

Planering av gatu- och vägbelysning

Andreas Aho

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för el- och automationsteknik

Vasa 2021

EXAMENSARBETE

Författare: Andreas Aho

Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Elkraft

Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: Planering av gatu- och vägbelysning

Datum 10.9.2020

Sidantal 42

Bilagor 1

Abstrakt

Målet med detta examensarbete var att bygga ihop en föreskrift som skall hjälpa i framtiden för planering av gatu- och vägbelysning. Examensarbetet berättar så noggrant som möjligt om hur man planerar gatu- och vägbelysning med programvaran Dialux 7.1, tekniska begrepp och vilka standarder man bör ta i beaktande.

Elteknisk dimensionering visas med exempeluträkningar av spänningsfall och kortslutningsström.

Examensarbetet presenterar vanligaste typerna av ljuskällor och olika typer av styrning som används inom gatu- och vägbelysning.

Som sammandrag kan det sägas att tekniken inom belysningsteknik går fram väldigt fort. Livstiden för gamla kvicksilverlampor börjar ta slut och inga reservdelar tillverkas mera, vilket innebär att de byts ut till LED-armaturer.

Språk: svenska

Nyckelord: vägbelysning, planering, Dialux

Opinnäytetyö

Tekijä: Andreas Aho

Koulutus ja paikkakunta: Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka

Ohjaaja: Ronnie Sundsten

Nimike:

Päivämäärä 10.9.2020

Sivumäärä 42

Liitteet 1

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoite oli rakentaa ohje auttaakseen tulevaisuuden tie- ja katuvalaistuksen suunnittelussa. Opinnäytetyö kertoo mahdollisimman tarkasti miten valaistus suunnitellaan Dialux 7.1 ohjelman avulla, olennaisista sähköteknisistä käsitteistä ja mitä standardeja tulee ottaa huomioon.

Sähkötekniinen suunnittelu näytetään jännitteen aleneman ja oikosulkuvirtojen esimerkkilaskelmilla.

Opinnäytetyössä käydään läpi tavallisimmat valonlähteet, ja käydään pinnallisesti läpi eri ohjaustavat joita käytetään tie- ja katuvalaistuksessa.

Tiivistettynä voidaan sanoa, että valaistustekniikka kehittyi erittäin nopeasti. Vanhat elohopealamput alkavat olla lähellä elinkaarensa loppua eikä varaosia valmisteta enää, mikä tarkoittaa, että ne vaihdetaan uusiin LED-valaisimiin.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Tievalaistus, suunnittelu, Dialux

BACHELOR'S THESIS

Author: Andreas Aho

Degree Programme: Electrical Engineering and Automation

Specialization: Power Systems Engineering

Supervisors: Ronnie Sundsten

Title: Planning of Street Lighting

Date 10.09.2020

Number of pages 42

Appendices 1

Summary

The goal with this thesis was to build a guideline to help planning streetlighting in the future. The thesis will show as accurate as possible which standards to consider, technical definitions and how to plan streetlighting with the help of Dialux 7.1 software.

Technical dimensioning is shown via example calculations of voltage drops and short circuits.

This thesis contains the most common light sources found within streetlighting, as well as a brief description about different kinds of control methods used in streetlighting.

As a summary can it be said that the technics behind streetlighting evolve with great speed. Old mercury vapor lamps are getting close to the end of their lifecycle, and no spare parts are longer manufactured, which means that they will all be replaced by new LED-lights.

Language: Swedish

Key words: Streetlighting, planning, dialux

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 2 | Tekniska begrepp | 2 |
| 2.1 | Luminans | 2 |
| 2.2 | Bländning..... | 2 |
| 2.3 | Färgtemperatur | 3 |
| 2.4 | CRI = Color Rendering Index..... | 3 |
| 2.5 | Ljusflöde | 3 |
| 2.6 | Ljusstyrka..... | 4 |
| 2.7 | Belysningsstyrka | 4 |
| 2.8 | Vågrät belysningsstyrka | 4 |
| 2.9 | Lodrät belysningsstyrka..... | 4 |
| 2.10 | Halvcylinder belysningsstyrka | 5 |
| 2.11 | Halvklot belysningsstyrka | 5 |
| 3 | Vanligaste typer av ljuskällor inom vägbelysning | 5 |
| 3.1 | Kvicksilverlampa | 5 |
| 3.2 | Natriumlampa | 6 |
| 3.3 | Metallhalogenlampa | 7 |
| 3.4 | LED..... | 8 |
| 4 | Vägverkets krav på vägbelysning | 10 |
| 4.1 | M-klassen | 10 |
| 4.2 | C-klassen..... | 11 |
| 4.3 | P-klassen..... | 12 |
| 5 | Tekniska krav..... | 15 |
| 5.1 | Belysningsarmatur..... | 15 |
| 5.2 | Stolpar | 15 |
| 5.2.1 | Standarder | 15 |
| 5.2.2 | Krocksäkerhet..... | 16 |
| 5.3 | Stolpinsats | 17 |
| 5.4 | Fundament | 17 |
| 5.5 | Skyddsror..... | 17 |
| 5.6 | Kabel..... | 18 |
| 5.7 | Jordningar..... | 18 |
| 5.8 | Centraler..... | 18 |
| | | 19 |

| | | |
|------|---|----|
| 6 | Elteknisk dimensionering | 20 |
| 6.1 | Spänningsfall | 20 |
| 6.2 | Kortslutningsström..... | 22 |
| 6.3 | Längsta tillåtna kabellängd..... | 27 |
| 6.4 | Dimensionering av överbelastningsskydd..... | 27 |
| 6.5 | Belastbarhet på kablar | 28 |
| 7 | Exempel på belysningskrets | 30 |
| 8 | Styrning av vägbelysning..... | 33 |
| 8.1 | Lokal styrning | 33 |
| 8.2 | Kedjning..... | 33 |
| 8.3 | Smart styrning | 34 |
| 9 | Belysningsplan..... | 35 |
| 9.1 | Behovsutredning | 35 |
| 9.2 | Helhetsplan | 35 |
| 9.3 | Vägplan..... | 36 |
| 9.4 | Byggplan | 36 |
| 10 | Dimensionering av belysning | 37 |
| 10.1 | Skapning av nytt belysningsprojekt..... | 37 |
| 10.2 | Val av belysningsklass och armatur..... | 38 |
| 11 | Resultat | 42 |
| 12 | Diskussion..... | 43 |
| 13 | Källförteckning | 44 |

1 Inledning

Detta arbete är gjort för företaget Sähköliike Sähköwaasa Oy. Företaget är grundat år 2003, anställer 20 personer och har en omsättning på 4 MEUR. Sähköliike Sähköwaasa Oy erbjuder tjänster inom bland annat elplanering, entreprenader, bygge och underhåll av gatu- och vägbelysning, trafikljus, fastighetsautomation, luftvärmepumpar och solenergi. Gatu- och vägbelysning har företaget gjort sedan år 2008 har i dagens läge täcker dessa arbeten över 70 % av omsättningen.

Efter att ha arbetat som montör inom gatu- och vägbelysning i företaget blev jag själv intresserad av planering, och diskuterade med mina förmän ifall jag skulle få en möjlighet att planera en sanering av vägbelysning som examensarbete.

Gatu- och vägbelysning saneras och byggs nytt hela tiden, så jag gjorde ett arbete för framtida behov som hjälp för snabb och smidig planering av gatu- och vägbelysning.

I arbetet går igenom tekniska begrepp inom belysning, exempeluträkningar samt essentiella faktorer man bör ta i beaktan vid planering av gatu- och vägbelysning.

Målet med arbetet var att underlätta planering av gatu- och vägbelysning i framtiden.

Som bilaga är planeringen jag gjorde för sanering av väg 715 till NTM-centralen.

2 Tekniska begrepp

Tekniken inom belysning har vissa egna tekniska begrepp vilka är bra att känna till. Dessa begrepp hör inte enbart till vägbelysning, utan bör kännas till alltid då man arbetar inom belysningsteknik.

2.1 Luminans

Luminans är en relation mellan ljusstyrkan och en specifik area på till exempel gatuytan. Luminans definieras med L (cd/m^2). Inom planering av vägbelysning är luminans den mest relevanta storheten. Luminans är enda storheten vilken kan identifieras med ögat. Inom vägbelysning räknas den genomsnittliga luminansen, alltså aritmetiska medeltalet. Denna berättar hur ljus gatuytan ser ut. Indikeringsanordningen placeras i mitten av varje körfil och beräknar det minsta värdet. På detta sätt räknas mellanrummet mellan armaturerna. Värden bestäms i Vägverkets belysningsklasser vilka presenteras senare i detta arbete.

Med att höja genomsnittliga luminansen ökar man på man räckvidden av siktlinjen, förkortar reaktionstiden och förbättrar bedömningen av trafiken.

Med för hög luminans orsakar man bländning. [3]

2.2 Bländning

Ögat anpassar sig till genomsnittliga luminansen i synfältet. Att se är att upptäcka olikheter i luminansen. Allt för stora olikheter orsakar bländning i synen. Inom vägbelysningen uppkommer det två typer av bländningar; synnedsättande bländning och obehagsbländning.

Med synnedsättande bländning menar man att ljuset sprids i ögat och orsakar försämrad kontrastkänslighet vilket leder till en försämrad synförmåga.

Obehagsbländning uppstår då ljuskällan inom synfältet har betydligt högre luminans än omgivningen. När detta sker vill man oftast vända bort blicken för att undvika bländning.

