. Tunnukseton henkilöauto. (Kuva: Poliisihallitus 2014, muokattu)

Irrottavalla hälytysvalopaneelilla varustetut autot ovat tunnuksellisen ja tunnuksetoman auton sekoitus. Niihin on mahdollista laittaa kattopaneeli, mutta auto on yksivärinen ilman tunnuksellisen auton merkintöjä. Nimitys itsessään kertoo, että autossa on irrotettava poliisitekstillä varustettu kilpivalo, joka käytännössä tarkoittaa koko kattopaneelia, jossa kilpiteksti sijaitsee. Hälytysvalopaneeli on vastaava kuin tunnuksellisessa ajoneuvossa, mutta kiinnitys autoon on sellainen, että paneeli voidaan irrottaa tarvittaessa kohtuullisen helposti. Hälytysvalopaneelin ollessa kytkettynä auto on selkeästi tunnistettavissa poliisiautoksi, mutta ilman paneelia sillä voidaan liikkua hieman huomaamattomammin. Autot varustetaan lisähälytysvaloin ja ilman kattopaneelia hälytysajossa on käytettävä majakkavilkkaa. Paneelin käyttöä harkitaan auton käyttötarkoituksen ja tehtävien mukaan. (Virtanen 2014a)

### 3 SUUNNITTELUA MÄÄRÄÄVÄT TEKIJÄT

#### 3.1 Lainsäädäntö ja direktiivit

Lainsäädäntö, direktiivit ja asetukset huomioivat poliisiajoneuvojen erityistarpeet ja ohjaavat ajoneuvojen varustelua poliisille, muille viranomaisille ja hälytysajoneuvojen käyttäjille. Lainsäädäntö määrää ja sallii poikkeuksia hälytysajoneuvojen varusteluun verrattuna muihin ajoneuvoihin. Se sisältää kansallisia asetuksia, joita noudatetaan vain Suomessa, mutta myös implementoituja direktiivejä ja kansainvälisiä sopimuksia.

##### 3.1.1 Poliisiajoneuvo

Poliisiajoneuvot ovat hälytysajoneuvoja, joilla tieliikennelaissa (267/1981) tarkoitetaan moottorikäyttöistä ajoneuvoa, joka on varustettu erityisillä valo- ja äänimerkinantolaitteilla. Hälytysajoneuvoja ovat poliisiajoneuvojen lisäksi sairaus-, pelastus- ja sotilaspoliisiautot tai muu vastaavanlainen ajoneuvo. Myös tullilaitoksen ja rajavartiolaitoksen virkakäytössä olevat ajoneuvot ovat hälytysajoneuvoja. (Tieliikennelaki 267/1981)

Ajoneuvolaki (1090/2002), joka määrittelee ajoneuvoluokat sekä niiden alaluokat, tarkoittaa, että ”poliisiajoneuvo on poliisiin käyttöön erityisesti valmistettu tai varustettu ajoneuvo”. Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä (1257/1992) vaikuttaa ajoneuvolaissa sovellettuihin ajoneuvoihin eli myös poliisiajoneuvoihin. Hälytysvalojen osalta sallitaan, että hälytysajoneuvojen varoitusvaloja saa käyttää vain kiireellisessä tehtävässä tai liikenteen varoittamiseen, jos tarpeellista. (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 1257/1992)

##### 3.1.2 Varusteet

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa (1248/2002) autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista säädetään valaisimien ja merkinantolaitteiden asennusvaatimuksiksi direktiivin 76/756/ETY tai E-säännön n:o 48 mukaiset määräykset. Lisähuomautuksissa selvitetään, että edellä mainittujen asennusvaatimusten sisältämien pakollisten

heijastimien ja valaisimien lisäksi vaaditaan hälytysajoneuvoon sininen vilkkuva varoitusvalaisin. Toisena huomautuksena on, että poliisiautoissa ja poliisin virkatehtävissä olevassa autossa saa olla sininen varoitusvalaisin, yksi punainen eteenpäin osoittava pysäytysvalo sekä tekstillä varustettu valaistu kilpi. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus 1248/2002)

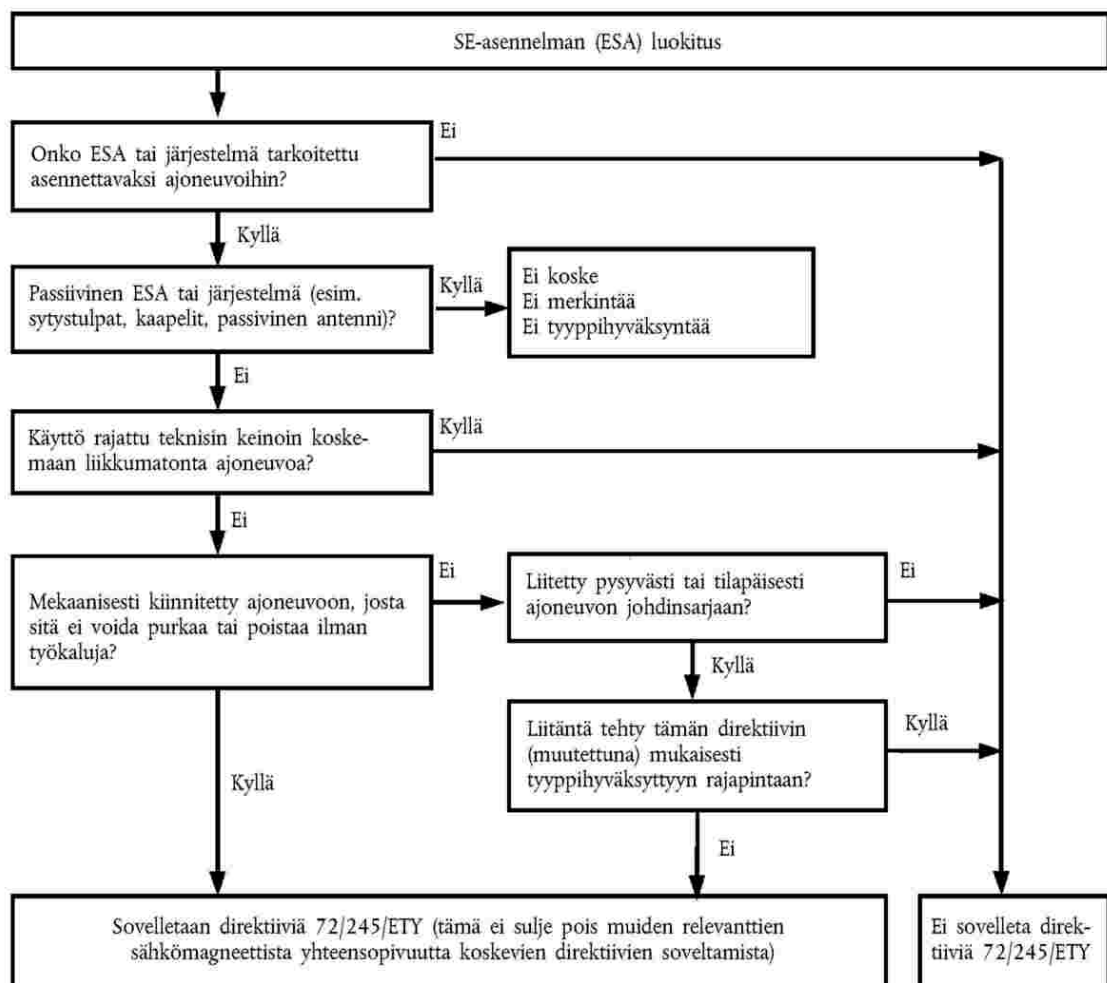
Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa (1250/2002) kaksi- ja kolmipyöräisten ajoneuvojen sekä nelipyöräisten rakenteista ja varusteista säädetään valaisimien ja merkinantolaitteiden asennusvaatimuksiksi direktiivin 2009/67/EY tai E-säännön n:o 53 mukaiset määräykset. Liitteissä mainitaan, että direktiivin tai vastaavan E-säännön asennusvaatimusten lisäksi poliisimoottoripyörään määrätään sininen vilkkuva varoitusvalo sekä sallitaan yksi punainen pysäytysvalo, joka osoittaa eteenpäin. Rekisteröinti- tai muutokatsastuksessa voidaan hyväksyä kytkentä, jossa hälytysvaloja käytettäessä myös moottoripyörän omat kaukovalot vilkkuvat automaattisesti. Moottoripyörille sallitaan erikseen, että varoitusvaloja saa olla useampia, jos havaittavuus joka suunnasta niin vaatii. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus 1250/2002)

