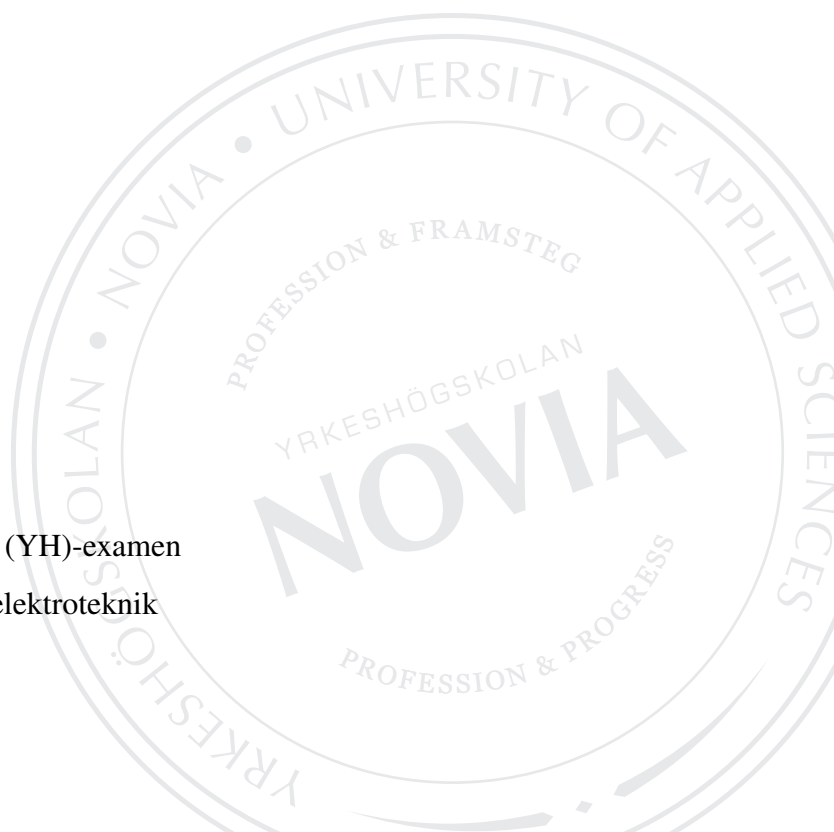


Planeringsverktyg för vägbelysningsprojekt

Pontus Strömsbäck

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för elektroteknik
Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Pontus Strömsbäck

Utbildning och ort: Elektroteknik, Vasa

Inriktning/alternativ: Elkraftsteknik

Handledare: Lars Enström

Titel: Planeringsverktyg för vägbelysningsprojekt

Datum 13.11.2017

Sidantal 39

Bilagor 8

Abstrakt

Detta examensarbete omfattar ett planeringsverktyg för vägbelysningsprojekt. Planeringsverktyget skall underlätta att sammanställa nödvändiga dokument och hjälpa att dimensionera anläggningen. Uppdragsgivaren för examensarbetet är PAV Oy Ab.

Syftet med planeringsverktyget är att få en utgångspunkt, där planeringens information kan bearbetas, utformas och sparas. Planeringsverktyget kommer att användas som hjälpmedel under planeringsskedet vid vägbelysningsprojekt.

I examensarbetets teoridel behandlas ljus tekniska storheter, belysningsklasser och de vanligaste ljuskällorna samt skapande av belysningsberäkningar i DIALux nämns. Byggnadsspecifika krav och makroprogrammering i Microsoft Excel tas upp som referenskunskap till examensarbetets praktiska utförande.

Resultatet blev en Excel-fil med vilken man kan skapa och sammanställa dokument samt utföra dimensioneringsberäkningar.

Detta examensarbetet skall inte betraktas som en komplett planeringsguide, utan ge en grundläggande förståelse för vägbelysningsanläggningar samt typiska rutinerna för att utarbeta en byggplan.

De krav och standarder som nämns är baserade på trafikverkets publikationer för vägbelysningsanläggningar.

Språk: svenska

Nyckelord: vägbelysning, ljus teknik, DIALux, Excel, VBA

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Pontus Strömsbäck

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka

Ohjaaja: Lars Enström

Nimike: Suunnittelutyökalu tievalaistusprojekteille

Päivämäärä 13.11.2017

Sivumäärä 39

Liitteet 8

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee tievalosuunnitteluprojektien suunnittelutyökalua. Suunnittelutyökalun pitäisi helpottaa tarvittavien asiakirjojen kokoamista ja auttaa mitoittamaan rakennelma oikein. Opinnäytetyö on tehty PAV Oy Ab:lle

Suunnittelutyökalun tarkoituksena oli luoda paikka, jossa suunnittelutietoja voidaan käsitellä, muotoilla ja tallentaa. Suunnittelutyökalua tullaan käyttämään apuvälineenä tievaloprojektien suunnitteluvaiheessa.

Opinnäytetyön teoreettinen osa käsittelee valon ominaisuuksia, valaistusluokkia ja yleisimpiä valonlähteitä sekä DIALuxin valaistuslaskelmien luomista. Rakennuskohtaiset vaatimukset ja makro-ohjelmointi Microsoft Excelissä sisällytetään viitetietoina opinnäytetyön käytännön toteutusta varten.

Tuloksena on Excel-tiedosto, jonka avulla voidaan luoda ja koota asiakirjoja sekä suorittaa mitoituslaskelmia makro-ohjelmoinnin avulla.

Tätä opinnäytetyötä ei voida pitää täydellisenä suunnitteluoppaana, vaan sen tarkoitus on antaa perustietämyksen tievalaistusrakennelmista ja tyypillisistä menettelytavoista rakennussuunnitelmaa laatiessa.

Esitetyt vaatimukset ja standardit perustuvat pääasiassa Liikenneviraston antamiin julkaisuihin tievalaistusrakennelmille.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: tievalaistus, valaistustekniikka, DIALux, Excel, VBA

BACHELOR'S THESIS

Author: Pontus Strömsbäck

Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa

Specialization: Electrical Power Engineering

Supervisors: Lars Enström

Title: Planning tool for street lighting

Date November 13 2017

Number of pages 39

Appendices 8

Summary

This bachelor's thesis was carried out for PAV Oy Ab with the aim to create a planning tool for street lighting projects.

The aim is that the tool will facilitate the compiling of necessary documents and assist with sizing of cables and fuses. Another intention is to have a base, where all data can be processed, arranged and saved. The planning tool will be used as assistance during the planning phase of street lighting projects.

The theoretical part of the thesis contains information about photometry, lighting classes and the most common light sources, as well as light planning in DIALux. Technical requirements for construction of road lighting and macro programming in Excel are included as references for the practical part of the thesis.

The result was an Excel-file, in which it is possible to create and compile documents as well as assist with sizing of cables and fuses.

This thesis should not be viewed as a complete guide for planning of street lighting, but to give an underlying understanding of street lighting as well as typical routines in establishing a construction plan.