[3]

2.3 Färgtemperatur

Oftast upptäcker man ljuset från vägbelysningen som antingen gult eller ljusblått. Färgtemperaturen beskriver nyansen som ljuskällan producerar, och uttrycks i kelvin (K). En tändsticka producerar en färgtemperatur på ca. 1800 K och en ny AEC LED-vägbelysnings armatur producerar en färgtemperatur på 4000 K. [3]



Figur 1. Färgtemperatur

2.4 CRI = Color Rendering Index

Rakt översatt: Förmågan att visa många färger. CRI beskriver ljusets förmåga att upprepa färger i jämförelse med en annan ljuskälla. CRI anges oftast i Ra-index. Ra-indexet bör vara så nära 100 som möjligt. EU-standarden rekommenderar att i en bostad var det arbetas bör Ra-indexet vara minst 80 eller högre. [3]

2.5 Ljusflöde

Ljusflöde (Φ) är strålningskraften som uppstår vid en ljuskälla. Enheten för ljusflöde är Lumen (lm). Vid vägbelysning beror ljusstyrkan av armaturens effekt. Normalt ligger ljusflödet av vägbelysning mellan 3000 lm och 20 000 lm. [3]

2.6 Ljusstyrka

Ljusstyrka (I) är gränsvärdet mellan ljusflödet och tredimensionella vinkeln, tills vinkeln närmar sig noll. Ljusstyrkan indikerar styrkan på ljuset som strålar ur en armatur mot ett specifikt håll. Enheten för ljusstyrka är Candela (cd). [3]

2.7 Belysningsstyrka

En ljuskälla släpper iväg ljusflöde, vilken till slut når någon yta. Ljusflöde som når ytan reagerar alltid på något sätt; den kan bli reflekterad, den kan penetrera eller den kan absorberas. Belysningsstyrkan (E) beskrivs med formeln:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

Var Φ står för ljusflödet på ytan och A arean på ytan. Belysningsstyrkan E definierar ljusflödets täthet på ytan. Belysningsstyrkans enhet är lumen per kvadratmeter (lm/m^2) alltså lux (lx). [3]

2.8 Vågrät belysningsstyrka

Vågräta genomsnittliga belysningsstyrkan E_m (lx) är ljusflödet mot en area-enhet. Med vågrät belysningsstyrka menar man ljusflödet i vågrät riktning. Inom gatu- och vägbelysning ser man detta mer i äldre till exempel högtrycksnatriumlampor, var ljuset inte kommer enbart neråt. För stor vågrät belysningsstyrka kan orsaka bländning. [3]

2.9 Lodrät belysningsstyrka

Lodrät belysningsstyrkan E_h (lx) är ljusflödet mot en area-enhet. Lodräta belysningsstyrkan är ljusflödet som lyser neråt från ljuskällan. Vid för liten lodrät belysningsstyrka når inte tillräckligt med ljus ända ner till vägytan. [3]

2.10 Halvcylinder belysningsstyrka

Halvcylinder belysningsstyrkan E_{sc} (lx) är genomsnittliga belysningsstyrkan av ytan på en stående liten halvcylinder. Vid ansiktshöjd mätt är den en avgörande faktor vid rekognosering. [3]

2.11 Halvklot belysningsstyrka

Halvklot belysningsstyrka E_{hs} (lx) är genomsnittliga belysningsstyrkan av ett litet halvklot. Den är en avgörande faktor vid rekognosering av tredimensionella föremål, såsom förhöjningar och gropar. [3]

3 Vanligaste typer av ljuskällor inom vägbelysning

Inom vägbelysning har det blivit använt väldigt många olika typer av ljuskällor. Nästa kapitel går igenom vanligaste typer av ljuskällor som kan fortfarande påträffas vid vägbelysning.

3.1 Kvicksilverlampa

Kvicksilverlampan är en gasurladdningslampa. Lampan utger ljus från elektrisk urladdning med hjälp av kvicksilverånga och lysämne. Kvicksilverlampan använder sig av kvartsglas, vilket tål höga temperaturen som lampan utger. Insidan på glaset har vanligtvis en beläggning av fosfor, som omvandlar UV-strålningen till ljus. Kvicksilverlampan utger en turkosaktig färg.

Kvicksilverlampan var vanligast inom gatubelysning. 2015 kom Eco design-direktivet i kraft, vilket innebar att kvicksilverlampor inte tillverkas mera, utan de blir sanerade till LED-armaturer. [7]



Figur 2.
Kvicksilverlampa

3.2 Natriumlampa

Det finns två olika typer av natriumlampor. Lågtrycksnatriumlampa och högtrycksnatriumlampa.

I lågtrycksnatriumlampan grundar ljusproduktionen sig på urladdning inom natriumånga i lågtryck. En lågtrycksnatriumlampa är bästa alternativet för utebelysning med tanke på ljusstyrkan, men dess CRI är så dålig och lamporna allt för stora, vilket resulterar att lågtryckslampor inte installeras mera.

I stället för lågtrycksnatriumlampor använder man sig av högtrycksnatriumlampor. Högtrycksnatriumlampor är vanligaste typen av lampor man ser idag inom gatubelysning. Högtrycksnatriumlampans ljusproduktion grundar sig på urladdning inom natriumånga i högtryck. Livslängden på högtrycksnatriumlampan är längre än på kvicksilverlampan (ca 4 - 8 år). En högtrycksnatriumlampa går också att skymma med transformator. Som dålig sida med högtrycksnatriumlampa är CRI. Natriumlampor utger en orangegul färg. [7]



Figur 3.
Lågtrycksnatriumlampa



Figur 4.
Högtrycksnatriumlampa

3.3 Metallhalogenlampa

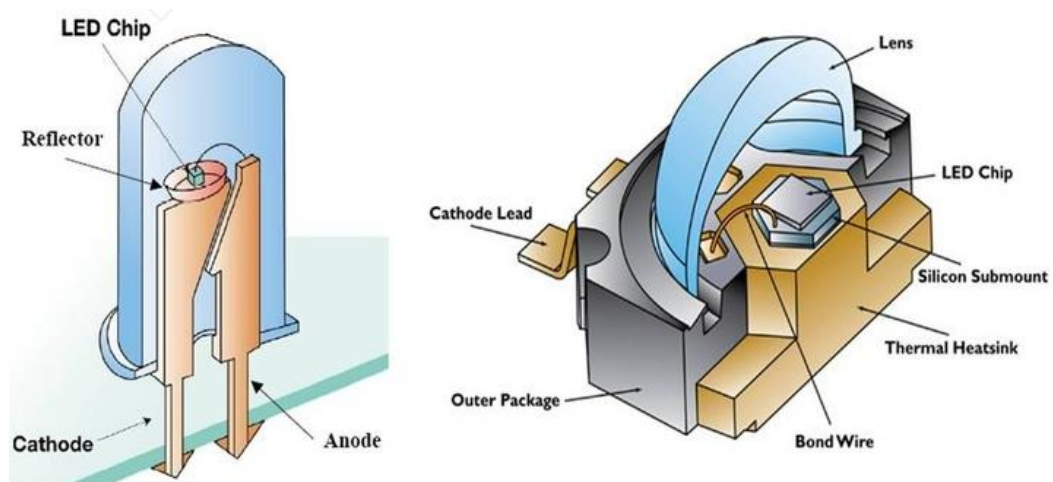
Metallhalogenlampans funktion grundar sig också på gasurladdning av högtryck. Lampans ljusproduktion kommer från olika metallblandningar vilka används i urladdningen. Metallhalogenlampan utger en vit färg och är ljusare än natriumlampan. Vanligen används metallhalogen i parker och torg. Metallhalogenlampan är relativt dyr och dess livslängd är kortare än natriumlampan. [7]



Figur 5. Metallhalogenlampa

3.4 LED

LED (Light Emitting Diode) är en halvledarljuskälla vilken producerar ljus när spänning flyter igenom den. Ljuset som utstrålas är inkoherent och utstrålas i ett smalt ljusspektrum. LED kan enbart ha en färg, vilket kan vara en blandning av vit och våra grundfärger röd, grön och blå (RGB). LED inom vägbelysning har en stark vit färg. I jämförelse med till exempel natriumlampan så utger inte en LED lika mycket värme. Dock måste strömkällan och dioden förses med kylsystem. LED har i överlag märkbart längre livslängd än andra lampor och är miljövänligare då det inte används bly, kvicksilver eller halogengas.



Figur 6. Komponenter hos en LED



Figur 7. Aec LED vägbelysningsarmatur

4 Vägverkets krav på vägbelysning

Vägverket har formulerat belysningsklasser till olika situationstillfällen, vilka innebär olika krav till belysningen. Syftet med dessa är att öka säkerhet och synlighet i trafiken och omgivningen. Olika situationer använder olika belysningsklasser. Vägverket publicerar varje år vilka armaturer är godkända och dessa måste uppfylla vissa krav såsom till exempel belysningsstyrka i specifika situationer.

Gamla dokument kan innehålla klasser såsom AL-, AE- och K-klasser. 2015 förnyades klasserna i *Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu*. Nya klasserna är M-, C- och P-klasser.

4.1 M-klassen

M-klassen är menat till vägar och gator för motorfordon på både våt och torr vägyta. På landsväg används M-klasser enligt tabell, som är baserad på luminansen. Belysningstekniska dimensioneringen bör göras med programvara, som uppfyller kraven enligt standarden SFS-EN-13201-3. Iakttagbara torra vägytan är R2 och våta W3. [3]

Tabell 1. M-klasser. AL-klasserna från 2006 inom parentes

| Belysningsklass | Luminans på torr och våt vägyta | | | | Försämringsbländning | Omgivningsbelysning |
|-----------------|---------------------------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| | Torr | | Våt | | Torr | |
| | L_m cd/m ² min | U_0 min | U_l min | U_{ow} min | F_{T1} max % | R_{E1} min |
| M1 (AL1) | 2 | 0,4 | 0,6 | 0,15 | 10 | 0,4 |
| M2 (AL2) | 1,5 | 0,4 | 0,6 | 0,15 | 10 | 0,4 |
| M3a (AL3) | 1 | 0,4 | 0,6 | 0,15 | 15 | 0,4 |
| M3b (AL4a) | 1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 15 | 0,4 |
| M4 (AL4b) | 0,75 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 15 | 0,4 |
| M5 (AL5) | 0,5 | 0,35 | 0,4 | 0,15 | 15 | 0,4 |
| M6 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,15 | 15 | 0,4 |

4.2 C-klassen

C-klassen är menat för allmänna vägar för motorfordon och andra trafikanter i konfliktsituationer, rondeller och korsningsområden var enbart uppföljning av luminansen inte är tillgänglig. Detta händer då synligheten av egentliga körbanan är mindre än 60 m.

[3]

Tabell 2. C-klasser. AE-klasserna från 2006 inom parentes

| Belysningsklass | Vågrät belysningsstyrka | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | E_{hm} lx min | U_0 min |
| C0 (AE0) | 50 | 0,4 |
| C1 (AE1) | 30 | 0,4 |
| C2 (AE2) | 20 | 0,4 |
| C3 (AE3) | 15 | 0,4 |
| C4 (AE4) | 10 | 0,4 |
| C5 (AE5) | 7,5 | 0,4 |

Tabell 3. M- och C-klassernas motsvarigheter

| Luminans | Belysningsstyrka |
|------------|------------------|
| M1 (AL1) | C1 (AE1) |
| M2 (AL2) | C2 (AE2) |
| M3a (AL3) | C3 (AE3) |
| M3b (AL4a) | C3 (AE3) |
| M4 (AL4b) | C4 (AE4) |
| M5 (AL5) | C5 (AE5) |

4.3 P-klassen

P-klassen är menat för fotgängare och cyklister på gångbanor, trottoarer och andra områden bredvid egentliga körbanan samt på gårdsvägar, parkeringsområden och gårdar.