Liikenne- ja viestintäministeriön asetusten (1248/2002 & 1250/2002) mukaiset vaatimukset varoitusvalojen hyväksynnästä, pysäytysvalosta ja äänimerkinantolaitteesta ovat yhtenäiset. Varoitusvalaisimien hyväksyntävaatimukseksi on asetettu E-sääntö n:o 65 tai vaihtoehtoisesti Liikenteen turvallisuusviraston hyväksyntä. Pysäytysvalon valovoima on oltava vähintään 500 kandela referenssiakselilla ja siitä 5° poikkeaman suunnassa. Valaisin on sijoitettava autossa puskuritason yläpuolelle, katolle tai tuulilasin taakse ajoneuvon pituussuunnan keskilinjalle tai sen vasemmalle puolelle. Moottoripyörälle ei korkeutta ole säädetty. Autoja koskevassa asetuksessa annetaan määräykset poliisiauton kilpivalon sekä pysäytysvalaisimen ominaisuuksista. Kilpivalon valovoima on rajoitettu 200 kandelaan. Valon on oltava väriltään vaalean keltainen tai valkoinen eikä se saa vilkkua. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus 1248/2002 & 1250/2002)

Liikenne- ja viestintäministeriön autoja ja perävaunuja koskevan asetuksen (1248/2002) mukaan ajoneuvojen aiheuttamat radiohäirinnät ja sähkömagneettinen yhteensopivuus määritellään erikoisdirektiivin 72/245/ETY ja sen muutosdirektiivin 2009/19/EY tai E-säännön n:o 10 kolmannen muutossarjan mukaan. Mainitut muutososat ovat sisällöltään toisiaan vastaavia. L-luokan ajoneuvojen kuten moottoripyöräisten, varustelusta määrää

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus (1250/2002), jonka mukaan sähkömagneettisen yhteensopivuuden on noudatettava direktiivin 97/24/EY lukua 8.

Sähkömagneettista yhteensopivuutta ajoneuvoissa säätvän direktiivin (72/245/ETY) muutosdirektiivin (2004/104/EY) voimaantulon myötä jälkimarkkinoilla myytäviltä laitteilta ei vaadita kyseisen direktiivin mukaista hyväksyntää, jos se ei liity häiriön sietoon liittyviin toimintoihin. Liitteestä 1 selviää, että hälytysvalot luetaan häiriön sietoon liittyviin toimintoihin optisten häiriöiden perusteella, koska hälytysvalojen toimiessa väärin ne saattavat aiheuttaa kuljettajalle tai muille tielläliikkuville sekaannusta. Tämän perusteella hälytysvalot on tyyppihyväksyttävä. Direktiivi sisältää kaavion (Kuvio 1) SE-asennelman (sähkö/elektroniikka-asennelma) luokitteluun. Kaaviosta tulkitaan sovelletaanko laitteeseen sähkömagneettisen yhteensopivuuden direktiiviä 72/245/ETY. (72/245/ETY)



KUVIO 1. Direktiivin 2004/104/EY soveltuminen SE-asennelmaan. (2004/104/EY)

Käytännössä SE-asennelmaan sovelletaan kaaviota (kaavio X2) niin, että käydään vaiheittain läpi kaavio ylhäältä alaspäin luettuna. Hälytysvalojen tapauksessa asennelma on tarkoitettu asennettavaksi ajoneuvoihin ja järjestelmä on aktiivinen. Valoja käytetään liikkuvissa ajoneuvoissa ja hälytysvaloja ei voida purkaa tai poistaa ilman työkaluja. Kaavion perusteella hälytysvaloihin sovelletaan direktiiviä 72/245/ETY. Poliisiajoneuvoihin lisättävät sähköelektroniikka-asennelmat todennetaan sähkömagneettisen yhteensopivuuden osalta jokainen asennelma erikseen. Mahdollista on direktiivin 72/245/EY ja E-säännön n:o 10 mukaisesti myös mitata ja todentaa ajoneuvo kokonaisuutena asennelmien kanssa.

### **3.2 E-säännöt yleisesti**

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissiossa (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) on useita komiteoita, jotka keskittyvät oman osaluueensa asioihin. Ajoneuvoihin ja liikenteeseen keskittyvä Sisämaankuljetuskomitean (Inland Transport Committee, ITC) antamia ajoneuvojen teknisiä säädöksiä kutsutaan E-säännöiksi. Säännöt merkitään kansainvälisesti R-tunnuksella ja järjestysnumerolla, kuten esimerkiksi R65. Tässä työssä käytetään n:o 65 merkintätapaa kuten kansallisissa lakiteksteissä. Sääntöjä on tällä hetkellä 126 kappaletta, ja niillä on pysyvä numerointi sisältämäänsä aiheeseen liittyen. Tähän työhön liittyvät keskeiset E-säännöt ovat n:o 10 ja 65. UNECE julkaisee kaikki E-säännöt kotisivuilla virallisilla kielillään. Säädöksiin tehdään korjauksia ja lisäyksiä, sekä niistä julkaistaan uusia muutossarjoja ja revisioita. (United Nations Economic Commission for Europe 2014)

Sääntöjen tarkoituksena on yhdenmukaistaa jäsenvaltioidensa käytäntöjä koskien tieliikennekäytössä olevia kulkuneuvoja. Jäsenvaltiot sitoutuvat noudattamaan yhteistä sopimusta allekirjoittamalla laaditun säännön. Valtaosa Euroopan valtioista on sitoutunut noudattamaan sopimuksia. E-säännöt helpottavat kansainvälistä kaupankäyntiä ja liikennöintiä, koska niiden myötä tiedetään, mitä säännöksiä on noudatettava.

### 3.3 E-sääntö n:o 65

E-sääntö n:o 65 koskee moottoroitujen ajoneuvojen ja niihin kytkettävien perävaunujen varoitusvaloja (special warning lamps). Sääntö määrää sopimusmaissa L, M, N, O ja T -luokan ajoneuvoissa sekä liikkuvissa työkoneissa käytettävien hälytys- ja varoitusvalojen vaatimukset. Täyttämällä kaikki säännön kriteerit valo voi saada E-hyväksynnän, jota myös Suomessa tieliikennekäyttö edellyttää. Hyväksyttävien valojen tulee noudattaa myös E-säännössä n:o 48, valaistusta ja valonantolaitteita koskevia määräyksiä. (United Nations Economic Commission for Europe 2011a, 4)

Varoitusvaloilla ajoneuvo- ja työkonekäytössä tarkoitetaan valoja, jotka lähettävät sinistä tai ruskeankeltaista valoa ajoittaisesti. Lisäksi voidaan säännön estämättä kansallisesti käyttää myös punaista valoa. Säännössä on eroteltu varoitusvalot kolmeen eri ryhmään. Ympärisäteilevä, joko pyörimällä tai paikallaan vilkkuva valo, lähettää valoa koko vaak akselinsa ympäri ajoittaisesti, tunnuksena käytetään kategorialla T. Suuntaava vilkkuvalo lähettää valoa vain tietyllä kulmalla rajoitettuun suuntaan, tunnuksena käytetään kategorialla X. Kokonainen paneeli tarkoittaa kahta tai useampaa optista järjestelmää, jotka lähettävät valoa koko vaakatasonsa ympäri ajoittaisesti. Puolipaneeli vastaa muuten kokonaista paneelia, mutta sen lähettämän valon raja-arvo on 135° horisontaalisen referenssiakselin molempiin suuntiin, mikä tarkoittaa, että asennuspaikkana on ajoneuvon etu- tai takaosa. Molemmat paneelityypit kuuluvat kategoriaan T. (United Nations Economic Commission for Europe 2014a, 4)

#### 3.3.1 Valaisimen valokeila

Hälytysvalojen näkyvyydelle asetetut vähimmäisarvot määritetään E-säännössä n:o 65 erikseen valon horisontaaliselle ja vertikaaliselle näkyvyydelle. Valokeilan vertikaalitaason mukaisen näkyvyyden perusteella valot jaetaan kapean ja leveän valokeilan ryhmiin. Vertikaalisuunnassa valoille on asetettu vähimmäisrajaksi 8° ylös- sekä alaspäin referenssiakselista. (United Nations Economic Commission for Europe 2011a, 7, 16, 21–22) Valokeilan leveys vaikuttaa oleellisesti valaisimien keskinäiseen mitoitus suhteeseen ajoneuvon koriin. Leveä valokeila peittää suuremman alan verrattuna kapeaan, jolloin valaisimien määrää voi mahdollisesti vähentää.