The requirements and standards mentioned are based on the publications for road and railway areas provided by the Finnish traffic agency.

Language: Swedish Key words: street light, lighting technology, DIALux, Excel, VBA

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Arbetets bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Förväntningar	2
1.4	Avgränsning	2
1.5	Uppdragsgivare	2
2	Ljustekniska storheter och definitioner	3
2.1	Elektromagnetisk strålning	3
2.2	V(λ)-kurvan	4
2.3	Ljustekniska begrepp	4
2.4	Ljustekniska begrepp inom vägbelysning	6
3	Belysningsklasser	7
3.1	M-klass (AL)	7
3.2	C-klass (AE)	7
3.3	P-klass (K)	8
3.4	Bestämning av belysningsklass	9
4	Ljuskällor	10
4.1	Kvicksilverlampa	11
4.2	Metallhalogenlampa	11
4.3	Högtrycksnatriumlampa	12
4.4	Lågtrycksnatriumlampa	12
4.5	LED	13
5	Byggnadsspecifika krav	14
5.1	Armaturkrav	14
5.2	Vägbelysningscentral	14
5.3	Stolpar	15
5.4	Skyddsror	15
5.5	Kablring	15
5.6	Kopplingsdon	16
5.7	Jordning	16
5.8	Styrning av en anläggning	17
5.9	Dimring av en anläggning	17
6	Dimensionering av kablar och säkringar	18
6.1	Överbelastningsskydd	18
6.2	Felskydd	19
6.3	Spänningsfall	20

7	Programvara	22
7.1	DIALux	22
7.2	Excel.....	24
7.2.1	Visual Basic Editor (VBE)	24
7.2.2	Visual Basic for Applications (VBA).....	25
8	Praktiskt genomförande	27
8.1	Funktionsspecifikation	27
8.1.1	Tabeller	27
8.1.2	Funktioner.....	28
8.2	Systemspecifikation	29
8.2.1	Helhetslösning	29
8.2.2	Layout.....	30
8.2.3	Programkod	31
8.2.4	Funktionsknappar	33
9	Resultat.....	36
10	Diskussion.....	37
	Källförteckning	38

Bilageförteckning

Bilaga 1	Markering på armatur för typ av ljuskälla
Bilaga 2	Belysningsklasser vid 1-steps och 2-steps dimring
Bilaga 3	Exempel på belysningsberäkning
Bilaga 4	Materialförteckning
Bilaga 5	Stolp- och fundamenttabell
Bilaga 6	Grupperingstabell
Bilaga 7	Belastningstabell
Bilaga 8	Skyddsörstabell

1 Inledning

Examensarbetet grundar sig på att skapa ett planeringsverktyg vilket skall användas i samband med vägbelysningsprojekt. Verktöget skall underlätta att skapa och uppdatera de dokument som behövs under byggandet samt vid slutdokumenteringen av en anläggning. Dessa dokument är nödvändiga för att anläggningen blir korrekt byggd och för att kunden enkelt skall kunna utföra framtida reparations- eller tilläggsarbeten. Den teoretiska delen behandlar bl.a. olika krav som ställs på en anläggning av Trafikverket (Liikennevirasto) samt ljus tekniska storheter och definitioner utreds. Detta examensarbete har blivit utfört åt PAV Oy Ab.

1.1 Arbetets bakgrund

Tidigare har jag arbetat med att planera och sammanställa vägbelysningsprojekt åt PAV. Företaget hade inte någon bestämd riktlinje att följa när man utförde en planering. Detta medförde att den information som samlades in från en planering kunde variera beroende på hur den var sparad och utformad. Planeraren behövde också manuellt flytta och bearbeta information mellan olika dokument och tabeller, vilket medförde att onödiga misstag förekom. Det resulterade i att dokumenteringen blev väldigt tidskrävande och om en ändring skulle utföras krävdes det att samtliga dokument skulle redigeras. Det fanns behov av ett effektivare sätt att skapa och sammanställa planeringar, vilket resulterade i detta examensarbete.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att få fram ett hjälpredskap åt företaget som hjälper dem att planera och sammanställa planeringar på ett effektivare sätt. Detta ville man uppnå genom att skapa ett program som planeraren kan använda sig av när han utför en planering, där all information samlas och bearbetas. Man ville också förse programmet med olika funktioner, som att kunna:

- Automatiskt överföra data mellan tabeller och dokument.
- Utföra beräkningar av effektförbrukning, kortslutningsströmmar och spänningsfall.
- Skapa och printa ut dokument i Excel-, PDF-, och pappersformat.

Programmet skulle kunna varna om något inte överensstämmer med de krav och säkerhetsföreskrifter som ställs på vägbelysningsanläggningar.

1.3 Förväntningar

Förväntningarna var att få en utgångspunkt för varje påbörjat projekt och en linje att följa, vilket bör minska risken att något viktigt skede eller data i processen blir glömt eller fel utfört. Man vill även att samtliga projekt skall ha samma uppbyggnad, så att användaren lätt kan hitta och hämta information från ett tidigare projekt. Dokumentsammanställning skall gå snabbare och man vill undvika risken att data förloras eller av misstag lämnas bort. Ur en personlig synvinkel hoppas jag lära mig mer om de tekniska och funktionella kraven som ställs på en anläggning, samt att få en bättre förståelse av helhetsprocessen i ett vägbelysningsprojekt.

1.4 Avgränsning

Detta examensarbete kommer att behandla vägbelysningsanläggningar som planeras längs Trafikverkets vägar, detta innebär att främst Trafikverkets krav kommer att beaktas. Specialbyggen som belysning av broar, tunnlar och längs järnvägsspår tas inte upp, eftersom dessa har avvikande krav.

Ljustekniska begrepp inom vägbelysning nämns men dess formler härleds inte i detta examensarbete.

1.5 Uppdragsgivare

Petalax Elbyrå grundades år 1967. I samband med ägarbytet i början av 90-talet ändrades namnet till Petalax Elbyrå - Pohjanmaan Antenni ja Valaistus Oy Ab. Företaget började då bland annat utföra kraftverksinstallationer som underentreprenör åt Wärtsilä. År 2015 skedde följande ägarbyte och namnet ändrades till PAV Oy Ab.

Företaget är stationerat i Petalax, sysselsätter ungefär 30 personer och erbjuder tjänster inom elinstallationer, antennätverk, vägbelysning och kraftverksinstallationer. Huvudsakliga arbetsmarknaden är Finland, Sverige och Norge, men man har även utfört underentreprenader i bl.a. Frankrike, Ryssland, Etiopien, Chile och Bangladesh. Omsättningen för år 2016 var ungefär 4,5 miljoner euro varav vägbelysningssektorn utgjorde ca. 70 %.