På gångbanor och cykelvägar som förenas med landsväg används P-klassen. Ifall man vill använda halvklots belysningsstyrkan i stället gör vågräts belysningsstyrkan, bestämmer man klassen enligt standarden SFS-EN13201-2 och framställer det i byggplanen. [3]

Tabell 4. P-klassen. K-klasserna från 2006 inom parentes

| Belysningsklass | Vågrät belysningsstyrka | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|
| | E_{hm} lx min | E_h lx min |
| P1 (K1) | 15 | 3 |
| P2 (K2) | 10 | 2 |
| P3 (K3) | 7,5 | 1,5 |
| P4 (K4) | 5 | 1 |
| P5 (K5) | 3 | 0,6 |
| P6 (K6) | 2 | 0,4 |

Tabell 5. Exempel på användning av P-klasser

| Farled eller område | Belysningsklass |
|------------------------------------|-----------------|
| Gågata i centrum | |
| Bara lätt trafik | P2 |
| Servicetrafik tillåten | P1 |
| Andra områden | |
| Bara lätt trafik | P3 |
| Servicetrafik tillåten | P2 |
| Landsbygstätort | |
| Bara lätt trafik | P3, P4 |
| Servicetrafik tillåten | P2 |
| Gårdsgator | |
| Mycket trafik | P2 |
| Lite trafik | P4, P5 |
| Gågator i centrum och torg | |
| | P1, P2 |
| Skilda gågator och cykelväg | |
| Mycket trafik | P4 |
| Lite trafik | P6 |
| Tunnel | |
| | C4 |
| Friluftsvägar | |
| Parker | P3 |
| Skidspår, spånbanor | P4 |
| Parkeringsområden | |
| Mycket trafik | P2 |
| Lite trafik | P4 |

5 Tekniska krav

Beställaren kan ställa vissa krav på materialet som används. Nästa kapitel går igenom kraven som NTM-centralen ställer för vägbelysning på deras vägar. Syftet med kraven är att öka säker användning av vägbelysning och säkerheten i trafiken.

5.1 Belysningsarmatur

Armaturen måste vara CE-märkta och enligt standardserien SFS-EN 60/598 samt måste de uppfylla radiostörningskraven enligt standarden SFS-EN 55015 och EMC-kraven enligt standarden SFS-EN 61547. Armaturer för utomhusbruk bör vara med metallhölje och inneha kappslingsklass minst IP65. Armaturen bör ha verkningsgrad på minst 0,9. [5]

5.2 Stolpar

Stolpar finns i flera varianter av både trä och metall, och har sina egna krav och standarder de ska uppfylla.

5.2.1 Standarder

Metallstolparna måste vara CE-märkta, och de förzinkas enligt standarden SFS-EN EN ISO 1461.

Ifall trästolparna är enligt klass 2 av standarden SFS 2662:1985, behövs inte något särskilt typgodkännande. För stolpar av trä kan man inte få någon CE-märkning, p.g.a. att det inte finns någon EN-standard. Som undantag är vissa tillämpningar av limträstolpar. [3]

5.2.2 Krocksäkerhet

Försvagade stolpar bör användas då trafikmängden är minst

- 1000 fordon/dygn, då hastigheten på vägen (eller gatan) är normalt minst 60 km/h (detta kan inträffas också vid 50 km/h områden), och
- 700 fordon/dygn, då hastigheten är normalt minst 80 km/h.

Energi absorberande stolpar (HE) föreslås till vägar med mycket trafik, ifall bakom stolparna ligger en cykelväg med mycket trafik eller bakom ett smalt dike en skog. Ifall en försvagad stolpe skulle placeras på sådan plats skulle till exempel en fotgängare utsättas för fara vid eventuell utkörning.

På vägar i tätort vars hastighet är 60 km/h eller 70 km/h, bör man också undvika användning av stolpar med tung konstruktion. Tunga stolpar har en risk att falla fritt ner på en bil. Vid låg hastighet och jordkabelinstallation är risken störst, men ändå rätt så liten. Luftkabel (AMKA) minskar risken.

Gamla stolpar bör försvagas då tidigare nämna trafikmängder överskrids.

Som undantag är fall då:

- a) Stolparna är bakom staket.
- b) Stolparna är bakom ett dike bland tjocka träd eller tillräckligt långt from vägen.
- c) Stolparna har delvis ruttnat och mellanrummet mellan stolparna är kort.
- d) Det hänger tunga kablar i stolparna.
- e) En stolpe utan stag har för stor vinkel på kabeln.

[3]

5.3 Stolpinsats

Som stolpinsats används till exempel SV15.11. Vid trästolpar används till exempel SK160.1-belysningsstolpskåp, vilket innehåller en SV15.11. [3]



Figur 8. SV15.11 Stolpinsats

5.4 Fundament

Som fundament används färdigt utmätta betongfundament för olika stolplängder, till exempel SJ- eller SJR serien av Sähkö Jokinen. [3]

5.5 Skyddsror

Vid undergång av körbanan används enligt standarden SFS 5608 hårdhetsklass A skyddsror av HD-polyeten, vars inre diameter är nämnd i planen, ändå minst 110 mm till exempel TEL 110 A. Då rören går i samma riktning med vägen kan det användas skyddsror av klass B, ifall inte tunga fordon kör över dem. Diametern på rören av klass B nämns i planen, dock minst 75 mm. Opto 75 B, TEL 110 B. Rör som lämnar i reserv proppas. [3]

5.6 Kabel

Som kabel används vanligen luftkabel eller jordkabel, beroende på val av stolpar. Som jordkabel används vanligen aluminiestikabel AMCMK eller AXMK var arean varierar mellan 16 och 35 mm². Inom luftledningsinstallationer används AMKA hängspiralkabel, som har en bärande vajer av metall och innehåller också en area som varierar mellan 16 och 35 mm². [3]

5.7 Jordningar

N-ledaren måste jordas vid max. 200 m avstånd från matande punkten och varje kabel som är över 200 m, eller i ändan av en avgrening, eller max. 200 m från slutändan. Jordningsimpedansen bör strävas till att få under 100 ohm.

Vägbelysningscentralerna utrustas med egen jordningselektrod och PEN-ledaren är rekommenderad att jorda någon annanstans också, var det finns en jordningselektrod eller andra goda jordningsförhållanden.

Inom vägbelysning används 16 mm² bar kopparledare som jordningsledare och som jordningselektrod kopparrör eller -stav. Jordningen bör utrustas med klämma som möjliggör utmätningar. [3]

5.8 Centraler

Centralerna kan vara inuti fördelningsskåp vilka står i till exempel dikeskanten eller monterad på stolpen. Fördelningsskåpen bör uppfylla kraven enligt standarden SFS 2533, och fastsättningen bör passa till en fot enligt standarden SFS 2534.

Inuti centralen bör allt inkapslas. Inkapslingsklassen bör vara minst IP34 då dörren på skåpet är öppen. Uppbyggnaden på centralen bör möjliggöra tillräckligt god luftcirkulation. [3]



Figur 9. Central nergrävd i marken



Figur 10. Central monterad på en stolpe

6 Elteknisk dimensionering

Alltid då man planerar någon kabellinje, måste uträkningar på spänningsfall och kortslutningsström utföras för bestämning av överbelastningsskydd, längsta tillåtna kabellängden samt belastbarheten på kabeln.

6.1 Spänningsfall

Standarden SFS 6000 rekommenderar att spänningen inte ändras mer än -10...+6 % (207...244 V) från matningspunkten. Inom vägbelysning då det används urladdnings lampor kan man dock tillåta en ändring på max. $\pm 6\%$ från nominellspänningen. För låg spänning orsakar att lamporna tänds i olika takt, eller att några lampor tänds och släcks.

Kontinuerlig över- och underspänning verkar märkbart på lampans livstid. Underspänning förlänger urladdningslampans livstid likaså som på en glödlampa. Med underspänning har lampan svårt att tändas vid hård köld. Också försämras lampans ljusflöde då spänningen sjunker och önskad belysningsklass inte uppfylls mera.

Spänningsfallen räknas vanligen enligt lampornas tändningsström. På så sätt kan man försäkra att alla lampor tänds samtidigt. Urladdningslampornas tändningsström är betydligt högre än då de lyser, vilket innebär att spänningsfallen är större vid tändningen.

Spänningsfallen räknas från huvudcentralen till gruppens sista stolpe med en trefasig räknemetod, p.g.a. vanligen kopplas alla tre faser ända till slutet. I beräkningen bör man ta i beaktan att tändningsströmmen minskar mot slutet av gruppen då mängden av lamporna man ska iaktta minskar.

Spänningsfallen kan räknas med följande formler:

Med trefasig växelspanning:

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (2)$$

Var

ΔU är spänningsfallen i volt (V)

I är belastningsström (A)

L är längden på kabeln (m)

R är resistans (Ω/m)

X är reaktans (Ω/m)

U_n är nominellspänning (V)

ϕ är fasvinkeln mellan spänningen och strömmen

Med enfasig växelspanning:

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot l \cdot (r \cos \phi \pm x \sin \phi) \quad (3)$$

I formlerna använd plustecken för induktiv belastning och minustecken för kapazitiv belastning.

Motsvarande relativt spänningsfall får man ur formeln:

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% \quad (4)$$

I planritningen märks relativa spänningsfallen med bokstaven p, till exempel p = 2,0%. [7]

6.2 Kortslutningsström

Kortslutningsström kan räknas på flera olika sätt. Kortslutningsströmmen räknas ofta med VDE:s (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) metod, var felströmskretsens impedanser räknas aritmetiskt ihop. I uträkningen bestäms kortslutningsströmmen i en kortslutning mellan fas- och skyddsledaren. I uträkningen används formeln:

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_v} \quad (5)$$

Var

I_k är minsta enfasiga kortslutningsström (A)

C är faktorn 0,95, vilket beaktar spänningsfallen

U är huvudspänningen (V)

Z_v är felströmskretsens totala impedans (Ω), vilket formas av föregående nätets impedanser, transformatorns impedans och kablarnas impedanser efter transformatorn.

Felströmskretsens totala impedans till föregående formel får man uträknat med formeln:

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (6)$$

Kablarnas impedanser kan räknas med impedansvärden i tabell 6 med formeln:

$$Z_{\text{kaapeli}} = s \cdot 2 \cdot z \quad (7)$$

Ifall tvärsnittsarean på jordningsledaren skiljer sig från fasledarna, måste man iaktta olika värden i uträkningen. I detta fall används formeln:

$$Z_{\text{kaapeli}} = s \cdot (z_1 + z_2) \Omega \quad (8)$$

Var värden inom parenteserna är summan på fasledarnas och jordningsledarens impedanser.