Vähimmäisvaatimus horisontaaliselle näkyvyydelle kapean valokeilan valoille on 30° referenssiakselista molempiin suuntiin. Valokeilan kokonaisavautumiskulma on siis 60°. Leveän valokeilan valoissa vastaava vaatimus on 90°. Leveän valokeilan valoihin luetaan myös sellaiset, joissa on 90°:n näkyvyys vain referenssiakselin toiselle puolelle ja 30° toiselle. Tällaisissa tapauksissa leveän valokeilan eli 90°:n puoli valosta osoitetaan nuolella E-hyväksyntä merkinnän päällä. Nuoli osoittaa myös puolen ajoneuvosta, jolle se tulee asentaa. (United Nations Economic Commission for Europe 2011a, 7, 16, 21–22)

### **3.3.2 Mittausetäisyys**

Säännössä vaadittujen fotometrinen ominaisuuksien tarkastelu tehdään vähintään 25 metrin etäisyydeltä. Kokonaan erillisillä suuntaavilla valoilla toteutettavan hälytysvalojärjestelmän 360°:n näkyvyyttä vaaditaan kuitenkin jo 20 metrin etäisyydellä ajoneuvosta. Tämän etäisyyden matkalla valaisimien geometrisen asettelun täytyy olla sellainen, että jokaisen yksittäisen valaisimen valokeila limittyy viereisten valokeilojen kanssa. (United Nations Economic Commission for Europe, 2011a, 19, 21)

### **3.3.3 Valoteho**

Hälytysvalolla voi olla joko yksi tai kaksi eri voimakkuutta. Nämä voimakkuudet on säännössä kategorioitu Class 1 ja Class 2 -hyväksyntäluokkiin. Class 1 -tyyppisessä valossa on vain yksi ja vastaavasti Class 2 -tyyppisessä kaksi eri valon voimakkuutta. Kaksitehoisessa valossa on päivä- ja yöasetukset valonvoimakkuudelle. Päivänvalossa käytetään suurempaa intensiteettiä, jolloin valo on kirkkaampi ja vastaavasti pimeällä illalla ja yöllä käytetään pienempää intensiteettiä, jolloin valo voi olla himmeämpi havaittavuuden siitä kärsimättä. Yhden intensiteetin valossa käytetään yöasetuksen raja-arvo vertailua. E-sääntö n:o 65 sisältää taulukoituna raja-arvot sallituille valotehotasoille. (United Nations Economic Commission for Europe, 2014, 4)



### 3.4 E-sääntö n:o 10

E-sääntö n:o 10 koskee ehtoja ajoneuvojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. Sääntö pätee ajoneuvoluokkiin L, M, N ja O, sekä komponentteihin ja erillisiin teknisiin yksiköihin, jotka on tarkoitettu asennettaviksi mainittujen luokkien ajoneuvoihin, säännössä mainittuja poikkeuksia lukuun ottamatta. Sähkömagneettisella yhteensopivuudella tarkoitetaan säännössä ajoneuvon, komponenttien tai erillisten teknisten yksiköiden kykyä toimia tarkoituksenmukaisesti sähkömagneettisessa ympäristössään aiheuttamatta sietämätöntä sähkömagneettista häiriötä toisille laitteille samassa ympäristössä. Säännössä käsitellään erikseen laitteiden sähkömagneettisten häiriöiden säteily ja säteilyltä suojautuminen. (United Nations Economic Commission for Europe, 2011b, 6) Sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta käytetään myös ilmaisua elektromagneettinen yhteensopivuus, molemmat tarkoittavat samaa asiaa. Englannin kielen käännöksestä electromagnetic compatibility tulee lyhenne EMC, joka on myös yleisesti käytössä oleva termi.

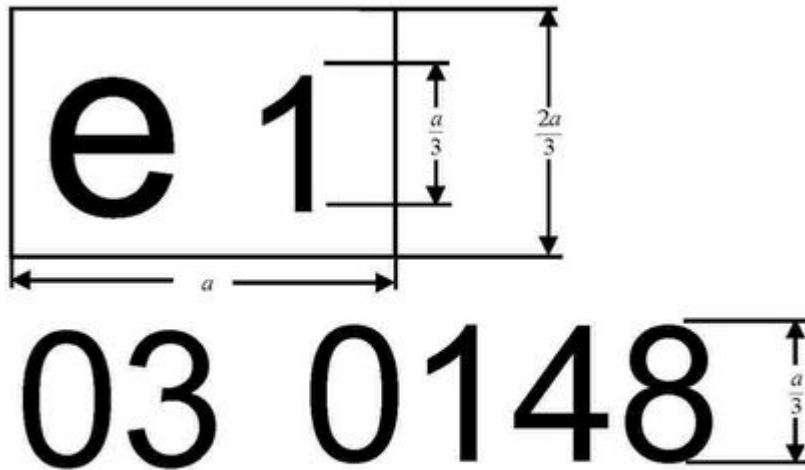
### 3.5 Hyväksyntämerkinnät

Hälytysvalojen tulee olla hyväksytyjä sekä hälytysvalo-ominaisuuksien että sähkömagneettisen yhteensopivuuden osalta. Tämän seurauksena valaisinyksiköissä on oltava myös hyväksyntöjen mukaiset merkinnät, jotta se olisi kelvallinen käytettäväksi tielii-kenteessä. Mainittujen hyväksyntöjen merkinnät eroavat hieman toisistaan, mutta noudattavat pääosin samaa mallia. Kaikista tiedoista käy ilmi hyväksynnän myöntänyt jäsenvaltio sekä hyväksynnän numero, joiden perusteella voidaan tarvittaessa etsiä lisätietoja.

#### 3.5.1 Direktiivi

Sähkömagneettisen yhteensopivuuden direktiivin (2004/104/EY) hyväksyntämerkintä koostuu e-kirjaimesta ja numerosta, jotka on ympäröity suorakaiteella. Numero kertoo jäsenvaltion, joka on tyyppihyväksynnän myöntänyt. Lisäksi on lähelle sijoitettu perushyväksyntänumero, jonka edellä kaksi ensimmäistä numeroa vastaavat muutospäätödirektiiviä, jolla direktiiviä 72/245/ETY on muutettu. Esimerkkinä olevasta kuvasta (kuva 4)

selviää, että hyväksyntä valtio on Saksa, perushyväksyntänumero on 0148 ja muutodirektiivinumero 03 vastaa direktiiviä 2004/104/EY. (Komission direktiivi 2004/104/EY 2004)

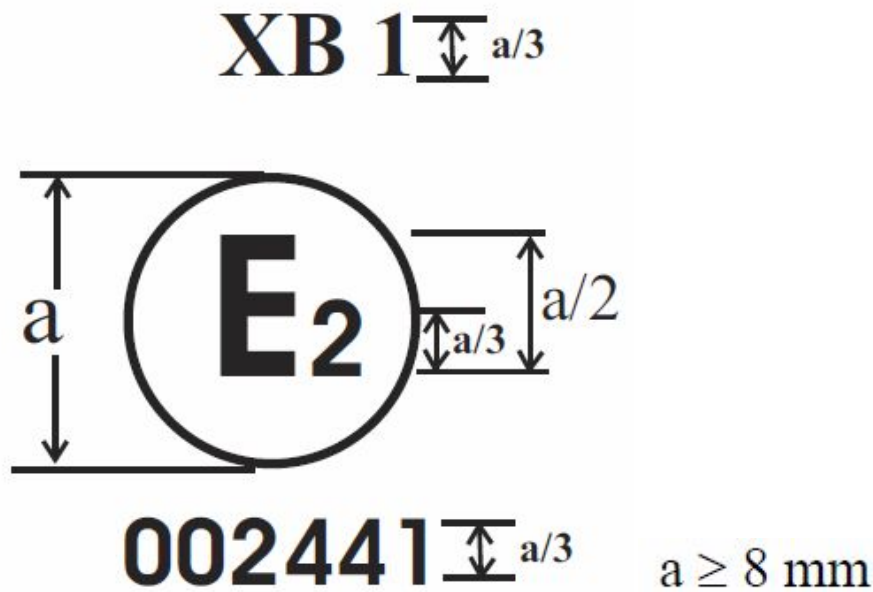


$$a \geq 6 \text{ mm}$$

KUVA 4. EY-tyyppihyväksyntämerkintä. (2004/104/EY)

### 3.5.2 E-säännöt

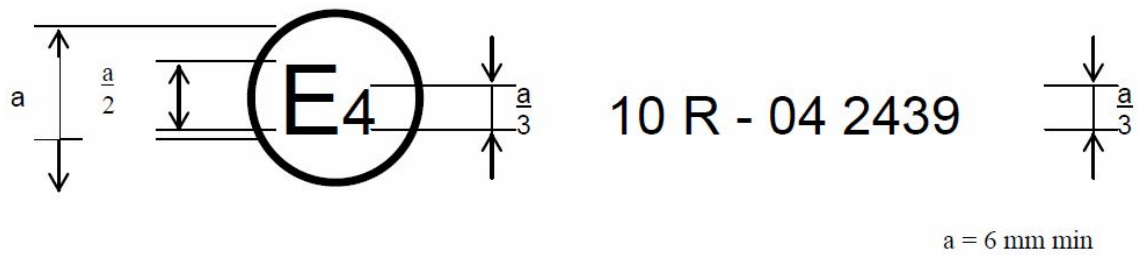
Hälytysvalohyväksyntää koskevat tunnuksot tulee merkitä selvästi luettavalla ja häviämättömällä tavalla valaisimeen tai sen toimintaa edellyttäviin yksiköihin. Vaatimusten mukaiset tiedot selvitetään E-säännössä n:o 65. Tietoja on oltava näkyvissä myös silloin, kun valaisin on asennettuna ajoneuvossa. Tiedoista selviää muun muassa valon valmistaja ja mallinimi, hyväksynnän myöntänyt valtio, valon tyyppi ja hyväksyntänumero. Kuvassa 5 on E-säännön mukainen esimerkki merkinnöistä sekä niiden sisäinen mitoitus.