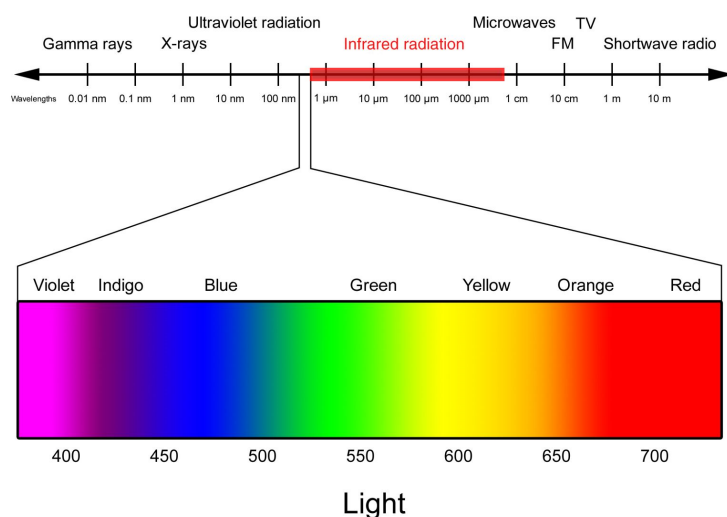
Företaget har erbjudit tjänster inom vägbelysningssektorn ända sedan det grundades. Verksamhetsområdet började med Vasa och omnejd men utökades snabbt till hela Finland.

2 Ljustekniska storheter och definitioner

Ljustekniska storheter och definitioner ger oss möjlighet att kunna beräkna och skapa belysning som är optimerat för det mänskliga ögat, på ett sådant vis att vi inte blir bländade eller har svårt att se kontraster. I detta kapitel förklaras ögats känslighet för elektromagnetisk strålning samt ljustekniska storheter och definitioner.

2.1 Elektromagnetisk strålning

Elektromagnetisk strålning innebär utstrålning och transport av energi. Den beskrivs med hjälp av våglängden. Gammastrålning, röntgen, ultraviolett (UV) och infraröd (IR) är alla olika typer av elektromagnetisk strålning. Våglängden kan vara från delar av en pikometer till flera kilometer. Vårt mänskliga öga kan uppfatta vågor från ungefär 400 nm till 780 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), detta område är vad vi kallar synligt ljus. (Starby, 2006, s. 52–54)



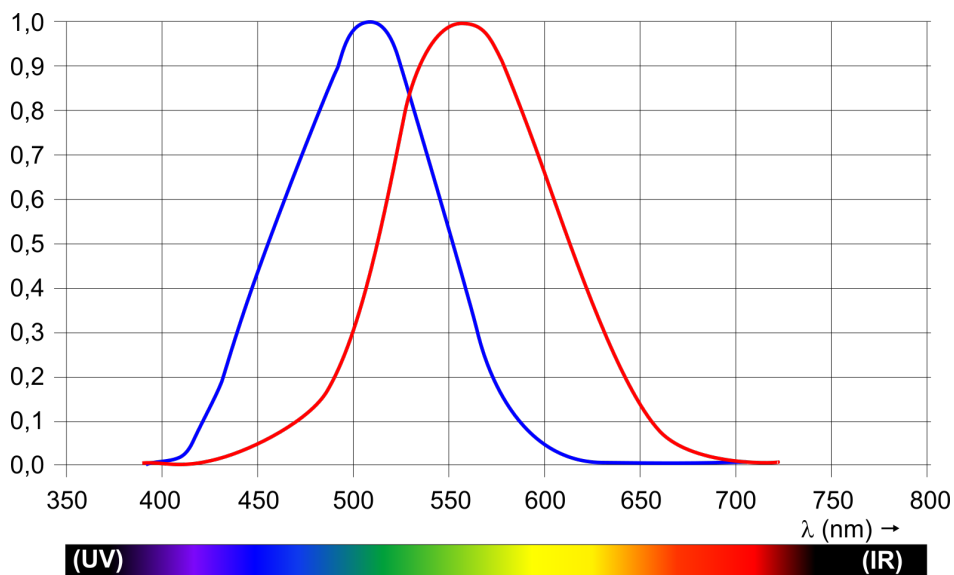
Figur 1. Ljusets spektrum.

(<http://jayholben.com/a-shot-in-the-dark/>)

De flesta ljuskällor avger, förutom strålning inom det vi kallar synligt ljus, även IR- och UV-strålning. Värmen man känner från en ljuskälla är IR-strålning. Inom vissa industriella processer kan man dra nytta av denna värme, men inom vägbelysning anses den främst som ren energiförlust. Stora mängder UV-strålning från en ljuskälla försöker man undvika eftersom den har en skadlig inverkan på människan och vissa material, som t.ex plast kan brytas ned och missfärgas om den utsätts för kraftig UV-strålning under en längre tid. (Starby, 1983, s. 2)

2.2 $V(\lambda)$ -kurvan

$V(\lambda)$ -kurvan representerar vårt ögas spektrala känslighet vid olika våglängder samt omvandlingsfaktorn mellan strålning och ljus. $V(\lambda)$ -kurvan kan ses i Figur 2. Den röda linjen representerar ögats känslighet vid dagsljus och den blåa vid mörker. (Wall, 2006, s. 7)



Figur 2. $V(\lambda)$ kurvan.

(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LuminosityCurve1.svg>)

Vid dagsljus är ögats känslighet störst vid ungefär 555 nm, detta är vid det gul-gröna området. Under mörker är känsligheten störst vid ungefär 505 nm. Man skall också ta i beaktande att ögat är betydligt känsligare vid mörker än under dagstid, vilket inte framkommer i figur 2. Genom att multiplicera en ljuskällas strålningsflöde med $V(\lambda)$ -kurvan får man resultatet av ljuskällans totala ljusflöde. (Starby 1983, s. 9; Starby 2006, s. 69)

2.3 Ljustekniska begrepp

Strålningsflöde, ϕ , watt[W], beskriver den totala mängden energi som en ljuskälla avger per sekund i form av strålning. Strålningsflödets effekt är alltid den samma oavsett våglängd. (Starby, 1983, s. 81)

Ljusflöde, ϕ_v , lumen[lm], beskriver den mängd strålning en ljuskälla avger som det mänskliga ögat kan uppfatta, med avseende på $V(\lambda)$ -kurvan. (Starby, 1983, s. 81) (Wall, 2006, s. 8)

$$\phi_v = I * \omega$$

(1)

Rymdvinkeln, ω , är en tredimensionell vinkel som kan beskriva omfånget av en ljusstråle. Rymdvinkeln bestäms av förhållandet mellan ytans storlek (m^2) och radiens avstånd (m). (Starby, 2006, s. 114)