Tabell 6 visar kablarnas resistans, reaktans och impedans enligt tvärsnittsarean på ledarna

Tabell 6. Kablarnas impedanser (Ω/km) med ledartemperatur på 80°C

| Tvärsnitt på ledare A/mm^2 | Koppar | | | Aluminium | | |
|-------------------------------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| | Resistans r | Reaktans x | Impedans z | Resistans r | Reaktans x | Impedans z |
| 4 x 1,5 | 14,62 | 0,115 | 14,62 | | | |
| 4 x 2,5 | 8,77 | 0,11 | 8,77 | | | |
| 4 x 4 | 5,48 | 0,107 | 5,48 | | | |
| 4 x 6 | 3,66 | 0,1 | 3,66 | | | |
| 4 x 10 | 2,244 | 0,094 | 2,246 | | | |
| 4 x 16 | 1,415 | 0,09 | 1,418 | 2,324 | 0,09 | 2,326 |
| 4 x 25 | 0,898 | 0,086 | 0,902 | 1,489 | 0,086 | 1,492 |
| 4 x 35 | 0,652 | 0,083 | 0,657 | 1,086 | 0,083 | 1,089 |
| 4 x 50 | 0,482 | 0,083 | 0,489 | 0,796 | 0,083 | 0,8 |
| 4 x 70 | 0,336 | 0,082 | 0,346 | 0,551 | 0,082 | 0,557 |
| 4x 95 | 0,244 | 0,082 | 0,257 | 0,398 | 0,082 | 0,406 |
| 4 x 120 | 0,195 | 0,08 | 0,211 | 0,316 | 0,08 | 0,326 |
| 4 x 150 | 0,155 | 0,08 | 0,174 | 0,258 | 0,08 | 0,27 |
| 4 x 185 | 0,125 | 0,08 | 0,148 | 0,207 | 0,08 | 0,222 |
| 4 x 240 | 0,095 | 0,079 | 0,124 | 0,162 | 0,079 | 0,18 |
| 4 x 300 | 0,078 | 0,079 | 0,111 | 0,133 | 0,079 | 0,155 |

Tabell 7 och 8 visar skyddsanordningarnas krav på kortslutningsström.

Tabell 7. Dvärgbrytarnas krav på kortslutningsström

| Minsta kortslutningsström, som olika skyddsanordningar fungerar på 0,2, 0,4 och 5,0 sekunder | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Nominellström på skyddsanordningen A | Minsta tillåtna enfasiga kortslutningsström A | | | | |
| | Dvärgbrytare | | | | |
| | B-typ 0,2, 0,4 och 5,0 s | C-typ 0,2 och 0,4 s | C-typ 5,0 s | D-typ 0,2 och 0,4 s | D-typ 5,0 s |
| | Beräknad värde /Uppmätt värde | Beräknad värde /Uppmätt värde | Beräknad värde / Uppmätt värde | Beräknad värde / Uppmätt värde | Beräknad värde / Uppmätt värde |
| 6 | 30/38 | 60/75 | 42/55 | 120/150 | 42/55 |
| 10 | 50/65 | 100/125 | 70/90 | 200/250 | 70/90 |
| 16 | 80/100 | 160/200 | 112/140 | 320/400 | 112/140 |
| 20 | 100/125 | 200/250 | 140/180 | 400/500 | 140/180 |
| 25 | 125/160 | 250/320 | 175/220 | 500/630 | 175/220 |
| | | | | | |
| 32 | 160/200 | 320/400 | 225/280 | 640/800 | 225/280 |
| 40 | 200/250 | 400/500 | 280/350 | 800/1000 | 280/350 |
| 50 | 250/320 | 500/630 | 350/440 | 1000/1250 | 350/440 |
| 63 | 315/400 | 630/790 | 440/550 | 1260/1600 | 440/550 |
| 80 | 400/500 | 800/1000 | 560/700 | 1600/2000 | 560/700 |
| 125 | 625/780 | 1250/1570 | 875/1100 | 2500/3130 | 875/1100 |

Tabell 8. Säkringarnas krav på kortslutningsström

| Säkringarnas krav på kortslutningsström | | |
|--|--|--|
| A | Berädnad värde/ Uppmätt värde | Berädnad värde/ Uppmätt värde |
| | 0,4 s | 5,0 s |
| 2 | 16/20 | 9/12 |
| 4 | 32/40 | 18/23 |
| 6 | 46,5/58 | 28/35 |
| 10 | 82/103 | 46,5/58 |
| 16 | 110/138 | 65/81 |
| 20 | 145/180 | 85/105 |
| | | |
| 25 | 180/225 | 110/138 |
| 32 | 270/340 | 165/210 |
| 35 | 290/365 | 175/220 |
| 40 | 315/395 | 190/240 |
| 50 | 470/590 | 250/315 |
| 63 | 550/690 | 320/400 |
| | | |
| 80 | 840/1050 | 425/530 |
| 100 | 1000/1250 | 580/725 |
| 125 | 1450/1800 | 715/895 |
| 160 | 1600/2000 | 950/1190 |
| 200 | 2100/2625 | 1250/1560 |
| | | |
| 250 | 2800/3500 | 1650/2065 |
| 315 | 3700/4625 | 2200/2750 |
| 400 | 4800/6000 | 2840/3550 |
| 500 | 6400/8000 | 3800/4750 |
| 630 | 8500/10625 | 5100/6375 |

6.3 Längsta tillåtna kabellängd

Ofta måste man bestämma längsta tillåtna kabellängd, då man känner till nätets impedans före skyddsanordningarna Z_v , eller kortslutningsströmmen. Längsta tillåtna kabellängd kan räknas med formeln:

$$l = ((c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot I_k) - Z_v) / (2 \cdot z) \quad (9)$$

Var

l är längsta tillåtna kabellängd (km)

c är faktorn 0,95, vilket beaktar spänningsfallen

U är huvudspänningen (V)

I_k är kortslutningsströmmen som orsakar bortkopplingen under krävda tiden

Z_v är impedansen före skyddsanordningarna (Ω)

z är impedansen på ledaren man vill skydda (Ω/km)

[7]

6.4 Dimensionering av överbelastningsskydd

Som överbelastningsskydd används proppsäkringar eller dvärgbrytare. Istället för proppsäkringar kan dvärgbrytare användas ifall man vill minimera storleken på centralen.

Belysningsgruppens överbelastningsskydd dimensioneras enligt tändnings- och brännströmmar. Proppsäkringarnas nominellström är 1,3 x totalströmmen vid tändningen. Proppsäkringarna håller alltså bättre mot strömspikar vilka uppstår vid tändning.

Enligt standarden SFS 6000 måste överbelastningsskydden uppfylla kraven:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (10)$$

Var

I_b är strömmen som kretsen är planerad till

I_z är ledarens kontinuerliga belastbarhet

I_n är skyddsanordningens dimensioneringsström

Belysningsgruppens skyddsanordningens bortkopplingsförmåga måste vara större än kortslutningsströmmen som uppstår i gruppen.

Ofta placeras det alltid egna säkringar i stolparna. Normalt används 6 A eller 10 A i dessa fall, och grupsäkringarna i centralen kan variera mellan 16 A och 35 A, beroende på gruppens storlek. Ifall gruppens storlek är liten och distanserna korta, kan gruppens säkringsskydd verkställas med säkringar eller dvärgbrytare för hela gruppen i centralen. Kortslutningsströmmarna måste ändå alltid granskas och överbelastningsskydden planeras, så att ifall en lampa får fel släcks inte andra lampor. [7]

6.5 Belastbarhet på kablar

I gatu- och vägbelysning placeras kablarna huvudsakligen i marken, vilket betyder att det är referensmetod D i frågan. I planeringen bör man ändå beakta andra möjliga monteringsätt, vilka kan uppstå vid kabelrutten. Ifall till exempel kabeln monteras på trävägg, dimensioneras kabelns största tillåtna belastbarhet enligt metod C.

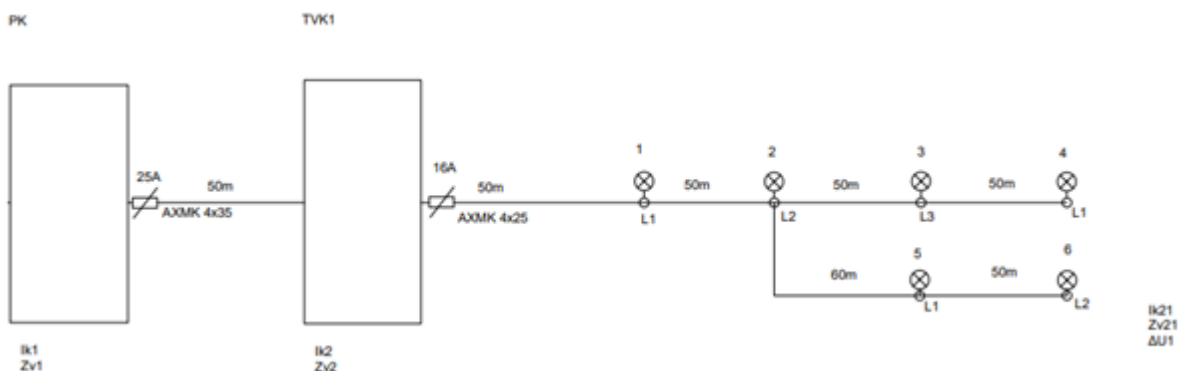
Tabell 9 visar största kontinuerliga strömmar, som ledare får belastas i bestämda omständigheter. Ifall omgivningens temperatur är något annat än 25°C och ifall gruppen har flera kretsar eller flera kablar bredvid varandra, bör belastbarheterna räknas på nytt enligt standarden SFS 6000-5-52:s bilaga 52A tabell på ändringsfaktorer.

Tabell 9. Belastbarhet i ampere med monteringsätt A, B, C, D. PVC-isolerade koppar- eller aluminiyledare. Ledar temperatur 70°C. Omgivningens temperatur 25°C i luften och 15°C i marken

| Nominellt tvärsnitt på ledare mm ² | Monteringsätt enligt tabell A52-1 | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | A | | B | | C | | D |
| | Tre belastade ledare | Två belastade ledare | Tre belastade ledare | Två belastade ledare | Tre belastade ledare | Två belastade ledare | Tre belastade ledare |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Koppar | | | | | | | |
| 1,5 | 14 | 15 | 16 | 17,5 | 18,5 | 20 | 26 |
| 2,5 | 19 | 20 | 21 | 24 | 25 | 29 | 35 |
| 4 | 24 | 27 | 29 | 32 | 34 | 38 | 46 |
| 6 | 31 | 34 | 36 | 40 | 43 | 49 | 57 |
| 10 | 41 | 46 | 49 | 55 | 60 | 67 | 77 |
| 16 | 55 | 60 | 66 | 73 | 80 | 90 | 100 |
| 25 | 72 | 79 | 85 | 95 | 102 | 119 | 130 |
| 35 | 88 | 97 | 105 | 118 | 126 | 146 | 160 |
| 50 | 105 | | 125 | | 153 | | 190 |
| 70 | 133 | | 158 | | 195 | | 240 |
| 95 | 159 | | 190 | | 236 | | 285 |
| 120 | 182 | | 218 | | 274 | | 325 |
| 150 | 208 | | | | 317 | | 370 |
| 185 | 236 | | | | 361 | | 420 |
| 240 | 278 | | | | 427 | | 480 |
| 300 | 316 | | | | 492 | | 550 |
| Aluminium | | | | | | | |
| 16 | 43 | | 51 | | 62 | | 78 |
| 25 | 56 | | 66 | | 77 | | 100 |
| 35 | 69 | | 82 | | 95 | | 125 |
| 50 | 83 | | 97 | | 117 | | 150 |
| 70 | 104 | | 123 | | 148 | | 185 |
| 95 | 125 | | 147 | | 180 | | 220 |
| 120 | 143 | | 170 | | 209 | | 255 |
| 150 | 164 | | | | 240 | | 280 |
| 185 | 187 | | | | 274 | | 330 |
| 240 | 219 | | | | 323 | | 375 |
| 300 | 257 | | | | 372 | | 430 |

7 Exempel på belysningskrets

Före uträkning av kortslutningsström måste man ta reda på kortslutningsströmmen i huvudcentralen Ik1. Ifall värdet på kortslutningsströmmen inte känns till, används 250 A i uträkningen.