KUVA 5. Hyväksyntämerkintä esimerkki E-sääntö n:o 65. (United Nations Economic Commission for Europe 2011a, 15, muokattu)

Kuvassa 5 ylimpänä on valon tyyppimerkintä, jossa X vastaa suuntaavaa hälytysvaloa, B tarkoittaa valon sinistä väriä ja numero yksi yhden valotehon valoa. Ympyrän sisällä E2 tarkoittaa hyväksynnän myöntäneen valtion tunnusta, numero kaksi on Ranska. Alimpana oleva numerosarjan kaksi ensimmäistä numeroa ilmaisevat mitä muutossarjaa hyväksyntä vastaa, kaksi nollaa tarkoittaa säännön alkuperäismuotoa. (United Nations Economic Commission for Europe 2011a, 15–16)

Sähkömagneettisen yhteensopivuuden E-säännön mukaisessa kansainvälisessä hyväksyntämerkinnässä tulee olla ympyröity E kirjain, jonka perässä hyväksynnän myöntäneen valtion tunnusnumero, R kirjain yhdessä E-säännön numeron 10 kanssa sekä hyväksyntänumero. Hyväksyntänumeron kaksi ensimmäistä numeroa ilmaisevat muutossarjantunnuksen, jonka mukaan hyväksyntä on myönnetty. Kansainvälinen merkintä on oltava kaikissa valaisimien käyttöön tarvittavissa yksiköissä. Merkintöjen ei kuitenkaan tarvitse olla näkyvillä, kun yksiköt ovat asennettuina ajoneuvoon. Kuvassa 6 on esimerkki hyväksyntämerkinnästä. (United Nations Economic Commission for Europe 2011b, 12–13)



KUVA 6. Hyväksyntämerkintä esimerkki E-sääntö n:o 10. (United Nations Economic Commission for Europe 2011b, 36)

Esimerkkinä erään valaisinmallin hyväksyntämerkinnät takapuolella tarrassa (Kuva 7) ja etupuolella pysyvällä merkinnällä valoyksikön linssissä (Kuva8).



KUVA 7. Hälytysvalaisimen takana olevat hyväksyntämerkinnät. (Kuva: Poliisihallitus 2014, muokattu).

Hälytysvalon takana (Kuva 7) olevan tarran merkinnöistä selviävät valon tärkeimmät tiedot. Ylimpänä on tuotteen valmistajan nimi ja mallimerkintä, tässä tapauksessa Standby ja BL52. Valolle on ilmoitettu kaksi nimelliskäyttöjännitettä merkinnällä 12V/24V, sekä tehon wattimääräksi 10W. Ylempi ympyröitynä oleva E-kirjain ja nume-



Tällä opinnäytetyöllä pyritään saamaan vastaavanlainen vähimmäistasovaatimukset määrittelevä ohjeistus tunnuksettomiin ajoneuvoihin. Vähimmäistason selvittämisellä saadaan yhtenäinen ohje hälytysvalojen asennukseen, jolloin ajoneuvot ovat varustelultaan tieliikenteeseen soveltuvat. Lisäksi varustelun kustannukset valojen osalta on tarvittaessa helposti arvioitavissa.

### **3.7 Liikenteen turvallisuusviraston vireillä oleva määräys**

Liikenteen turvallisuusvirasto on valmistellut määräysluonnosta, Ajoneuvojen merkki- ja varoitusvalaisimien, työ- ja apuvalaisimien sekä hälytysajoneuvojen äänimerkinantolaitteiden sekä eräiden ajoneuvojen heijastimien ja heijastavien merkintöjen tekniset vaatimukset ja asennus ajoneuvoon. Uusi määräys yhdistää kaikki hälytysajoneuvoja koskevat asetukset samaan määräykseen. Uudistuksena se sallii moottoripyörien lisäksi myös muut L-luokan ajoneuvot hälytysajoneuvoiksi sekä heijastavien materiaalien käytön hälytysajoneuvoissa ilman ajoneuvokohtaista poikkeuslupaa. Poliisihallitus on vastannut Liikenteen turvallisuusviraston lausuntopyyntöön kyseessä olevaan määräykseen liittyen. Lausunnolla voidaan tuoda esille ennakoivasti varustelun kehittymistarpeita, jotta uudistuksia olisi mahdollista määräyksen salliessa toteuttaa. Määräys on tarkoitus asettaa voimaan 1.1.2015. Sisältö noudattaa pääosin voimassa olevaa Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksia (1248/2002 & 1250/2002), mutta sitä on korjattu nykyaikaisemmaksi ja ilmaisujen osalta selkeämmäksi verrattuna asetuksiin. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2012, 2014)

## 4 SUUNNITTELU

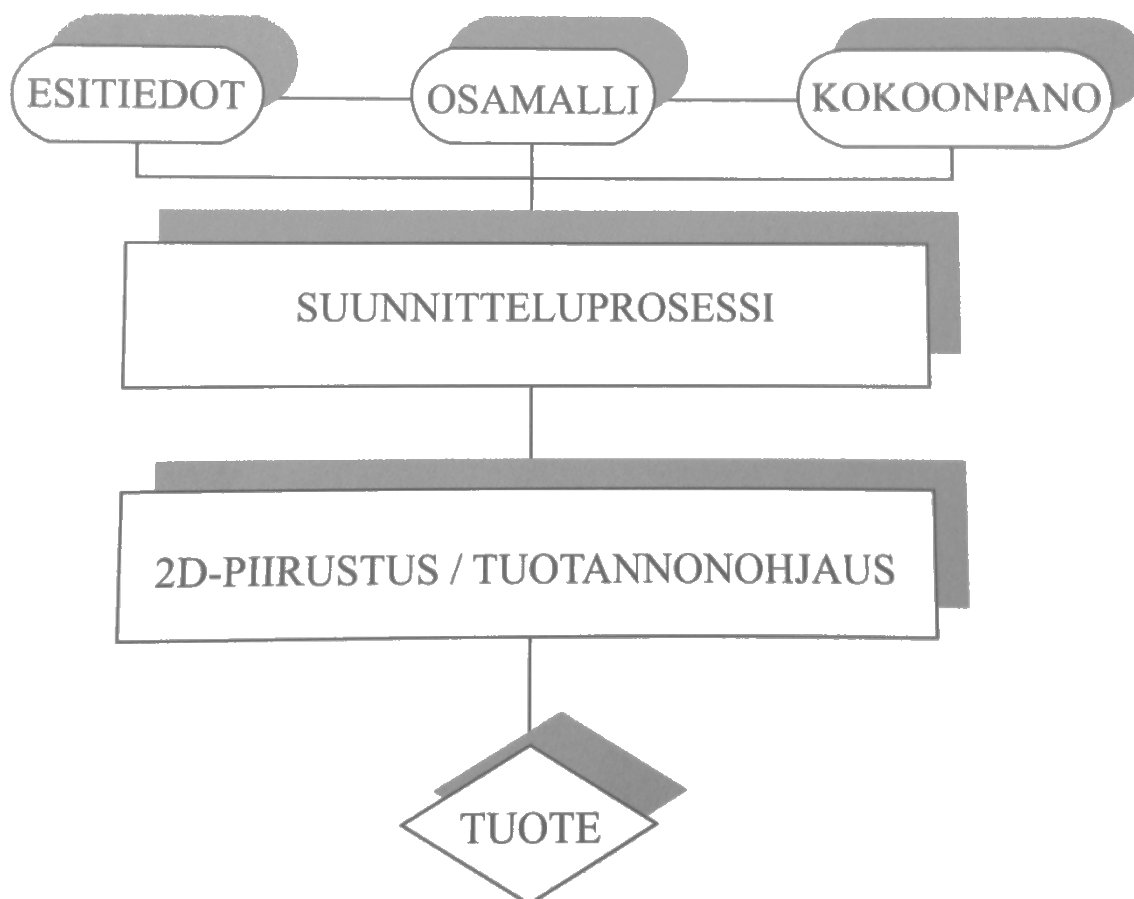
### 4.1 Suunnitteluprosessi

3D-mallinnuksen suunnitteluprosessin kolme tärkeää tekijää ovat esitiedot, osamalli ja kokoonpano, joihin koko suunnitteluprosessi perustuu. Suunnittelu on aloitettava keräämällä esitiedot työn tilaajalta, joka tietää millaisen tuotteen tarvitsee. Tuotteesta on huomioitava onko tarkoituksena tehdä täysin uusi tuote vai kehitetäänkö vanhaa tuotetta tekemällä siitä päivitetty versio, koska sen perusteella tuotteen esitietoja käsitellään. Esitiedot voivat olla yksityiskohtaisia tietoja tuotteen tiedetystä tai arvioidusta käyttötarkoituksesta ja -olosuhteista, lisäksi esimerkiksi ulkoinen geometria voi olla ratkaiseva tekijä kokoonpanossa. (Tuhola & Viitanen, 2008, 54–55)