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (2)$$

Ljusstyrkan, I , candela[cd], beskriver intensiteten av ljusflödet i en viss riktning, det vill säga den mängd ljus i en viss riktning som det mänskliga ögat kan uppfatta. (Starby, 1983, s. 82)

$$I = \frac{\phi_v}{\omega} \quad (3)$$

Belysningsstyrka, E , lux[lx], beskriver det infallande ljusflödet per ytenhet, lumen/ m^2 . (Wall, 2006, s. 9)

$$E = \frac{\phi_v}{A} \quad (4)$$

Luminans, L , candela per kvadratmeter [cd/m^2], beskriver hur ljus en yta eller ljuskälla är, sedd från en viss vinkel. Luminansen beror både på hur mycket ljus som infaller på ytan och på ytans reflekterande egenskaper. ε anger riktningen till den lysande ytan. (Starby, 1983, s. 85)

$$L = \frac{I_\varepsilon}{A \cdot \cos \varepsilon} \quad (5)$$

Ljusutbyte, lm/W, beskriver ljuskällans förhållande mellan ljusflödet den avger och den effekt som konsumeras. Ljusutbytet kan tolkas som verkningsgraden för ljuskällan. (Starby, 1983, s. 87)

Färgtemperaturen beskriver färgen på det alstrade ljuset. Färgtemperaturen anges med hjälp av enheten för absoluta temperaturens skala Kelvin (K). Temperaturer från 2700 K till 3000 K brukar kallas för varma färger, medans över 5000 K kallas för kalla färger. (Starby, 1983, s. 19)

Färgåtergivning, R_a -index, beskriver en ljuskällans förmåga att återge färger. R står för rendering och a står för average, detta kan översättas till medelåtergivningsvärde.

R_a -indexet anges vanligtvis på en skala 0–100, där 100 är det bästa och 0 är det sämsta värdet. R_a -indexet bestäms genom att mäta två ljuskällors färgåtergivning i 8 olika färger. Färgtemperaturen hos ljuskällorna bör vara av samma värde. Testet utförs genom en datorsimulering, där referensljuskällan simuleras först i de olika färgerna och efteråt provljuskällan. Därefter jämförs de två ljuskällornas resultat och ett slutligt värde ges. (Starby, 1983, s. 19)

2.4 Ljustekniska begrepp inom vägbelysning

För gatu- och vägbelysning har man tagit fram skilda begrepp för att kunna mäta och beskriva belysningens påverkan längs vägområdet och på trafikanter. Dessa begrepp tas upp i standarden SFS-EN 13201-3 (Road lighting — Part 3: Calculation of performance). (Sørensen, 2013, s. 63)

Lm, (cd/m^2), beskriver den genomsnittliga luminansen över hela vägytan. Hög luminans ökar synförmågan, förbättrar detektering och uppfattning av rörelser samt förkortar reaktionstiden. (Liikennevirasto, 2015, s. 22)

U_o anger hur enhetligt ljuset sprids över en torr yta. Det högsta värdet för U_o är 1. Ett högt värde innebär mindre mörka fläckar längs vägen. (Sørensen, 2013, s. 88)

U_{ow} används när vägytan är blöt eller fuktig. Detta påverkar ytans reflektionsegenskaper över körbanan och luminansen sjunker i allmänhet. (Liikennevirasto, 2015, s. 22)

U_l beskriver mönstret av upprepande mörka och ljusa områden längs körbanan. U_l behöver endast beaktas på M-klassade vägar (se kapitel 3.1) och högsta möjliga värdet är 1. (Sørensen, 2013, s. 89)

fTI %, vilket kan förklaras som synnedsättande bländning. Armaturens ljuskälla kan avge ett starkt ljussken som kan blända föraren, detta medför att belysningsstyrkan måste höjas för att kompensera för den nedsatta synförmågan orsakad av bländningen. fTI beaktas endast för M-klassade vägar och anges i procent (%). (Sørensen, 2013, s. 95)

REI är den genomsnittliga horisontella ljusstyrkan på området precis utanför vägkanten av körbanan i proportion till den genomsnittliga horisontella ljusstyrkan på ett område precis innanför kanten. Området har motsvarande bredd till ett körfält på körbanan och beaktas på båda sidorna av vägen. Detta används för att objekt, djur eller trafikanter intill körfältet skall synas. (Sørensen, 2013, s. 103)

3 Belysningsklasser

Belysningen måste hålla en sådan nivå att trafikanter på och runt vägen skall synas och kunna upptäckas i god tid, men inte blända eller förvirra föraren. Genom att klassificera vägar i olika belysningsklasser, enligt standarden SFS-EN 13201-2, försöker man säkerställa att dessa kriterier uppnås. En vägs belysningsklass bestäms av fartbegränsning, trafikmängden, trafiktyp, antalet avtagande körbanor, korsningsdensitet, omgivningens ljusstyrka och navigationsvårigheten. Belysningsklassen bestämmer de ljustekniska kraven som krävs av ljuskällan, vilket senare används vid belysningsberäkningar (se kapitel 7.1).

3.1 M-klass (AL)

M-klassen är avsedda för motortrafikerade vägar eller gator med en torr och våt beläggning. Reflektionsklassen för beläggningen på vägen skall tas i beaktande när man utför en belysningsberäkning för M-klassad väg. Är reflektionsklassen okänd skall klasserna R2 och W3 användas. (Liikennevirasto, 2015, s. 24, 93)

Tabell 1. M-klassens ljustekniska krav.

Valaistus- luokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Esto- häikäisy	Vieri- alueen valaistus
	Kuiva		Märkä	Kuiva		
	L_m cd/m ² min	U_0 min			U_t min	U_{ow} min
M1 (AL1)	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M2 (AL2)	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M3a (AL3)	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,40
M3b (AL4a)	1,00	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M4 (AL4b)	0,75	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M5 (AL5)	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,40
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	15	0,40

(Liikennevirasto, 2015, s. 25)

3.2 C-klass (AE)

C-klassen är avsedd för komplexa korsningar, rondeller eller där sikten är kortare än 60 m. Rondeller bör alltid vara belysta och dess belysningsklass bör vara lika eller ett steg högre än den högsta intilliggande vägens belysningsklass. (Liikennevirasto, 2015, s. 25)

Tabell 2. C-klassens ljus tekniska krav

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_{hm} lx, min	U_0 min
Co (AE0)	50	0,40
C1 (AE1)	30	0,40
C2 (AE2)	20,0	0,40
C3 (AE3)	15,0	0,40
C4 (AE4)	10,0	0,40
C5 (AE5)	7,50	0,40

(Liikennevirasto, 2015, s. 25)

Luminansen kan jämföras med belysningsstyrkan genom tabell 3.

Tabell 3. M- och C-klassens motsvarighet.

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

(Liikennevirasto, 2015, s. 26)

3.3 P-klass (K)

P-klassen är avsedd för fotgängare och cyklister som rör sig på trottoarer, gångbanor och andra områden bredvid en trafikerad väg, samt vid parkeringsplatser, bostads- och gårdsgator. (Liikennevirasto, 2015, s. 26)

Tabell 4. P-klassens ljus tekniska krav.