Figur 11. Exempel på belysningskrets.

I exempelfiguren är belysningsarmaturerna 110 W LED. $\cos\phi$ för TVK1 är 0,90. Då man vet exakta antalet armaturer kan man räkna ut belastningsströmmen (I_b) för TVK1 med formeln:

$$I_b = 6 * 0,47 A = 2,87 A \quad (11)$$

Man väljer preliminärt gG 16 A grupsäkringar för gruppen i centralen TVK1. Man vet att säkringarna som matar centralen är gG 25 A.

Man räknar ut matande nätets impedans Z_v med följande formel:

$$Z_v = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 250A} = 0,878 \Omega \quad (12)$$

Som nästa kan man bestämma impedansen på TVK1 (Z_{v2}) och kortslutningsströmmen (I_{k2}) enligt följande formler och tabell 6:

$$Z_{v2} = 0,878 + 0,050 \text{ km} * 2 * 1,089 \Omega = 0,987 \Omega \quad (13)$$

$$I_{k2} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 0,987 \Omega} = 222,3 \text{ A} > 110 \text{ A} \quad (14)$$

Kortslutningsströmmen för en gG 25 A säkring enligt tabell 8 är 110 A, vilket betyder att kraven uppfylls.

Som nästa räknas kortslutningsströmmen för punkten längst borta från centralen. Kabellängden är 210 m.

$$Z_{v21} = 0,987 + 0,210 \text{ km} * 2 * 1,498 \Omega = 1,612 \Omega \quad (15)$$

$$I_{k21} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 1,612 \Omega} = 136,1 \text{ A} > 65 \text{ A}$$

Kortslutningsströmmen för en gG 16 A säkring enligt tabell 8 är 65 A, vilket betyder att kraven uppfylls här också.

Till nästa räknas spänningsfallen. Först räknas spänningsfallen till TVK1. Man använder tidigare nämnda formler. Som belastningsström väljer man 2,9 A och $\cos\phi$ 0,9.

Obs! I uträkning av spänningsfallen bör man iaktta i resistansvärden ändringsfaktorn 0,967 på 70°C. Värden i tabell 6 är i 80°C.

$$\Delta U_{tvk1} = 2,9 \text{ A} * 0,050 \text{ km} * \sqrt{3} * ((1,086 * 0,967) * 0,90 + 0,083 * 0,44) = 0,247 \text{ V}$$

Relativa spänningsfallen är:

$$\Delta U_{tvk1} = \frac{0,247V}{400V} * 100\% = 0,062\%$$

Spänningsfallen i punkten längst borta i volt samt relativa spänningsförlusten är:

$$\begin{aligned} \Delta U_{p1} &= 0,247V + (6 * 0,47A) * 0,050km * \sqrt{3} \\ &* ((1,489 * 0,967) * 0,90 + 0,086 * 0,44) = 0,573V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{p2} &= 0,573V + (5 * 0,47A) * 0,050km * \sqrt{3} \\ &* ((1,489 * 0,967) * 0,90 + 0,086 * 0,44) = 0,844V \end{aligned}$$

För andra avgreningen räknas spänningsförlusten som en egen del och tillsätts sedan spänningsförlusten räknat ända till avgrenings stolpen ΔU_{p2} .

$$\begin{aligned} \Delta U_{p5} &= 0,844V + (2 * 0,47A) * 0,060km * \sqrt{3} \\ &* ((1,489 * 0,967) * 0,90 + 0,086 * 0,44) = 0,953V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{p6} &= 0,953V + (1 * 0,47A) * 0,050km * \sqrt{3} \\ &* ((1,489 * 0,967) * 0,90 + 0,086 * 0,44) = 1,007V \end{aligned}$$

$$\Delta U_1 = \frac{1,007V}{400V} * 100\% = 0,252\% < 6\%$$

Till slut granskas ännu belastbarheten på kablarna enligt tabell 9.

PK – TVK1: AXMK 4x35, belastbarhet 2,87 A, största tillåtna 125 A. OK

TVK1 – p6: AXMK 4x25, belastbarhet 2,87 A, största tillåtna 100 A. OK

8 Styrning av vägbelysning

Vägbelysning kan styras på tre olika sätt. Detta kapitel går kort igenom olika metoderna för styrning av vägbelysningscentraler.

8.1 Lokal styrning

Lokal styrning används vid mindre områden ifall inte fjärrstyrning inte är tillgängligt eller ifall man inte vill investera i fjärrstyrning. I lokalstyrning används ofta skymningsrelä, som styr centralen.

8.2 Kedjning

Kedjning av centraler är ett förmånligt alternativ, var styrningen kommer i en kabel mellan centralerna. Ofta dras det då från belysningsområdets sista stolpe en kabel till nästa central som får styrspänningen och tänds nästa central. Vid kedjning hittas det en "master-central" som vanligen har ett skymningsrelä, och skickar ut styrsignaler till andra centraler. Kedjestyrning inträffas mest i mindre kommuner.

8.3 Smart styrning

Smart styrning betyder nuförtiden oftast fjärrstyrnings system som baserar sig på GPRS/3G-teknik, såsom till exempel C2 Smartlight. Informationen rör sig i systemet med PLC (Power Line Communication) eller RF (Radio Frequency) -teknik utan dataöverföringskostnader. Skilda styrkablar behövs alltså inte.

Några system kan välja vilken belysningsklass som gäller på basis av trafikmängd och hålla det som norm enligt parametrar och gränser som lampornas ljusflöde tillåter. Gällande reflektionsegenskaper tas i beaktan med konstant mätning av vägytans egentliga luminans. Beläggningsens förhållande övervakas med information som vägväderstationen ger. Systemet övervakar och ger ut information gällande service och kvarvarande livslängd på armaturer och lampor. Alarm om felkoder kan skickas direkt till personen som ansvarar om service på till exempel textmeddelande.

Också på/av styrning, dimmer och mätning av energiförbrukning kan utföras med kontrollenhet, som placeras på belysningsstolpen och opereras från närvarande vägbelysningscentral med en styrmodul. Kontrollenheten på stolpen är inte beroende av armaturleverkaren och fungerar med olika belysningsteknologier. [3,8]



Figur 12. C2 Smartlight styrenhet

9 Belysningsplan

För att påbörja ett vägbelysningsprojekt måste det göras en belysningsplan som byggs av fyra olika delar.

9.1 Behovsutredning

I behovsutredningen klargör man vanligtvis faktorer på utveckling och förbättring för utebelysning. I samband med behovsutredningen analyseras behovet för belysning. Behovsutredningen för ett vägbygge innehåller en skild sektion för belysning. Ifall en väg enbart förbättras med belysning, görs en skild behovsutredning för belysningen som innehåller bland annat lönsamheten för förbättringen. [3]

9.2 Helhetsplan

Helhetsplanen innehåller belysnings utredningen för hela ifrågavarande område, som kan lätt presenteras och marknadsföras. Helhetsplanen är till för att underlätta beslut och innehåller vanligtvis följande saker:

- Kort förklaring
- Karta på armaturer och stolpar
- Skärningsbilder på upplysta ytor, byggnader, parker, statyer, osv.
- Perspektivbilder
- Ritningar på utrustning

[3]

9.3 Vägplan

Med ritning på belysning som bifogas i vägplanen försäkras man sig på byggmöjligheten samt inverkan på andra byggnader och omgivning. Till dessa faktorer ingår:

- Belysta vägdelar, karta 1:10 000 (1:20 000)
- Belysningsklass
- Stolptyp (funktionalitet eller utseende) och metod för kablering
- Maximala höjden för belysningen
- Referensvärdet för servicekostnader

Beställaren ställer faktorerna från vägplanen som utgångsläge och mål till byggplanen. [3]

9.4 Byggplan

Byggplanen till vägbelysning är en vägspecifik plan som grundar sig på behovsutredningen till vägbelysning, helhetsplanen för vägbelysning eller vägplanen för vägbelysning. Byggplanen fungerar som grunddokument för ett projekt, som visar hur resultatet ska se ut. Byggplanen för ett vägbelysningsprojekt innehåller vanligtvis följande dokument:

- Teknisk planutredning
- Kablerings-, placerings-, och planritning 1:500/1:1000
- Stolp- och fundament lista
- Grupperingstabell
- Belastningstabell
- Huvudschema
- Styrschema

[3]

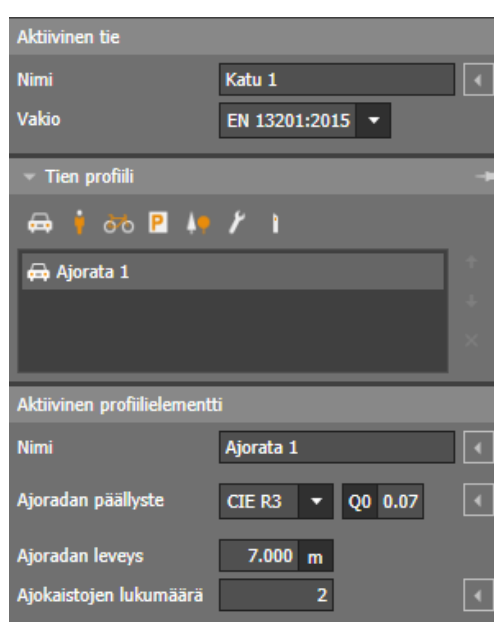
10 Dimensionering av belysning

För att dimensionera belysningen används Dialux Evo applikationen, som kan nerladdas gratis från nätet (www.dialux.com). Detta kapitel visar hur planeringen av belysning går till med Dialux Evo-applikationen. Applikationen är på finska så kommandon kommer också att vara på finska.