Kerättyjen esitietojen perusteella 3D-suunniteluohjelmalla luodaan yhdestä tai useammasta kappaleesta osamalli. Valmiille osamalleille voidaan suorittaa kokoonpano, jossa luodut osamallit kasataan yhdeksi kokonaisuudeksi. Kolmesta päätekijästä muodostuvan suunnitteluprosessin vaiheiden suorittamisen jälkeen voidaan tuottaa suunniteluohjelman avulla halutut 2D-piirustukset. Piirustukset valmistetaan tuotannonohjaukseen käyttöön, jotta voidaan valmistaa tarvittuja tuotteita. (Tuhola & Viitanen, 2008, 54–55)

Tässä opinnäytetyössä tarvittavia esitietoja ovat suunnittelutyön tavoite, ajoneuvoluokat joihin hälytysvalot suunnitellaan, esimerkit käytettävissä olevista hälytysvaloista, tekniset rajoitukset ja määräykset sekä vaatimukset, joita noudattamalla suunnittelutyölle asetettu tavoite saavutetaan. Osamalleja ovat hälytysvalot ja ajoneuvot. Hälytysvalot sijoitetaan ajoneuvon halutuille paikoille kokoonpanossa, josta luodaan mitoitustiedot sisältävät piirustukset. Piirustusten perusteella tehdään ajoneuvojen varustelu, jolloin piirustuksia voidaan käyttää varustelutyöohjeena.

Kaaviossa (Kuvio 2) esitetään suunnitteluprosessi vuokaaviona. Kaaviosta käy selvästi ilmi esitietojen, osamallien ja kokoonpanon yhteys toisiinsa, jolloin niistä kokonaisuutena muodostuu suunnitteluprosessi. Suunnitteluprosessin suorittaminen tuottaa tarvittavat piirustukset tuotantoa varten, jotta varsinainen tuote voidaan valmistaa.



KUVIO 2. 3D-mallintamisen suunnitteluprosessi (Tuhola & Viitanen 2008, 55)

## 4.2 Suunnittelu työ

3D-suunnittelu toteutetaan tietokoneavusteisella mallinnusohjelmalla eli CAD-ohjelmalla (Computer Aided Design). Kolmiulotteinen suunnittelu CAD-ohjelmilla on lisääntynyt yritysten käytössä paremman tehokkuuden ansiosta verrattuna aiemmin käytettyihin 2D-ohjelmiin. 3D-mallinnuksella voidaan tuottaa helposti erilaisia piirustuksia ja kuvauksia tuotteista, mutta huomattava etu on saavutettavissa, kun sillä tarkastellaan kappaleiden yhteensopivuutta kokoonpanossa sekä koko konstruktion toimintaa. Lisäksi mallinnettuja kappaleita ja niiden tietoja voi hyödyntää lujuustarkastelussa. (Tuhola & Viitanen 2008, 13)

## 4.3 Piirustukset

Piirustusten tuottaminen perustuu siihen, että käytetään hyväksi tietokoneella luotua kolmiulotteista mallia. Yksittäinen tuote tai kappale voidaan suunnitella ja mallintaa



tietokoneella, ilman että kappaletta tarvitsee fyysisesti valmistaa. Yksittäisiä tuotteita voidaan sen jälkeen liittää toisiinsa kokoonpanolla. Kokoonpanot ja yksittäiset 3D-kappaleet tehdään siksi, että niistä voidaan luoda yksityiskohtaiset 2D-piirustukset ja piirustusten sisältämän tiedon perusteella varsinainen tuote valmistetaan. (Tuhola & Viitanen 2008, 31)

Tuotantoon siirretään ohje tuotteiden valmistamisesta tai kokoonpanoista vain suunnittelijan tuottamalla 2D -piirustuksella. Varsinkin kokoonpanojen tiedostojen koko saattaa kasvaa niin suuriksi, ettei niitä ole järkevää siirtää suunnittelijalta valmistajalle digitaalisessa muodossa. Sen takia kommunikointiin käytettävän piirustuksen on oltava virheetön sekä mahdollisimman selvästi osoitettava kaikki lukijalle tarpeellinen tieto. (Tuhola & Viitanen 2008, 32)

Tekniset piirustukset, joita yleisesti teollisuudessa kutsutaan koneenpiirustuksiksi, voidaan ryhmitellä niiden sisältämän tiedon mukaan. Maaranen ja Heinonen (2013, 7–9) mukaan ryhmät ovat osapiirustukset, kokoonpanopiirustukset, räjäytyskuvat ja erikoispiirustukset. Osapiirustuksilla ilmoitetaan yksittäisen kappaleen valmistukseen liittyvät tiedot, kuten esimerkiksi mitat, pinnan laatu, kierteet, reiät ja hitsaustiedot. Kokoonpanopiirustuksiin kuuluu pääkokoonpanopiirustukset, joiden tehtävänä on esittää kuvaus kokonaisuudesta kuten valmiista tuotteesta, sekä osakokoonpanopiirustukset, jotka ovat pienempien alikokoonpanojen piirustuksia. Näissä tärkeänä yksityiskohtana on osaluettelo, minkä avulla selviää tuotteiden tärkeimmät tiedot sekä sijainti kokoonpanossa. Räjäytyskuvilla havainnollistetaan osien kasausjärjestystä ja kokoonpanon sisältämiä osia. Erikoispiirustus voi esittää esimerkiksi koneen voitelujärjestelmää. (Maaranen & Heinonen, 2013 7–9)

Tämän opinnäytetyön suunnitteluprosessin lopputuloksena saatavat piirustukset ovat kokoonpanopiirustuksia. Niissä esitetään hälytysvalojen mitoitus ajoneuvoon siten, että näkyvyydelle asetetut vaatimukset täyttyvät. Valaisimet ja niiden valokeilat esitetään yhtenä kappaleena. Kokoonpanolla sijoitetaan hälytysvalot ajoneuvosta luodun mallin päälle ja annetaan mitoitus ehdot.

## 5 NYKYTILAN SELVITYS

### 5.1 Majakkavilkku

Uudet nykyaikaiset autot tuovat myös omat haasteensa varusteluun. Perinteiset autojen ominaisuudet, joihin on totuttu, muuttuvat autosuunnittelun trendien mukaan. Virtanen (2014a) kertoo, että ongelmia poliisivarustelulle ovat aiheuttaneet uusissa automalleissa yleistyneet lasikatot. Nämä, toiselta nimeltään panoraamakatot ylettyvät pituussuunnassa koko etu- ja takamatkustajatilaa yli ja korvaavat perinteisen kattopellin mainitulta alueelta. Majakkavilkun magneettikiinnitys ei tartu lasikattoon eikä imukuppikiinnitykseen voi täysin luottaa, koska lasikaton ulkopinta voi olla niin likainen, ettei imukuppikiinnitys toimi halutulla tavalla. Virtanen (2014a) lisää, että majakkavilkku on yksittäisenä laitteena suhteellisen kallis investointi ajoneuvon varusteluun. (Virtanen 2014a)

Tunnuksellisissa ajoneuvoissa kattopaneelin kiinnitykseen hyväksi havaittujen kattokaiteiden, jotka ovat farmarimallisissa autoissa usein vakiovarusteena, on Poliisin valtakunnallisen työsuojeluvaltuutettu Marko Kovasen (2014) mukaan huomattu haittaavan majakkavilkun asennusta katolle. Majakkavilkkua asennettaessa ajoneuvon sisältä käsin katolle kattokaide estää tai haittaa vilkun asettamista tarvittavan etäälle katon reunasta. Kovanen toteaa, että monista ongelmista päästäisiin eroon, jos valoasennukset tehdään kokonaan erillisillä suuntaavilla hälytysvaloilla, jolloin majakkavilkkua ei tarvitsisi käyttää. (Kovanen 2014)

Kovanen (2014) kertoo, että erityisesti talviolosuhteet aiheuttavat ongelmia käytettävyydessä, koska katolle saattaa kertyä lunta ja jäätä, jolloin ei kiinnitys ole mahdollista ilman katon puhdistamista. Myös katolla oleva vesi haittaa majakkavilkun kunnollista ja turvallista kiinnittämistä auton katolle. Majakkavilkun irtoaminen kiinnityksestään ja putoaminen aiheuttaa Kovasen (2014) mielestä riskin kalustovahingoille. Putoava vilkku saattaa vahingoittaa ajoneuvoa osumalla koriin tai ikkunoihin. Lisäksi pudonnut majakkavilkku aiheuttaa poliisiajoneuvon havaittavuuden heikkenemisen muille tienkäyttäjille. (Kovanen 2014)

Kovasen (2014) mukaan majakkavilkun turvallinen asentaminen ajon aikana on vaikeaa varsinkin, jos kuljettaja on yksin ajoneuvossa. Hälytysajotilanteita tulee liikkeellä olles-

sa, joten vilkku tulisi asentaa vauhdissa, jottei aikaa hukkaannu. Kiinteillä vilkuilla toteutetut hälytysvalot olisivat helpompia ja ennen kaikkea turvallisempia käyttää. (Kovonen 2014)

## 5.2 Vaatimusten mukaiset valot

Suunnittelutyön esitietoina selvitetään opinnäytetyön tilaajalle varusteluun soveltuvien hälytysvalaisimien E-sääntöjen mukaiset n:o 10 ja 65 hyväksyntätodistukset. Tiedot ovat saatavilla laitteiden valmistajilta tai niiden edustajilta, mutta tavoitteena on koota dokumentit hälytysvalojen ominaisuuksien tarkastelua ja vertailua varten. Arkistoa on päivitettävä aika ajoin valmistajien ja valomallien vaihtuessa sekä uusien tullessa markkinoille.