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	$E_{hm}^{1)}$ lx, min	E_h lx, min
P1 (K1)	15,0	3,00
P2 (K2)	10,0	2,00
P3 (K3)	7,50	1,50
P4 (K4)	5,00	1,00
P5 (K5)	3,00	0,60
P6 (K6)	2,00	0,40

1) Riittävän tasaisuuden takaamiseksi hankekohtainen keskiarvo ei saa ylittää 1,5-kertaista luokan edellyttämää keskiarvon minimiä.

(Liikennevirasto, 2015, s. 26)

3.4 Bestämning av belysningsklass

Ifall den väg man skall utföra en belysningsberäkning på inte har någon bestämd belysningsklass från tidigare kan man räkna ut den genom att följa tabell 5. Denna tabell är endast avsedd för M-klassen.

Tabell 5. M-klass valparametrar.

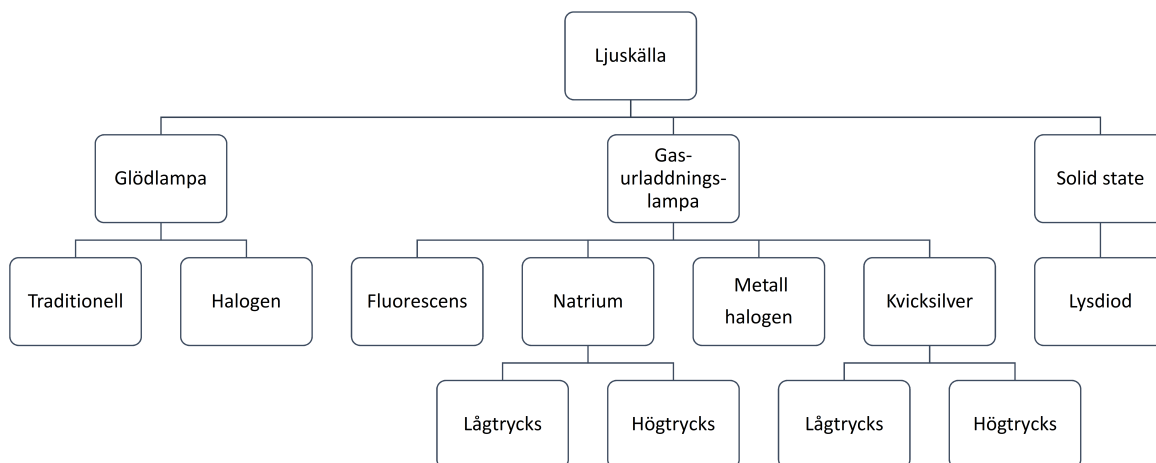
PARAMETRI	VAIHTOEHDOT	Kuvaus		PAINO-ARVO V_w
Suunnittelu- nopeus tai nopeusrajoitus	Hyvin suuri	120 km/h		2
	Suuri	80, 100 km/h		1
	Kohtalainen	60 km/h		0
	Pieni	50 km/h		-1
	Hyvin pieni	30, 40 km/h		-2
Liikennemäärä		Kohteen keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä (KVL)		
	Suuri	KVL \geq 12 000		1
	Kohtalainen	4 000 \leq KVL < 12 000		0
	Pieni	KVL < 4000		-1
Liikenteen koostumus	Sekaliikenne, suuri osa kevyt- liikennettä	Pyöräilijät, jalankulkijat, pysäköidyt ajoneuvot		2
	Sekaliikenne			1
	Vain moottori- ajoneuvoja			0
Erilliset ajoradat	Ei			1
	Kyllä			0
Liittymätiheys		Tasoliittymiä/km (ilman maa- talousliittymiä)	Eritasoliittymät, risteyssiltojen välimatka, km	
	Suuri	5	< 3	1
	Kohtalainen	2	\geq 3	0
Ympäristön valoisuus	Valoisa	Taajama (valaistu rinnakkaiskatu tai valaistu kenttä, liikkeiden ikkunoita tai mainoksia tai muu keskusta-alue)		1
	Pimeä	Maaseutu		0
Ajosuoritus	Vaikea	Vaativa sekoittumisalue, poikkeava geometria, tms.		1
	Normaali			0

(Liikennevirasto, 2015, s. 29)

För att bestämma belysningsklassen så använder man sig av ekvation $M = 6 - V_{ws}$. Genom att addera V_w värdena ur tabell 5, kommer man till summan V_{ws} . Skulle summan V_{ws} bli negativ så används värdet 0. Skulle t.ex V_{ws} få värdet 2, blir ekvationen $M = 6 - 2$, vilket betyder att den valda belysningsklassen blir M4. (Liikennevirasto, 2015, s. 29)

4 Ljuskällor

I detta kapitel beskrivs olika typer av ljuskällor som används för vägbelysning, deras funktion samt för- och nackdelar.



Figur 3. Olika typer av lampor.

Vilken typ av ljuskälla man väljer har en stor inverkan på anläggningens ljusegenskaper och driftkostnader. En ideell ljuskälla för vägbelysning är en lampa med lämpligt ljusflöde, högt ljusutbyte, god färgtemperatur och färgåtergivning, lång livslängd, små dimensioner och kan dimras. I tabell 6 jämförs olika typer av ljuskällor. (Sørensen 2013, s. 33; Halpeth & Team 2004, s. 15)

Tabell 6. Jämförelse av ljuskällor.

Lampans egenskap	Ljusflöde	Ljusutbyte	Färgtemperatur	Färgåtergivning	Livslängd	Storlek	Dimbar
Beteckning	lumen, lm	lumen/watt, $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$	Kelvin, K	Ra index	timmar, h	dimensioner	ja/nej
Glödlampa	låg	14	2800	100	1 000	liten	-
Lågtrycksnatrium	OK	150	falsk färg	0	20 000	stor	-
Högtrycksnatrium	OK	100	2100	25	20 000	liten	ja
Kvicksilver	OK	50	3500	50	10 000	medel	ja
Metallhalogen CDM	OK	90	3000	80	8 000	liten	ja
Metallhalogen CPO	OK	110	4000	65	12 000	liten	ja
LED	OK	100	OK	75	30 000	liten	ja
Ideell lampa	passlig	hög	varm	hög	lång	liten	ja

(Sørensen, 2013, s. 35)

4.1 Kvicksilverlampa

Kvicksilverlampan är en typ av högtrycksgaslampa som producerar ljus genom att skicka en elektrisk urladdning igenom en gas som består av kvicksilver (Hg) och argon (Ar). Ljuset som alstras från denna reaktion är av typ UV-strålning, därför appliceras en hinna av ämnet fosfor på lampans yttre glas vilket gör att UV-strålningen förvandlas till synligt ljus. Vartefter lampan används så sjunker fosfors effektivitet vilket gör att ljusstyrkan också sjunker men den fortsätter att förbruka samma mängd ström. Kvicksilverlampan har tidigare varit en av de vanligaste ljuskällorna för vägbelysning, ända tills effektivare ljuskällor som t.ex högtrycksnatriumlampor blev utvecklade. EU har beslutat att, enligt EuP Directive 2005/32/EC, förbjuda kvicksilverlampor. (Sørensen 2013, s. 132; Halpeth & Team 2004, s. 18)



Figur 4. Kvicksilverlampa.