10.1 Skapning av nytt belysningsprojekt

Först väljs hurudant projekt man vill skapa. I detta fall väljs vägbelysning (tievalaistus). Till näst bestäms klassen på vägen, vägytan samt bredden på vägen. Här läggs också till mera körfält, gångbana, cykelväg och parkeringsfil.

Vägen skapas så att den liknar så mycket som möjligt egentliga vägen som är i planeringen.



Figur 13. Dimensionering av vägen

10.2 Val av belysningsklass och armatur

Dialux använder inte tidigare nämnda AL- eller K-klasser. Istället använder Dialux motsvarande klasser enligt standarden SFS-EN 13201-2. I detta fall då man planerar till enbart en körbana används klassen M. M-klassen kan räknas ut med hjälp av följande tabell:

Tabell 10. M-klass

| Parameter | Alternativ | Beskrivning | Värde V _w |
|--|-------------------------------|---|--------------------------|
| Planerings hastighet eller hastighetsbegränsning | Mycket stor | 120 km/h | 2 |
| | Stor | 80, 100 km/h | 1 |
| | Medelmåttig | 60 km/h | 0 |
| | Liten | 50 km/h | -1 |
| | Mycket liten | 30, 40 km/h | -2 |
| Trafikmängd | | Genomsnittliga trafikmängden i per dygn (KVL) | |
| | | | |
| | Stor | KVL > 12000 | 1 |
| | Medelmåttig | 4000 < KVL < 12000 | 0 |
| | Liten | KVL < 4000 | -1 |
| Trafik konsistens | Blandad, stor del lätt trafik | Cyklister, fotgängare, parkerade fordon | 2 |
| | Blandad | | 1 |
| | Bara motorfordon | | 0 |
| Skilda körbanor | Nej | | 1 |
| | Ja | | 0 |
| Täthet på korsningar | | Plankorsningar/km | Planskilda korsningar/km |
| | Stor | 5 | <3 |
| | Medelmåttig | 3 | >3 |
| Belysning från omgivningen | Ljus | Tätort (belyst parallellgata, sportplan, affär) | 1 |
| | Mörk | Landsbygd | 0 |
| Körprestation | Svår | Krävande område, avvikande geometri | 1 |
| | Normal | | 0 |

Figur 14. Val av M-klass

Ur tabellen väljs olika parametrars värden (V_w) och räknas summan V_{ws} . Ifall summan är negativ används värdet 0. Belysningsklass är $M = 6 - V_{ws}$ (till exempel $M = 6 - 2 = 4$, belysningsklassen blir M4). Ifall $M < 0$ blir belysningsklassen M1.

Till näst väljs ut armaturen man vill använda. I detta fall var det önskat att använda oss av Greenled-belysningsarmaturer. Sedan är det att hitta en modell av armatur som uppfyller alla krav till önskad belysningsklass, men som inte ändå är onödigt stor. För stor armatur orsakar bland annat bländning och är förstås dyrare. Katalogen för olika tillverkare hittas i fliken uppe (valmistaja). Här väljs ut tillverkare och önskad modell på armatur. Här gäller det att ta tid på sig och testa flera olika modeller.

Ifall inte önskad armatur hittas i katalogen kan vanligtvis datablad laddas ner från tillverkarens hemsidor.

Då man valt en önskad armatur lägger man till armaturen i projektet (lisää tievalaisimen sijoittelu).

Nu får man välja önskad distans mellan stolparna, höjden på belysningspunkten, vinkeln på skaftet, antalet armaturer på stolpen och distansen till stolpen från vägkanten.


Värden kan optimeras automatiskt eller fyllas in manuellt. Ifall man har några krav eller önskemål på parametrar är det lättast att fylla in resten manuellt och testa sig fram. Till exempel kan man först placera armaturen på 11 m höjd. Vanligtvis bestäms distansen mellan vägkanten och stolpen. Distansen bör vara minst 0,8 m då hastighetsbegränsningen är under 60 km/h. Normalt används 1 m, beroende på längden på skaftet på stolpen. På cykelvägar räcker 0,5 m.

Valaisinvalikoima

- Lisää tievalaisimien sijoittelu
- Vaihda sijoittelun valaisin
- Lisää valaisimet vaihtoehdoiksi
- Tuo valaisintiedosto
- Optimoi kaikki vaihtoehdot
- Keskeytä kaikkien vaihtoehtojen optimointi

Aktiivinen valaisin

02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2



0.550 x 0.300 x 0.075m Valitse

Valaisinjärjestykset

1. 02 Sirius flood 110M... x

Nimi 02 Sirius flood 110M 740 CLO c

Käyttötunnit 4000 tuntia vuodessa

Valaisin 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2

Valaisinjärjestys

Sijoittelutyyppi

Katuvalojen väli 49.000 m Optimoi

Valopisteen korkeus 11.000 m

Poikkivarren kallistuma 5.0 °

Valopisteen ulkonema 0.000 m

Pylvään pyöritys 0.0 °

Valaisimia pylväessä 1


Etäisyys pylvästä ajorataan 1.003 m

Poikkivarren pituus 1.000 m

Pitkittäissiirtymä 0.000 m

Näytä pylvään geometria

Figur 15. Bestämning av distanser på belysningen

| | | | |
|----------------------------------|---|-------------|--------|
| Nimi | Katu 1 | | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Luo tulokset | | |
| Optimointi |  | Tulokset: 1 | |
| Alenemakerroin | 0.670 | | |
| Valaisinjärjestys 1 | 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v | ▼ | |
| Varustus | 1 x GLSFOSG | ▼ | |
| Katuvalojen väli [m] | 49.000 | | |
| Valopisteen korkeus [m] | 11.000 | | |
| Poikkivarren kallistuma [°] | 5.0 | | |
| Valopisteen ulkonema [m] | 0.000 | | |
| Pylvään pyöritys [°] | 0.0 | | |
| Valaisimia pylväässä | 1 | | |
| Etäisyys pylväältä ajorataan [m] | <input type="radio"/> | 1.003 | |
| Poikkivarren pituus [m] | <input checked="" type="radio"/> | 1.000 | |
| ULR | 0 | | |
| ULOR | 0 | | |
| Imax 70° [cd/klm] | 867 | | |
| Imax 80° [cd/klm] | 142 | | |
| Imax 90° [cd/klm] | 3.87 | | |
| Imax yli 90° [cd/klm] | 2 | | |
| Imax yli 95° [cd/klm] | 0 | | |
| Häikäisyindeksin luokka | D.3 | | |
| Valovoiman luokka | G*2 | | |
| Teho / km [W/km] | 2200 | | |
| Energian kulutus [kWh/v] | 440 | | |
| De [kWh/m ² v] | 1.28 | | |
| Dp [W/(lx m ²)] | 0.024 | | |
| Arviointikenttä (M4) | Ajorata 1 (M4) | | |
| Lm [cd/m ²] | <input checked="" type="checkbox"/> | ≥ 0.75 | 0.83 ✓ |
| Uo | <input checked="" type="checkbox"/> | ≥ 0.40 | 0.50 ✓ |
| Ul | <input checked="" type="checkbox"/> | ≥ 0.60 | 0.62 ✓ |
| TI | <input checked="" type="checkbox"/> | ≤ 15 | 10 ✓ |
| EIR | <input checked="" type="checkbox"/> | ≥ 0.30 | 0.32 ✓ |

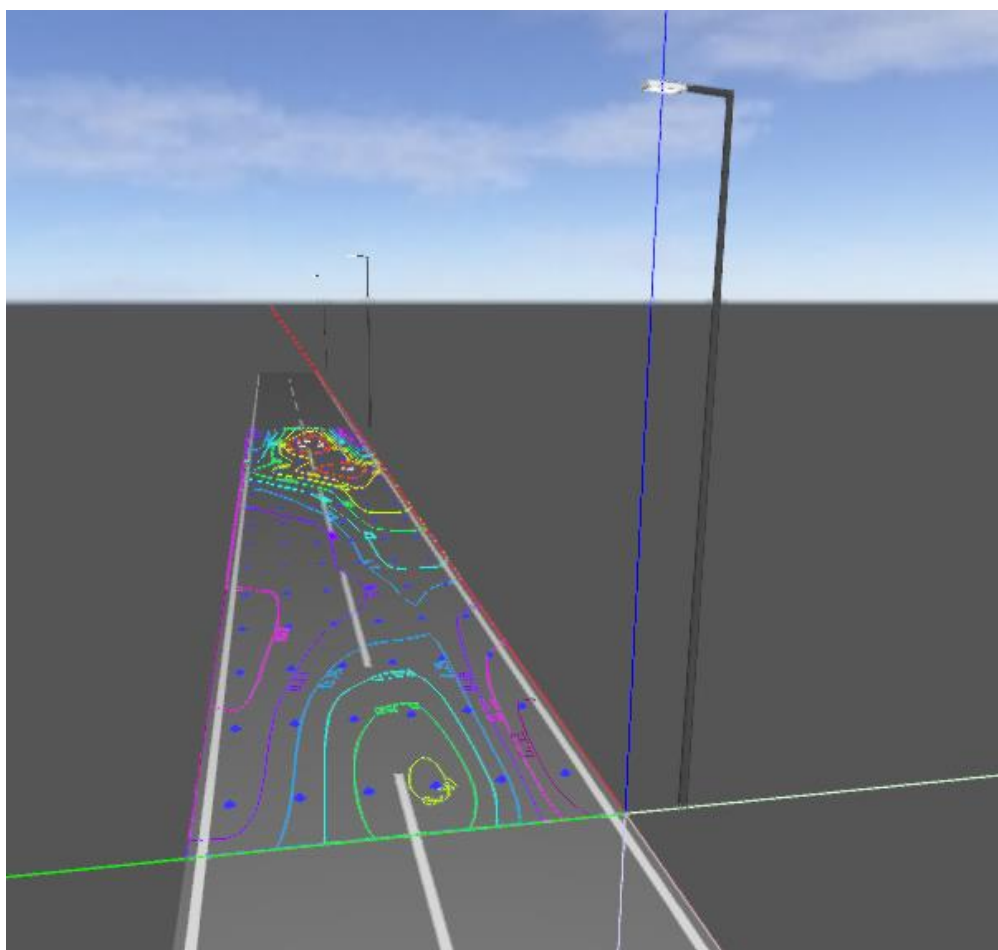
Figur 16. Resultat på belysning

11 Resultat

Då alla beräkningar är klara kan resultatets dokument visas. Dokumentationen fås vid fliken uppe (dokumentaatio).

Det lönar sig att skriva ut resultaten med pärmbblad, dokumentation på belysningsteknisk information, dokumentation på vägen, belysningstekniska resultat och 3-dimensionell bild på resultat.

Resultatet av belysningsplanen lyckades och väg 715 fick ny belysning.