Tekniikan kehittyessä on markkinoille tulevien uusien tuotteiden seuraaminen tärkeää, koska uuden tekniikan myötä voidaan mahdollisesti kehittää myös varustelun toteutusta ja edelleen turvallisuutta ja käytettävyyttä. Kootut todistukset tallennetaan digitaaliseen muotoon tilaajan tietojärjestelmään sekä paperitulosteina kansioon. Tällä on tarkoituksena selvittää käytössä ja käytettävissä olevien hälytysvalojen hyväksyntöjen nykytilanne. Arkistoiduista dokumenteista voidaan myös helposti jälkeenpäin selvittää ja tarkastaa hyväksyntöihin liittyvät tiedot, jos on tarpeellista. Tekniikan kehittymisen seuranta voidaan suorittaa dokumenttien avulla ja vertailla esimerkiksi joidenkin lisäarvoa tuovien ominaisuuksien yleistymistä.

## 6 VÄHIMMÄISTASON MÄÄRITTELY

Poliisivarustelua varten määritetään hälytysvaloille asennusten ja valojen teknisten ominaisuuksien vähimmäistaso, joka tulee asennuksilla ja laitevalinnoilla saavuttaa. Yksittäisillä suuntaavilla hälytysvaloilla toteutettava valojärjestelmä tulee asentaa ajoneuvoihin niin, että 360°:n näkyvyys vaakatasossa ajoneuvon ympäri toteutuu. Valokuvioiden tulee saavuttaa vaakatasossa yhtenäinen valokenttä 20 metrin etäisyydellä ajoneuvosta, jolloin yksittäisten valaisimien valokeilat limittyvät viereisten valokeilojen kanssa.

Hälytysvalojen yhtenäisen valokuvion vaatimukset koskevat pääosin vaakatason geometriaa. Pystytasossa on kuitenkin huomioitava lainsäädännön ja E-sääntöjen tuomat rajoitukset asennuspaikoille. Auton rakenteisiin upotettavien valojen asennuksessa on huomioitava, etteivät ajoneuvon rakenteet rajaa valokuvioita. Lisäksi hälytysvalot tulee asentaa niin, että yksittäisten valojen välille ei tule tarpeettoman suuria etäisyyksiä korkeusakselin suunnassa.

Varustelussa on tärkeä huomioida, että käytettävät valot ovat tarvittavilta osin hyväksytyjä, koska näin voidaan olla varmoja, että valot täyttävät lakien ja asetusten mukaiset vaatimukset ja ovat hyväksytyjä tieliikennekäyttöön. Valojen tulee olla erikseen hyväksytyjä sekä valo- että sähköisiltä ominaisuuksiltaan. Hälytysvalo-ominaisuuksien tulee olla hyväksytty E-säännön n:o 65 mukaan. Sähkömagneettinen yhteensopivuus on oltava hyväksytty joko direktiivin 72/245/ETY tai E-säännön n:o 10 teknisten vaatimusten mukaan. Kaikissa hyväksynnöissä tulee ottaa huomioon muutossarjat ja -direktiivit.

Markkinoilla olevien hälytysvalojen E-sääntö n:o 65 mukainen hyväksyntä on usein myönnetty vain jollekin tietylle vilkkumistahdille. Led-tekniikan ja elektroniikan avulla valaisimiin luodaan useita erilaisia vilkkumisvariaatioita, joista varustelija tai käyttäjä saa valita haluamansa tyyppin. Valmistajat ilmoittavat vilkkumistyyppin, jolla hälytysvalo on hyväksytty vaaditun E-säännön mukaan. Asennettaessa on E-säännön n:o 65 mukainen vilkkumistyyppi ohjelmoitava käyttöön.

Led-hälytysvalot sisältävät myös synkronointiominaisuuden, joka on valaisimia asennettaessa huomioitava. Synkronoinnilla voidaan ohjata kahden tai useamman valon kes-

kinäistä vilkkumista. Valojen synkronointi on vaiheistettava niin, että saamaan suuntaan osoittavat valot vilkkuvat eri vaiheessa, jolloin hälytysvalon näkyvyyteen tulee mahdollisimman vähän taukoja. Synkronointiin on kiinnitettävä huomiota erityisesti keulassa. Alueilla, joissa näkyy vain yhden valaisimen valo, ei pystytä hälytysvalon näkyvyyden taukoja poistamaan.

Asennuksia ja ohjeita voidaan myöhemmin soveltaa kaikkiin sopivaksi katsottaviin varustelutasoihin ja malleihin. Tämän työn tavoitteena on vaikuttaa rajattuihin ajoneuvoryhmiin. Ratkaisuja sovelletaan siis useisiin merkkeihin ja malleihin, jolloin ei pystytä tarkasti perehtymään yksittäisiin malleihin ja pieniin ajoneuvoryhmiin. Lisäksi halutaan kohdistaa suunnittelu sellaisiin ajoneuvoihin, joita käytetään päivittäin ja joiden onnettomuusherkkyyttä hälytysajossa halutaan vähentää. Hälytysajossa liikuttaessa erityisesti risteysalueilla havaittavuutta muille tienkäyttäjille halutaan parantaa.

## 7 PIIRUSTUSTEN TOTEUTUS

### 7.1 3D-mallit

3D-suunnitteluohjelman käyttöön päädyttiin useista syistä. Kyseiset ohjelmat edustavat tätä päivää monilla teollisuuden aloilla suunnittelun, dokumentoinnin ja esitysmallien tuottamisen osalta. Ohjelma sisältää paljon toteutus- ja esitystapaan liittyvää tietoa, joka ohjaa toimintoja tiettyyn suuntaan. Erityisesti teknisten piirustusten osalta on standardeja yhtenäistämässä toimintatapoja, mutta ohjelma sallii silti käyttäjälle lähes vapaan piirustusten muokkaamisen. Tämän työn suunnittelun lopputuloksena saatavien piirustusten kannalta on vapaan muokkauksen mahdollisuus merkittävä, koska valojen sijainnin mitoituksen esittämisen lisäksi piirustuksista täytyy havainnollisesti esittää valokeilojen suunta sekä niiden limittyminen toistensa päälle. Lisäarvoa työlle saadaan tekeillä työn dokumentoinnista sellainen, että sitä voidaan hyödyntää ja kehittää tulevaisuudessa. Suunnittelua rajoittavien ja määräävien tekijöiden muuttuminen saattaa dokumenttien uudelleenkäyttöä kuitenkin vaikeuttaa.

Hälytysvaloasennusten 2D-mitotuskuvien aikaansaamiseksi luodaan suunnitteluprosessin mukaisesti CAD-ohjelmaan mallit ajoneuvosta ja asennettavista valoista. Mallinnus toteutetaan esitietojen perusteella niin, että kappaleita tarkastellaan vain 2D-mitotuskuvasta yläprojektiosta käsin. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleilla ei tarvitse olla korkeus- eli z-akselilla mittoja lainkaan tai niiden ei tarvitse vastata todellisuutta. Kokoonpanon tutkiminen tehdään edellä mainitulla tavalla, koska ajoneuvoon sijoitettavat valaisimet on pääosin asennettava ajoneuvon ulkopinnoille niin, etteivät valokeilat rajoittuisi ajoneuvojen rakenteista. Ajoneuvojen ulkopinnat näkyvät yläpuolelta otetusta projektiosta. Aiemmin kerrotuissa suunnittelua määrävissä tekijöissä ei ole ehtoja valojen korkeussuunnan huomioimiselle, jonka takia se voidaan jättää pois tarkastelusta ja näin ollen yksinkertaistaa suunnittelutyötä huomattavasti.