(http://www.sahkobit.fi/verkkokauppa/images/LPPR1_HPL_E40.jpg)

4.2 Metallhalogenlampa

Metallhalogenlampan kallas även för mångmetallampa, den har i princip samma uppbyggnad som kvicksilverlampan. Skillnaden är att man har lagt till två metaller, indium och tallium, i ljusbågeröret för att få ett ökat färg- och ljusutbyte. Det finns två olika typer av metallhalogenlampor, CDM och CPO. (Bommel 2014, s. 128; Halpeth & Team 2004, s. 19)

CDM är den äldre versionen som började användas på 90-talet. Den har ett ljusutbyte på 90 lm/W, en varm färg på 3 000 K och ett R_a -index på ungefär 80. Livslängd är runt 8 000 brinntimmar. (Sørensen, 2013, s. 37)

CPO som är en nyare version har ett högre ljusutbyte på ungefär 110 lm/W och en livslängd uppemot 12 000 brinntimmar. Däremot har den en högre färgtemperatur på 4 000 K och ett något lägre R_a -index på 65. CPO-lampans egenskaper kan jämföras mot högtrycksnatriumlampans. (Sørensen, 2013, s. 37)

4.3 Högtrycksnatriumlampa

Högtrycksnatriumlampan producerar ljus genom att skicka en elektrisk urladdning genom en gas som består av kvicksilver (Hg) och natrium (Na). Högtrycksnatriumlampan är väldigt populär pga. dess energieffektivitet, jämfört med kvicksilverlampan. Den förekommer i städer och på landsbygden över hela Finland. Högtrycksnatriumlampan har en livslängd på ungefär 20 000 brinntimmar. Lampan har väldigt små dimensioner som gör att optik och speglar lätt kan anpassas för att uppnå en bra ljusspridning, däremot har lampan en falskgul färg och den har en väldigt låg färgåtergivning med ett R_a -index på 25. (Bommel 2014, s. 120; Sørensen 2013, s. 36)



Figur 5. Högtrycksnatriumlampa.

(<http://www.lighting.philips.com>)

4.4 Lågtrycksnatriumlampa

Lågtrycksnatriumlampan består av ett avlångt rör vilket måste ligga i en horisontell position. På grund av rörets storlek är det komplicerat att tillverka optik och speglar som på ett effektivt sätt kan sprida ut ljuset. Detta medför att armaturen blir otymplig att använda pga. storleken och vikten. Den används främst vid stora vägar med hög mängd trafik, som t.ex motorvägar och tunnlar, där armaturens storlek inte har någon betydelse. Den är relativt ovanlig i Finland och de kvarstående lågtrycksnatriumlamporna håller på att fasas ut. (Halpeth & Team 2004, s. 20; Sørensen 2013, s. 130)

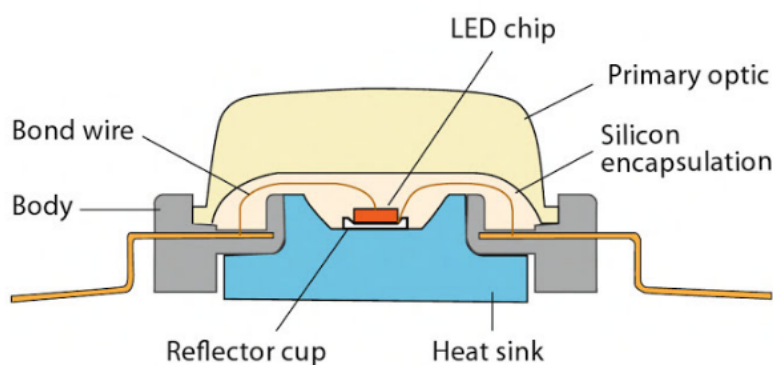


Figur 6. Lågtrycksnatriumlampa.

(<http://www.lighting.philips.com>)

4.5 LED

Lysdiod eller LED (Light Emitting Diode) är en typ av PN-halvledare som konverterar elektrisk energi direkt till ljus. Ljuset uppstår pga. elektroluminiscens, vilket sker när elektroner flödar från det dopade N-skiktet till P-skiktet i halvledaren. Övergångsskiktet mellan N och P är väldigt känsligt för höga temperaturer, detta innebär att en effektiv kylning krävs när lysdioden är i drift för att uppnå en lång livslängd. För en LED-armatur räknar man med en livslängd på ungefär 30 000 brinntimmar. Lysdioden är också väldigt känslig för överspänning samt kräver likspänning för att fungera, detta betyder att ett driftdon måste användas för att kunna ansluta armaturen till nätet. Driftdonet bör vara av hög kvalitet för att undvika variationer i spänningen och onödiga förluster. Figur 7 visar en högeffektiv lysdiods komponenter.



Figur 7. En högeffektiv lysdiods komponenter.

(Bommel, 2014, s. 135)

Dessa högeffektiva lysdioder har en väldigt liten storlek jämfört med andra ljuskällor. För att uppnå en tillräckligt hög ljusstyrka behöver man placera flera lysdioder intill varandra på ett mönsterkort, detta kallas då en modul. Man kan variera på antalet moduler i armaturerna för att uppnå olika mängder effekt, t.ex en LED-armatur med 4 moduler kan motsvara en 180 W urladdningslampa. LED-armaturen har väldigt goda egenskaper i alla avseenden. (Bommel 2014, s. 134; Halpeth & Team 2004, s. 24)

5 Byggnadsspecifika krav

Detta kapitel är en sammanfattning av de krav som ställs på anläggningens komponenter. Även funktioner som dimring och styrning nämns. Den elektriska utrustningen som används måste uppfylla kraven i standardserien SFS 6000 samt vara CE-märkt. (Liikennevirasto, 2015, s. 104)

5.1 Armaturkrav

Armaturen måste vara godkänd av vägverket, enligt publikationen ”Hyväksytyt tievalaisimet”. För att vägverket skall godkänna armaturen måste den vara CE-märkt, samt följa de standarder som nämns i publikationen. Några av kraven är att:

- Ett organ måste mäta ljusfördelningsegenskaperna för armaturen i ett C- γ -system, vilket måste överensstämma med standarden SFS-EN 13201-3 och 13032.
- $\cos\phi$ för armaturen skall vara kompenserad till $\geq 0,9$, för en dimrad armatur måste det vara $\geq 0,7$.
- Minsta tillåtna IP-klass är IP65 och för en tunnelarmatur IP66.
- Armaturens hölje skall bestå helt av metall.
- Armaturen skall vara försedd med en automatisk avstängningsfunktion för att förhindra lampan från att börja flimra.