Figur 17. 3D bild på belysning med kurvor

12 Diskussion

Enligt Eco-design direktivet 245/2009, tillverkas inte kvicksilverlampor mera efter 2015. Numera får man inte tag på reservdelar heller, vilket innebär att det saneras mycket.

Som ersättare till kvicksilverlampan fungerade högtrycksnatriumlampan en lång tid, p.g.a. billigare inköps- samt servicekostnader.

Såsom med all teknik, så har tekniken bakom belysningen gått fram väldigt fort. Med detta menar jag att för 5 år sedan var LED tekniken så dyr så det inte var kostnadseffektivt att sanera till LED vägbelysning. Nuförtiden kan man lugnt säga att en LED vägbelysningsarmatur inte är dyrare än en högtrycksnatriumarmatur. Dessutom är en LED armatur billigare i längden med tanke på underhåll och effektförbrukning. Till exempel kan vi ta väg 715 var vi sanerade från 250 W högtrycksnatriumlampor till 110 W LED. Här sjunker effektförbrukningen med mer än hälften.

Examensarbetet lyckades bra och i arbetet ingår huvuddelarna inom planering av gatu- och vägbelysning. Förstås är det omöjligt att få in allt i ett examensarbete, men här fick vi bra grund till framtida behov.

Exempelutföranden är inte med realistiska mått eller mängd på armaturer, vilket resulterar väldigt liten spänningsfall, men ger ändå bild på hur det skall räknas ut.

Ifall detta hjälper någon i framtiden för att planera gatu- eller vägbelysning är målet med arbetet fullgjort.

13 Källförteckning

- [1] Sähköinfo, D1-2017 Hanbok om byggnadernas elinstallationer, Finland: Sähköinfo, 2018.
- [2] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, SFS-handbok 600-1:1:2018:sv, Finland: Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2018.
- [3] Liikennevirasto, Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu, Helsingfors: Liikennevirasto, 2015.
- [4] Greenled, [Online]. Available: <https://www.greenled.fi/>. [Accessed 2 5 2020].
- [5] Liikennevirasto, "Hyväksytyt tievalaisimet," 24 8 2018. [Online]. Available: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/opas_2018_hyvaksytyt_tievalaisimet_web.pdf. [Accessed 2 5 2020].
- [6] S. Parviainen, "Led-tievalaistus," Centria amk, Kokkola, 2015.
- [7] N. Kivioja, "Tie- ja aluevalaistuksen sähkötekniinen suunnittelu," Metropolia amk, Helsingfors, 2012.
- [8] "C2 smartlight hemsidor," C2 smartlight, [Online]. Available: <https://c2smartlight.com>. [Accessed 2 5 2020].
- [9] "Dialux hemsidor," Dialux, [Online]. Available: <https://www.dial.de/en/dialux>. [Accessed 2 5 2020].

Resultat från Dialux

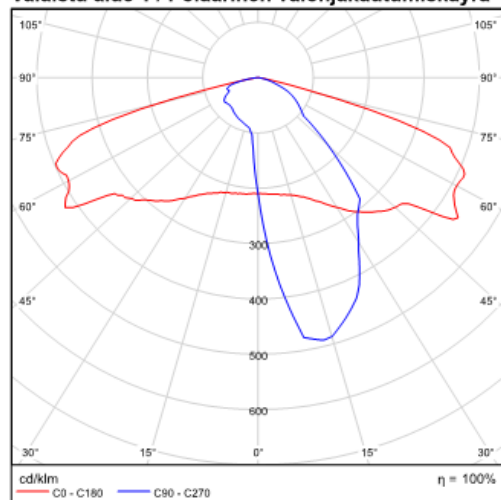
Lentokentäntien risteys

29/03/2020

Greenled Oy 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2 1xGLSFOSG / Greenled Oy - 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2 (1xGLSFOSG)

DIALux**Greenled Oy 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2 1xGLSFOSG**

Käyttötehoaste: 100.01%
Lampun valovirta: 14120 lm
Valaisimien valovirta: 14121 lm
Teho: 110.0 W
Valoteho: 128.4 lm/W

Valaistu alue 1 / Polaarinen valonjakautumiskäyrä

Lentokenttätien risteys

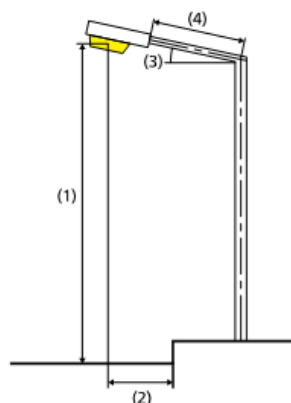
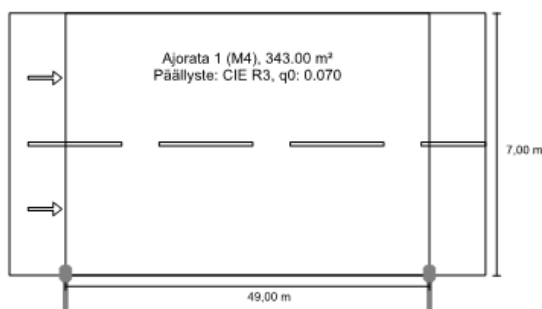
29/03/2020

Katu 1: Vaihtoehto 1 / Suunnittelutulokset

DIALux

Katu 1 nach EN 13201:2015

Greenled Oy 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2



Arviointikenttien tulokset

Alenemakerroin: 0.67

Ajourata 1 (M4)

| Lm [cd/m²] ≥ 0.75 | Uo ≥ 0.40 | UI ≥ 0.60 | EIR ≥ 0.30 | TI [%] |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------|--------|
| ✓ 0.83 | ✓ 0.50 | ✓ 0.62 | ✓ 0.32 | * 10 |

* informatiivinen, ei osa arviointia

Energiehokkuusindikaattorien tulokset

Tehon tiheyden (Dp) indikaattori 0.024 W/lx·m²

Energiankulutuksen tiheys

Järjestely: 02 Sirius flood 110M 740 CLO corrected v1.2 (440.0 kWh/v) 1.3 kWh/m² v

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Lamppu: | 1xGLSFOSG |
| Valovirta (valaisin): | 14121.01 lm |
| Valovirta (lamppu): | 14120.00 lm |
| Käyttötunnit | |
| 4000 h: | 100.0 %, 110.0 W |
| W/km: | 2200.0 |
| Järjestely: | yksipuolinen alhaalla |
| Katuvalojen väli: | 49.000 m |
| Poikkivarren kallistuskulma (3): | 5.0° |
| Poikkivarren pituus (4): | 1.000 m |
| Valopisteen korkeus (1): | 11.000 m |
| Valopisteen ulkonema (2): | 0.000 m |

ULR: 0.00

ULOR: 0.00

Valovoiman enimmäisarvot

kulman ollessa 70°: 867 cd/klm

kulman ollessa 80°: 142 cd/klm

kulman ollessa 90°: 3.87 cd/klm

Valovoiman luokka: G*2

Kaikkiin niihin suuntiin, jotka muodostavat ilmoitetun kulman alemman pystysuoran kanssa, kun valaisin on asennettu käyttökuntoon.

Sijoittelu täyttää häikäisyarvoluokan vaatimukset D.3

Lentokenttätien risteys

29/03/2020

DIALux

Katu 1: Vaihtoehto 1 / Ajourata 1 (M4) / Isolux-käyrät

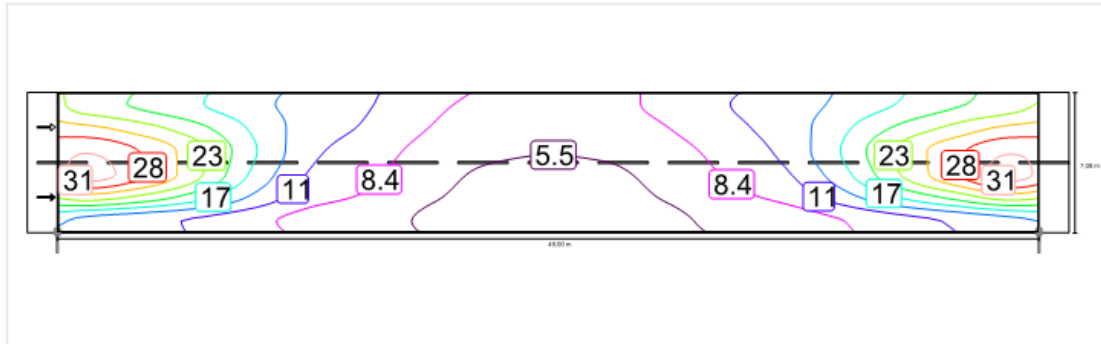
Ajourata 1 (M4)

Alenemakerroin: 0.67
Rasteri: 17 x 6 Pisteet

| Lm [cd/m ²] ≥ 0.75 | Uo ≥ 0.40 | UI ≥ 0.60 | EIR ≥ 0.30 | TI [%] |
|--------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------|
| ✓ 0.83 | ✓ 0.50 | ✓ 0.62 | ✓ 0.32 | * 10 |

* informatiivinen, ei osa arviointia

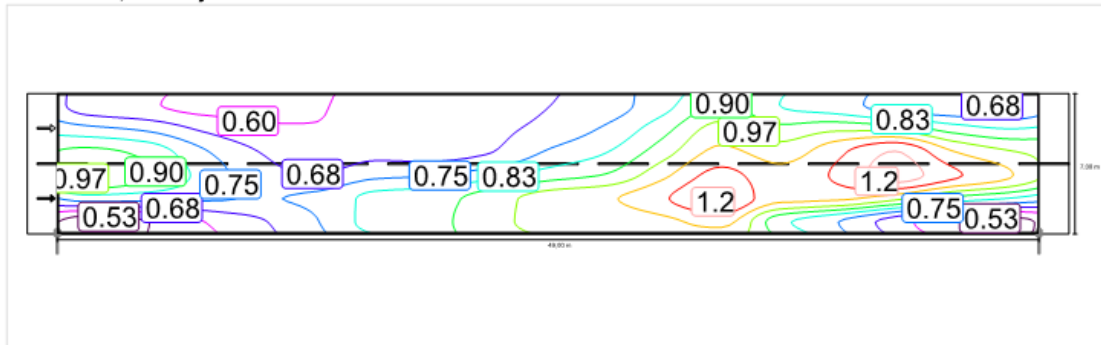
Horizontaali valaistusvoimakkuus



Mittakaava: 1 : 500

Katsoja 1

Luminanssi, kuiva ajorata



Mittakaava: 1 : 500

Lentokentänlien risteys

29/03/2020

DIALux

Katu 1: Valaistus 1 / Ajourata 1 (M4) / Anvokaavio

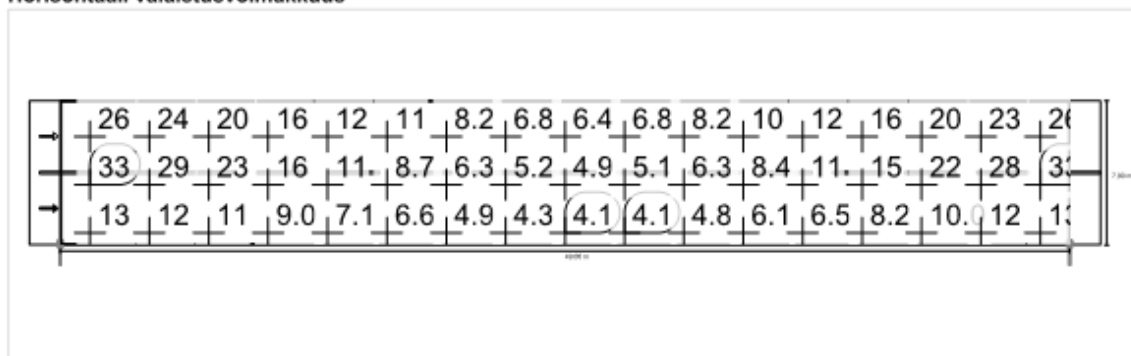
Ajourata 1 (M4)