Tässä työssä auton rungot mallinnetaan niin, että ne noudattavat kyseessä olevan ajoneuvoryhmän muotoja, jolloin ulkoiset mitat vastaavat jotakin jo käytössä olevaa automallia. Pohjaksi tehdään ajoneuvon pituutta ja leveyttä vastaavilla mitoilla suorakaiteen muotoinen yhtenäinen kappale. Luodun pinnan päälle sovitetaan mallinnettavan ajoneuvon kuva yläprojektiosta. Ajoneuvosta piirretään äärilinjojen mukaan pituussuuntainen

puolikas, joka peilataan pituussuuntaisen keskilinjan suhteen. Näin saadaan ajoneuvosta symmetrinen malli. Kerrotun piirroksen avulla leikataan yhtenäisestä suorakaiteen muotoisesta kappaleesta ajoneuvon ulkopuoliset osat pois.

Valoasennusten suunnittelussa on otettava huomioon millaista mallinnettua valoa käytetään, koska linssin muoto ja koko vaikuttavat valokeilan kokoon. Kerrottujen E-säännön n:o 65 hyväksyntä vaatimusten mukaan valokuvion on oltava tietyn kulman suuntainen verrattuna referenssiakseliin, joten tämän opinnäytetyön tarkastelussa vaikuttava tekijä on linssin leveys-suunta.

Hälytysvaloista mallinnetaan linssimuodoltaan kaksi erilaista tyyppiä, pyöreä sekä suorakaiteen muotoinen. Valintaperusteena pyöreän-mallisen valon käyttöön on sen helpompi upotusasennettavuus kaareviin pintoihin kuten puskureihin. Puskureissa valaisimet on upotusasennettava, jotta hälytysvalot olisivat huomaamattomat normaaleissa ajotilanteissa. Myös on huomioitava, ettei valaisimista tai niiden kiinnityksistä muodostu merkittäviä haitallisia ulkonemia tai muutoksia korin alkuperäisiin linjoihin. Suorakaiteen muotoinen valo sopii suoriin ja tasaisiin alustoihin sekä pinta- että upotusasennettavaksi. Valon linssin pidempi leveysmitta lähettää valoa vaakasuunnassa suuremmalle alalle.

Kokoonpano tehdään yhdestä ajoneuvosta ja tarvittavasta määrästä hälytysvaloja. Esitietojen perusteella valoja sijoitetaan ajoneuvon kaikkiin nurkkiin, keulaan, perään ja sivuille. Autoihin lisätään pituussuunnan keskilinjalle yksi eteenpäin osoittava valaisin, joka on uusi tämän työn piirustusten mukaisesti tulevaisuudessa käyttöön otettava hälytysvalo. Kyseinen valo mitoitetaan tuulilasin alueelle joko ylä- tai alareunaan. Hälytysvalojen mittaehdot tehdään poikittaista ja pitkittäistä keskilinjaa sekä keulan ääripistettä hyödyntäen. Valojen asettelussa seurataan ajoneuvon muotoja, jotta luodut mitoitusehdot olisivat toteutettavissa. Sijoituspisteet valoille määräytyvät valokeilojen limittymisen mukaan. Tarkastelun helpottamiseksi luodaan lisäksi 3D-malli 20 metrin säteellä olevasta ympyrälevystä. Levy sijoitetaan kokoonpanossa ajoneuvon ja hälytysvalojen alle. Ympyrä keskitetään ajoneuvon keskipisteeseen. Tällä tavalla voidaan tarkastaa limittymisvaatimuksen täyttymistä samaan aikaan, kun valaisimien mitoitusehtoja asetetaan.

Piirustukset luodaan tuomalla ajoneuvon, hälytysvalojen ja ympyrän kokoonpano piirustusarkille mallinnusohjelmistossa. Kokoonpanosta valitaan yläprojektion kuvaus ja mittasuhteeksi 1:200 sekä piirustusarkkipohjaksi A2-koko. Piirustuksessa olevan kokoonpanon mittasuhteen takia otetaan ajoneuvon kohdalta suurennos mittasuhteella 1:50, johon voidaan selvemmin mitoittaa tarvittavat kohteet. Suurennokseen mitoitetaan valaisimien sijainnit ajoneuvon suhteen. Lisäksi valokeilojen keskilinjojen suuntia määritetään kulmien avulla. Pääprojektiioon selvennetään valoryhmien tunnuksot numeroinnilla ja mitoitetaan ympyrälevyn säde. Valokeilojen limittymisen havainnollistamiseksi kuvataan limittyviä alueita poikkeuksellisesti leikkausviivoitusta vastaavalla 45° kulmassa olevalla vinoviivoituksella. Alueita, joissa ei näy hälytysvalo, ei ole viivoitusta. Alueella, jossa näkyy yksi valo, on harva viivoitus. Alueilla, joissa limittyy kaksi tai useampi valokeila, on tiheä viivoitus.

Piirustukseen lisätään osaluetteloa vastaava taulukko lisätietoja varten. Taulukossa selitetään pääprojektiioon merkityt valoryhmät sekä muita valoihin liittyviä ominaisuuksia ja vaatimuksia. Taulukko sijoitetaan oikeaan reunaan piirustuksen tietokentän yläpuolelle. Tietokenttään merkitään suunnittelijan, tarkastajan ja hyväksyjän tiedot sekä piirustuksen ja sen omistajan nimi.

## 7.2 Asennuksessa huomioitavat seikat

Valojen tekniisiin ominaisuuksiin perustuvassa suunnittelussa, jossa tärkeintä on saada valojen keskinäinen mitoitus onnistumaan, on tärkeää huomioida myös valojen asennuksen fyysiset rajoitukset. Varustelu on pystyttävä tekemään nopeasti ja kustannustehokkaasti sekä niin, että asennukset kestävät käyttöä ja ovat toimivia. Ajoneuvoissa osat joutuvat alttiiksi monille ulkoisille tekijöille. Tärinä ja iskut rasittavat osia ja kiinnityspisteitä mekaanisesti, jonka takia kiinnitykset on suunniteltava aina huolellisesti tapauskohtaisesti. Lämpötilanvaihtelut ovat ajoneuvoissa melko suuria etenkin autoissa, joita käytetään ympäri vuoden. Mahdollisten komponenttien vikaantumisen myötä on asennuksissa otettava huomioon myös valojen vaihdettavuus ja korjattavuus. Ajoneuvon muu perushuolto ja -korjaus on pystyttävä tekemään ilman suurta haittaa.

Upotusasennettavat hälytysvalot asennetaan ajoneuvojen muovisiin osiin kuten pusku-reihin ja sivupeilien kuoriin, näin voidaan välttää ruostumisongelmia. Ajoneuvojen



oviin ja aukeaviin luukkuihin harvemmin asennetaan hälytysvaloja, koska virtajohtimien vienti ajoneuvonrungon ja oven välillä on riskialtista. Johtimet rasittuvat jokaisella oven avauksella ja sulkemisella. Niissä tapauksissa, kun asennuksia oviin tehdään, hyödynnetään ajoneuvon alkuperäisiä läpivientejä ja joustavia johdinputkia, joiden kautta asennettavien valojen johtimet voidaan mahdollisuuksien mukaan asentaa. Tällöin joudutaan todennäköisesti muokkaamaan alkuperäisiä osia, joka on aikaa vievää ja saattaa vaikuttaa ajoneuvon takuuasioihin negatiivisesti. Muokatusta osasta aiheutuu riski laitteen toimivuudelle, kun sen alkuperäistä muotoa muutetaan. Ovien ja luukkujen sulkeminen usein aiheuttaa tärähdyksen muodossa räsitusta valaisimeen, joka osaltaan saattaa lyhentää sen käyttöikä.

## 8 LOPPUTULOKSET

Työn lopputuloksena saadaan tyyliältään yhdenmukaiset piirustukset neljään erilaiseen ajoneuvomalliin, jotka ovat henkilöauto, farmarihenkilöauto, pakettiauto ja moottoripyörä. Piirustukset toimivat dokumentteina poliisiajoneuvojen hälytysvalojen asennuksesta ja niistä käy ilmi mitoitus, jolla ajoneuvon ympäri näkyvä hälytysvalo toteutuu.

Hälytysvalojen teknisten vaatimusten määrittely ja asennusten vaatimusten mukaisuuden varmistaminen lisää ajoneuvojen käyttöturvallisuutta ja käyttömukavuutta, mutta myös helpottaa poliisivarustelun kilpailuttamista ja ohjeistamista. Suunnitellulla varustelunkuvauksella, joka sisältää myös teknistä määrittelyä, voidaan osoittaa näillä ominaisuuksilla vähimmäistasoksi, joka täyttää sille asetetut vaatimukset. Lisäksi voidaan lisätä haluttuja toimenpiteitä ja hyväksi todettuja toteutustapoja hälytysvalojen asennukseen. Määrittelyllä voidaan myös tarkastaa valmiin tuotteen vaatimusten mukaisuus.