Är ljuskällan av typen urladdningslampa så skall på utsidan av armaturen placeras en markering som representerar dess effekt och typ. I bilaga 1 visas de olika markeringarna. Denna markering skall placeras på ett sådant sätt att den är synlig från marknivå och utsätts för så lite direkt solljus som möjligt. (Liikennevirasto, 2016)

5.2 Vägbelysningscentral

Centralen placeras antingen i ett distributionsskåp eller fästs direkt på en stolpe. Distributionsskåpet skall följa standarden SFS 2533, dess fundament skall följa standarden SFS 2534 och låsmekanismen skall följa standarden SFS 2851. Centralens kapslingsklass skall vara minst IP34, höljet skall vara av plast, kisel eller galvaniserat järn och målad för att minska risken att rost uppstår. (Liikennevirasto, 2015, s. 107)

Centralens dörr bör vara riktad bort från körbanan för att minska mängden damm som tränger in i centralen. Centralen bör placeras på ett sådant ställe att den inte tar skada av arbeten som

utförs vid vägområdet, som t.ex trimning eller snöplogning. (personlig kommunikation med Kenneth Kull 30.6.2017)

5.3 Stolpar

Metall- och trästolpar är de vanligaste typerna som används. Metallstolpar med jordkabel används normalt i tätorter. Vid landsvägar används i allmänhet trästolpar med luftkabel om inte vägsträckans utformning kräver att större mängder stöttor används eller att stora mängder träd behöver kvistas eller avverkas för luftledningen. (Liikennevirasto, 2015, s. 97)

Metallstolpar måste vara CE-märkta och uppfylla kraven enligt standarden SFS-EN 40. CE-märkning ersätter trafikverkets typgodkännande. Det finns inget CE-märke för trästolpar eftersom de saknar en EN-standard. Om trästolparna uppfyller kraven enligt standarden SFS 2662: 1985 Klass 2 krävs inget speciellt typgodkännande.

Krocksäkra stolpar skall användas vid vägar med hög hastighetsbegränsning eller livlig trafik, de kan också användas i andra situationer om det anses vara nödvändigt. Krocksäkra metallstolpar kan antingen vara energiabsorberande (HE), eller icke energiabsorberande (NE). Äldre metall- och trästolpar kan också göras krocksäkra med hjälp av att installera en fläns vid marknivån. Trästolpar kan även göras krocksäkra genom att försvaga dem med borrning. (Liikennevirasto, 2015, s. 98–99)

Trafikverket förbjöd år 2010 impregneringsmedel som innehåller arsenik (CCA-mättade ämnen). Nya trästolpar bör därför installeras i fundament för att uppnå en längre livstid. (Liikennevirasto, 2017, s. 4)

5.4 Skyddsror

Som skyddsror används plaströr försedda med gummitätningar som följer standarden SFS 5608. A-klassat skyddsror används när man behöver gå under körbanan. Utanför körbanan används B-klassat vid 0,3–0,5 m och C-klassat vid 0,5–0,7 m installationsdjup. (Rakennustietosäätiö, 2009, s. 142)

5.5 Kablering

I en vägbelysningsanläggning kan luft- och jordkabel användas. Luftkablar skall vara av typen AMKA och vara försedda med en hängvajer. Ledarna är av aluminium och har en

tvärsnittsarea på 16...35 mm². Jordkablar skall vara av typen AMCMK eller AXMK och ledarna är av aluminium med en tvärsnittsarea på 16...35 mm². (Liikennevirasto, 2015, s. 105)

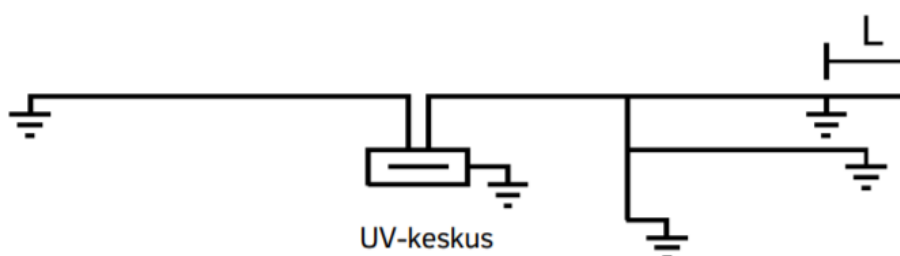
Armaturens installationskabel skall bestå av koppar och ha en tvärsnittsarea på 2,5 mm². Vid användning av trästolpar måste installationskabeln vara av typen MPK medans vid användning av metallstolpar är kabeltypen MMJ också tillåten. I en stolpe där flera armaturer monteras skall varje armatur enskilt anslutas till grupp-kabeln samt kopplas in på olika faser. (Liikennevirasto, 2015, s. 106)

5.6 Kopplingsdon

Kopplingsdon används för att ansluta armaturens installationskabel till grupp- ledningen. Kopplingsdon av typen SV15.11 eller motsvarande som är försedda med en säkringshållare och separata kontakter används för jordkabel. För luftkabel används SLIW50 eller motsvarande. (Rakennustietosäätiö, 2009, s. 190)

5.7 Jordning

Enligt standardserien SFS 6000 måste nolledaren jordas på ett maximalt avstånd av 200 m från matningspunkten. Jordning skall också utföras i slutet av varje ledning, om ledningen är längre än 200 m eller på ett maximalt avstånd av 200 m från ledningens änden. Ett exempel kan ses i figur 8, där $L \leq 200$ m. Jordningens impedans bör vara mindre än 100 ohm.



Figur 8. Exempel på placeringar av jordningspunkter.

(Liikennevirasto, 2015, s. 112)

Vägbelysningscentralen skall förses med egen jordningselektrod, PEN-ledningen rekommenderas också att jordas på annat håll, där en jordningselektrod eller andra goda jordningsförhållanden är tillgängliga.

Som jordningsledare används 16 mm² blank koppar och som jordelektrod kopparrör eller -stavar. (Liikennevirasto, 2015, s. 107)

5.8 Styrning av en anläggning

Styrning av en anläggning innebär att man kan tända och släcka anläggningens belysning automatiskt utan mänsklig medverkan. Det finns olika alternativ för att genomföra detta, antingen genom lokalstyrning eller fjärrstyrning.

Lokalstyrning innebär att man placerar ett skymningsrelä och ett kopplingsur i centralen, som släcker och tänder belysningen beroende på dagsljuset och tiden. Finns det intill liggande anläggningar bör man, genom manöverkablar, skapa ett nätverk för att styra flera centraler gemensamt, för att undvika åtskilda tändnings- och släcktider.

Genom att förse centralen med ett radio- eller GSM-fjärrkontrollsystem kan man manövrera centralen på distans. (Liikennevirasto, 2015, s. 104)

5.9 Dimring av en anläggning

Att dimra en anläggning innebär att kunna reglera ljuskällans strålningsflöde, vilket ger ljuskällan en längre livstid och minskar energiförbrukningen. I en anläggning där dimring är aktuellt skall antingen centralen vara utrustad med ett dimringssystem eller så skall armaturerna vara utrustade med separata dimrings- eller effektförsänkingsreläer.