Alenemakerroin: 0.67

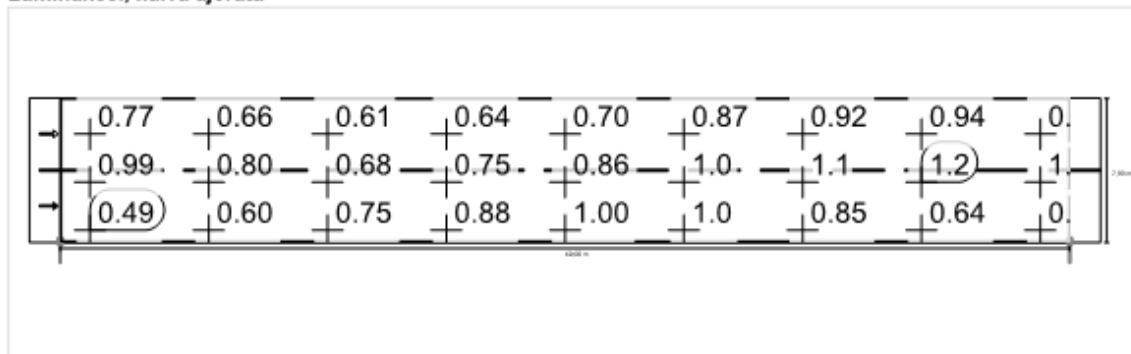
Rasteri: 17 x 6 Pisteet

| Lm [cd/m ²] ≥ 0.75 | U _o ≥ 0.40 | U _i ≥ 0.60 | EIR ≥ 0.30 | TI [%] |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|--------|
| ✓ 0.83 | ✓ 0.50 | ✓ 0.62 | ✓ 0.32 | * 10 |

* informatiivinen, ei osa arviointia

Horisontaali valaistusvoimakkuus

Mittakaava: 1 : 500

Katsoja 1**Luminanssi, kuiva ajorata**

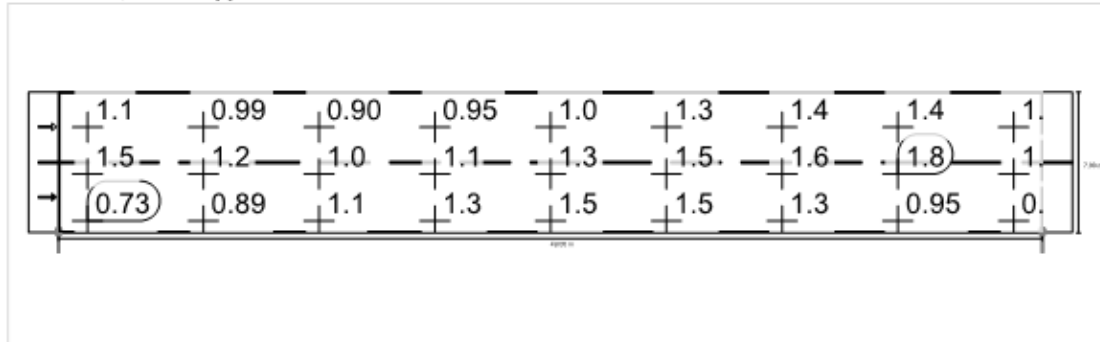
Mittakaava: 1 : 500

Lentokenttätien risteys

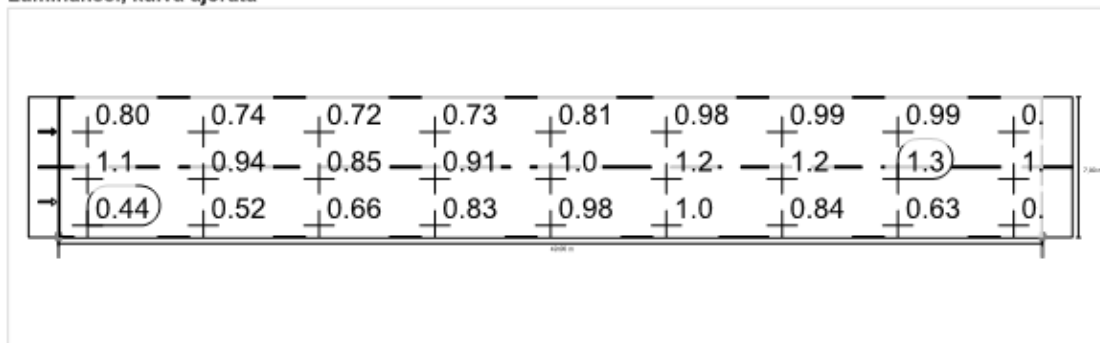
29/03/2020

DIALux

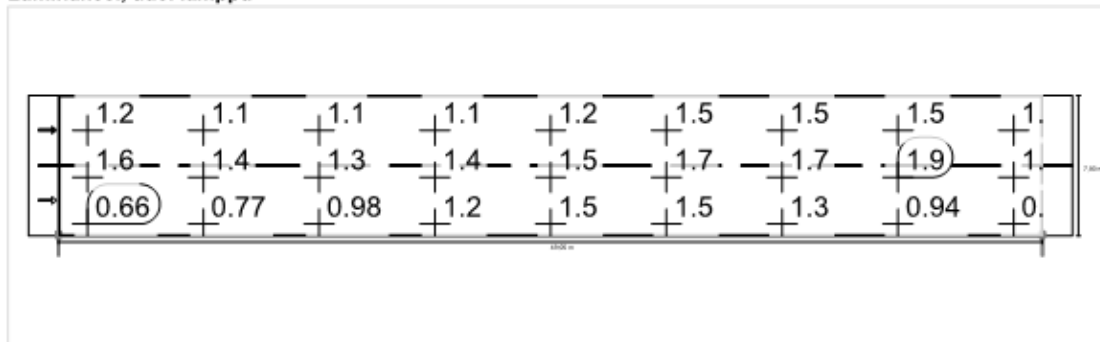
Katu 1: Valtoehto 1 / Ajoinata 1 (M4) / Anvokasvio

Luminanssi, uusi lamppu

Mittakaava: 1 : 500

Katsoja 2**Luminanssi, kuiva ajorata**

Mittakaava: 1 : 500

Luminanssi, uusi lamppu

Mittakaava: 1 : 500

Lentokentäntien risteys

29/03/2020

DIALux

Katu 1: Vaihtoehto 1 / Ajourata 1 (M4) / Taulukko

Ajourata 1 (M4)**Horizontaali valaistusvoimakkuus [lx]**

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 6.417 | 21.3 | 19.3 | 17.1 | 14.7 | 12.6 | 11.2 | 8.97 | 7.63 | 7.12 | 7.62 | 9.05 | 11.0 | 12.4 | 14.6 | 17.0 | 19.4 | 21.4 |
| 5.250 | 26.2 | 23.7 | 20.3 | 16.0 | 12.3 | 10.7 | 8.24 | 6.82 | 6.39 | 6.80 | 8.23 | 10.4 | 12.2 | 15.9 | 20.1 | 23.3 | 26.1 |
| 4.083 | 31.1 | 28.1 | 23.2 | 16.7 | 11.6 | 9.62 | 7.14 | 5.98 | 5.64 | 5.91 | 7.13 | 9.30 | 11.6 | 16.7 | 22.9 | 27.5 | 31.0 |
| 2.917 | 32.8 | 28.8 | 22.9 | 15.7 | 10.6 | 8.72 | 6.31 | 5.18 | 4.90 | 5.12 | 6.32 | 8.45 | 10.5 | 15.4 | 22.2 | 27.8 | 32.6 |
| 1.750 | 24.1 | 21.6 | 17.8 | 13.0 | 9.16 | 7.85 | 5.70 | 4.81 | 4.57 | 4.69 | 5.64 | 7.50 | 8.87 | 12.4 | 16.7 | 20.5 | 23.9 |
| 0.583 | 13.2 | 12.0 | 10.8 | 8.99 | 7.09 | 6.58 | 4.93 | 4.29 | 4.07 | 4.10 | 4.77 | 6.11 | 6.51 | 8.15 | 9.96 | 11.6 | 13.1 |
| m | 1.441 | 4.324 | 7.206 | 10.088 | 12.971 | 15.853 | 18.735 | 21.618 | 24.500 | 27.382 | 30.265 | 33.147 | 36.029 | 38.912 | 41.794 | 44.676 | 47.559 |

Rasteri: 17 x 6 Pisteet

| | | | | |
|---------|-----------|-----------|-------|-------|
| Em [lx] | Emin [lx] | Emax [lx] | g1 | g2 |
| 13.4 | 4.07 | 32.8 | 0.304 | 0.124 |

Lentokentäntien risteys

29/03/2020

DIALux

Katu 1: Vaihtoehto 1 / Ajourata 1 (M4) / Tuloksien yhteenveto

Ajourata 1 (M4)

Alenemakerroin: 0.67

Rasteri: 17 x 6 Pisteet

| Lm [cd/m ²] ≥ 0.75 | Uo ≥ 0.40 | UI ≥ 0.60 | EIR ≥ 0.30 | TI [%] |
|--------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------|
| ✓ 0.83 | ✓ 0.50 | ✓ 0.62 | ✓ 0.32 | * 10 |

* informatiivinen, ei osa arviointia

Sijoitetut katsojat (2):

| Katsoja | Sijainti [m] | Lm [cd/m ²] ≥ 0.75 | Uo ≥ 0.40 | UI ≥ 0.60 | TI [%] |
|-----------|-------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------|
| Katsoja 1 | (-60.000, 1.750, 1.500) | 0.83 | 0.59 | 0.62 | 8 |
| Katsoja 2 | (-60.000, 5.250, 1.500) | 0.89 | 0.50 | 0.65 | 10 |