Ajoneuvotyöryhmä (Virtanen 2014b) kommentoi, että piirustukset ovat opinnäytetyön toimeksiannon mukaisia. Piirustuksia arvioidaan kahden ajoneuvomallin osalta, jotka havaitaan laadukkaiksi ja ymmärrettäviksi. Merkintätapa on selkeä ja olennaiset tiedot käyvät ilmi piirustuksista. Poikkeava vinoviivoituksen käyttö todetaan perustelluksi tässä sovelluksessa. (Virtanen 2014b)

Liikenteen turvallisuusviraston ylitarkastaja Henri Takkinen (2014) kommentoi piirustusten osoittavan, että suunniteltu valokuvio on yhtenäinen ja toteutuvan huomattavasti ennen, E-säännössä n:o 65 määritettyä useasta komponentista koostuvalle ympärisäteilevälle hälytysvalolle asetettua, 20 metrin rajaa. Takkinen (2014) mukaan piirustuksista käy ilmi hälytysvalojen avauskulman olevan E-säännössä n:o 65 selvitetyn kapean keulan valojen mukaisesti vähintään 60°. Takkinen (2014) lisää, että mainituilta osin suunnitelma vastaa Liikenteen turvallisuusviraston tulevaa määräystä.

## 9 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä luotuja piirustuksia sovelletaan käytäntöön työn valmistumisen jälkeen, joten lopputulosten onnistumista voidaan vain arvioida. Kaikkien piirustusten kokeileminen käytännössä sijoittuisi pitkälle aikavälille. Ajoneuvojen tuotantojärjestys riippuu useista tekijöistä, kuten ajoneuvojen valmistajista, maahantuonnista ja varustelun suorittavasta yrityksestä, jolloin ei voida täysin tarkasti tietää varustelu päivämäärää, vaan arvio on usein viikkotasolla. Lisäksi tilauskanta muuttuu määrärahojen ohjauksen mukaan, jolloin alku- ja loppuvuoden määrärahojen käyttö on vaihtelevaa. Siksi tämän työn mukaisia suunnitelmia valosennuksista sovelletaan käyttöön, kun se tuotannollisesti on sopivaa.

Piirustuksia voidaan käyttää poliisiajoneuvojen varustelun kilpailutuksessa teknisinä määrittelyinä hälytysvalojen asennuksen osalta. Piirustusta voidaan käyttää samalla myös tuotantovaiheessa työohjeena, jonka mukaan asennukset tulee suorittaa. Viimeisessä vaiheessa piirustuksesta voidaan tarkastaa, ovatko asennukset vaatimuksia vastaavia. Selkeillä asennusohjeilla vältetään sekaannukset asennuspaikoista, toisistaan eriävät toteutukset ja turhat päällekkäisyydet. Valmiit lopputuotteet noudattavat hälytysvaloasennusten osalta yhtenäistä linjaa ja ovat teollisella tarkkuudella valmistetun näköisiä.

Poliisiajoneuvoja kehitetään toimimaan yhä paremmin niiden käyttäjiä varten sekä tehtävissä, joita ajoneuvoilla suoritetaan. Hälytysvalojen päätehtävä on erottaa hälytysajossa oleva ajoneuvo muusta liikenteestä, koska silloin poliisiajoneuvolla usein poiketaan liikennesäännöistä. Poliisille tulevat monipuoliset tehtävät vaativat käytettävissä olevalta kalustolta soveltuvuutta, jolloin se usein tarkoittaa, että uusia laitteita lisää ja laitteiston kokonaismäärä kasvaa. Myös hälytysvalojen osalta tutkitaan uusien laitteiden ja kehittyvän tekniikan mahdollisuuksia.

Hälytysvalojen näkyvyyttä voisi tarkastella vertikaalisesta ja horisontaalisesta suunnasta 3D-mallien avulla niin, että ajoneuvot ja hälytysvalot mallinnettaisiin realistisia kappaleita vastaaviksi. Tällöin isometrisillä kuvilla voitaisiin havainnollistaa paremmin hälytysvalojen näkyvyyttä. Sijoittelun tutkiminen toimivuuden ja käytännöllisyyden kannalta palvelisi käyttäjiä, koska on huomioitu, että joissain tilanteissa hälytysvalot ovat heikosti havaittavissa. Tämän työn suunnittelussa lisättiin autojen keskilinjalle yksi lisähä-

lytysvalo, jolla pyritään näyttämään valoa edellä menevän auton peruutuspeiliin, joko auton pysäyttämiseksi tai varoittamiseksi.

Tämän opinnäytetyön tilaajalla ei ole käytössä omaa 3D-suunnitteluun käytettävää ohjelmistoa. Tällaisten ohjelmistojen hankinta ei ole perusteltua, jos ohjelmistoa ei pystytä käyttämään tehokkaasti, koska hankintahinnat ovat yleisesti monissa tuhansissa euroissa. Tämän perusteella opinnäytetyönä tehty suunnittelu on tilaajalle hyödyllinen lopputuloksena saatavien piirustusten osalta sekä tutkimuksellisesti teknisen alan työkalujen käytöstä poliisiautojen varustelujen suunnittelussa. Myös hyödynnettävissä olevan osaamisen käyttö on resurssienhallinnallisesti järkevää verrattuna siihen, että osaamista lisättäisiin kouluttamisella 3D-suunnitteluun, joka ei ole tarvittavalla ydinosaamisalueella.

## LÄHTEET

Ajoneuvolaki 11.12.2002/1090

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257

KOMISSIION DIREKTIIVI 2004/104/EY, annettu 14 päivänä lokakuuta 2004, moottoriajoneuvojen radiohäiriöitä (sähkömagneettista yhteensopivuutta) koskevan neuvoston direktiivin 72/245/ETY mukauttamisesta tekniikan kehitykseen ja moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen tyyppihyväksyntää koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun direktiivin 70/156/ETY muuttamisesta.

Kovanen, V. Poliisin valtakunnallinen työsuojeluvaltuutettu. 2014. Kommentit magneettivilkusta. Sähköpostiviesti. marko.kovanen@poliisi.fi Luettu 11.11.2014.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 19.12.2002/1248

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus kaksi- ja kolmipyöräisten ajoneuvojen sekä nelipyöräisten rakenteesta ja varusteista 19.12.2002/1250

Liikenteen turvallisuusvirasto. 2012. Lausuntopyyntö määräysluonnoksesta Ajoneuvojen merkki- ja varoitusvalaisimien, työ- ja apuvalaisimien, hälytysajoneuvojen äänimerkinantolaitteiden yms. tekniset vaatimukset ja asennus ajoneuvoon. Määräysluonnos. Luettu 24.9.2014 <http://www.trafi.fi>

Liikenteen turvallisuusvirasto. 2014. Lausuntopyyntö määräysluonnoksesta Ajoneuvojen merkki- ja varoitusvalaisimien, työ- ja apuvalaisimien, hälytysajoneuvojen äänimerkinantolaitteiden yms. tekniset vaatimukset ja asennus ajoneuvoon. Perustelumuuisto. Luettu 18.11.2014 <http://www.trafi.fi>

Maaranen, K. & Heinonen M. 2013. Tekniset piirustukset: Konetekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

NEUVOSTON DIREKTIIVI, annettu 20 päivänä kesäkuuta 1972, ottomoottorilla varustettujen moottoriajoneuvojen radiohäiriöiden vaimennusta koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä (72/245/ETY).

Poliisihallitus. (ei pvm). Konsernipalvelut. Luettu 15.10.2014. <http://www.poliisihallitus.fi>

Sisustus- ja varustelumääritykset pakettiautorunkoisille partioautoille. 2011. Tekninen määritelmä. Kuusankoski: Poliisin tekniikkakeskus.

Sisäasiainministeriö. 2002. Poliisiosaston kirje: Hälytysvalotyöryhmän ehdotuksen hyväksyminen.

Takkinen, H. Ylitarkastaja DI. 2014. Kommentteja poliisiautojen hälytysvalojen sijoituksista. Sähköpostiviesti. henri.takkinen@trafi.fi. Luettu 25.11.2014

Tieliikennelaki 3.4.1981/267

Tuhola, E. & Viitanen K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Ulkoasiainministeriö. 2008. YK:n Euroopan talouskomissio. Luettu 30.9.2014.  
formin.finland.fi

United Nations Economic Commission for Europe. 2011a. Addendum 64: Regulation No. 65 Revision 2. Uniform provisions concerning the approval of psecial warning lamps.

United Nations Economic Commission for Europe. 2011b. Addendum 9: Regulation No. 10 Revision 4. Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility.

United Nations Economic Commission for Europe. (ei pvm). United Nations Economic Commission for Europe - Transport. Luettu 16.8.2014  
<http://www.unece.org/trans/welcome.html>

Virtanen, T., Materiaaliasiantuntija. 2014a. Haastattelu 17.6.2014. Haastattelija Mikkonen, P. Kuusankoski.

Virtanen, T., Materiaaliasiantuntija. 2014b, Ajoneuvotyöryhmän palautetta (Ajoneuvotyöryhmän puolesta Timo Virtanen). Sähköpostiviesti. timo.virtanen@poliisi.fi. Luettu 18.11.2014