En gasurladdningslampa kan i regel endast utföra 1-stegsdimring, detta innebär att effekten endast kan sänkas ett steg. LED-armaturer kan däremot utföra 2-stegsdimring vilket innebär att effekten kan sänkas i två steg. Utgående från belysningsklassen och trafikmängden bestäms hur mycket luminansen är tillåten att sänkas under olika tider på dygnet. Exempel på hur dimring kan planeras i en anläggning kan ses i bilaga 2. (Liikennevirasto, 2015, s. 14)

6 Dimensionering av kablar och säkringar

För att försäkra sig om att den planerade anläggningen blir funktionell och säker bör man dimensionera kablar och säkringar i enlighet med de krav som ställs i standardserien SFS 6000. Detta kapitel kommer att ge en förklaring på varför de olika dimensioneringarna är nödvändiga och presentera viktiga formler och samband.

6.1 Överbelastningsskydd

Kabeln måste dimensioneras så att den normala belastningsströmmen inte överstiger den nominella strömmen för den säkring som används, när säkringen är det enda skyddet för ledningen, det vill säga när säkringen fungerar som både överbelastnings- och kortslutningsskydd. Vid användning av kombinerat överbelastnings- och kortslutningsskydd skall man kontrollera att skyddet mot överbelastning förverkligas och att skyddsanordningens brytförmåga är tillräcklig. Kabelns överbelastningsskydd diskuteras i standarden SFS 6000-4-43.

Varje gruppledning måste förses med ett överbelastningsskydd för att förhindra att gruppens ledare skadas. Belastningsförmågan diskuteras i standarden SFS 6000-5-52. Vid bestämning av maximal kabelbelastning följs de värden som kabelproducenten anger för maximal belastning och koefficienterna utgående från installationsmetoden.

I praktiken begränsar kortslutningsströmmen säkringsstorleken mer än belastningsförmågan.

Den nominella strömmen för kortslutnings- och överbelastningsskydd, I_N , måste även uppfylla följande villkor för gruppledningar:

Smältsäkring:

$$I_N \geq 1,3 \times (\text{totala strömmen vid drift})$$

Automatsäkring:

$$I_N \geq 1,3 \times (\text{totala strömmen vid tändning})$$

(Liikennevirasto, 2015, s. 110)

I allmänhet installeras säkringar eller jordfelsbrytare vid ljuspunkterna, i samband med kopplingsdonet (som diskuteras i kapitel 5.6), för att få selektivitet. Vid ljuspunkterna används normalt 6 eller 10 A säkringar.

6.2 Felskydd

I en belysningsanläggning använder man sig normalt av TN-C system, vilket innebär att skyddsledaren i grupp kabeln även används som noll-ledare. Detta medför att minsta tillåtna tvärsnittsarean för en kopparledare är 10 mm² och för en aluminiumledare 16 mm². Används en mindre tvärsnittsarea, måste en separat skyddsledare användas (TN-C-S-system). För skyddsjordning av enskilda armaturer bör man i alla fall använda en från nolledaren separat skyddsledare. (Liikennevirasto, 2015, s. 111)

Felskyddet skall automatiskt koppla bort matningen från kretsen eller enheten, som den skyddar mot beröringsspänningen. De beräknade kortslutningsströmmarna skall vara tillräckligt stora så att snabb fränkoppling sker eftersom skyddsjordade delar har en farlig berörbar spänning i förhållande till jordade referenspunkter under den tid som kortslutningen pågår.

En belysningsanläggning uppfyller samma krav som för skydd av byggnader med över 32 A överströmsskyddade installationer. I praktiken innebär detta att i händelse av funktionsfel bör skyddsanordningarna som skyddar armaturerna fungera inom mindre än fem sekunder. (Liikennevirasto, 2015, s. 112)

Kortslutningsströmmen kan beräknas med hjälp av följande formel:

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

där:

- I_k är den minsta enfasiga kortslutningsströmmen (A)
- c är koefficienten 0,95, som tar hänsyn till förluster i anläggningen
- U är huvudspänningen (V)
- Z är den totala impedansen i strömkretsen (Ω)

I tabell 7 kan man se de minsta tillåtna utlösningströmmar som krävs när man använder gG-smältskydd.

Tabell 7. Minsta utlösingsströmmar som krävs för gG-smältskydd.

Minsta utlösingsströmmar för gG-smältskydd och värden som krävs vid mätning				
Märkström	gG-smältskydd 0,4 s	Värdet som krävs vid mätning	gG-smältskydd 5,0 s	Värdet som krävs vid mätning
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3

Ledningens längsta tillåtna längd fås genom följande formel:

$$l = \frac{\left(\frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k}\right) - Z_v}{2 \cdot z} \quad (7)$$

där:

l är ledningens längd (km)

c är koefficienten 0,95, som tar hänsyn till förluster i anläggningen

U är huvudspänningen (V)

I_k kortslutningsström för automatisk frånkoppling av matning inom utsatt tid (A)

Z_v är impedansen före skyddsanordningen (Ω)

z är den skyddade ledarens impedans (Ω/km)

6.3 Spänningsfall

Standardserien SFS 6000 rekommenderar att spänningen vid den punkt där strömmen levereras inte skiljer sig från den nominella spänningen under normala driftförhållanden med mer än -10 ... +6 % (207 ... 244 V). Vid användning av urladdningslampor tillåts endast en ± 6 % spänningsvariation från den nominella spänningen. (Liikennevirasto, 2015, s. 110)

Kontinuerlig överspänning eller underspänning påverkar lampans livslängd. Underspänning orsakar att ljusflödet minskar vilket eventuellt gör att den önskade belysningsnivån inte

längre uppnås. Kontinuerlig överspänning har en negativ inverkan på lampan och driftdonets livslängd.

Spänningsfall beräknas vanligtvis utgående från lampans tändström. Detta garanterar samtidigt tändning av alla lampor. Lampans tändström är betydligt större än förbrukningsströmmen, vilket också innebär att spänningsfallet vid tändningsläget är större. Spänningsfallet beräknas från distributionstransformatorn till den sista lampan i gruppen. (Liikennevirasto, 2015, s. 111)

Spänningsfall för 3-fas växelspanning kan beräknas med följande formel:

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cdot \cos\phi \pm x \cdot \sin\varphi) \quad (8)$$

där:

- ΔU är spänningsfallet (V)
- I är ledningens belastning (A)
- l är ledningens längd (km)
- r är kabelns specifika resistans
- φ är fasvinkeln mellan spänning och ström
- x är kabelns specifika reaktans
- \pm anger induktiv eller kapacitiv last.

Spänningsfallet i procent fås genom:

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{\Delta U_n} \cdot 100\% \quad (9)$$

där:

- Δu är spänningsfallet i procent
- ΔU är spänningsfallet (V)
- ΔU_n är spänningens nominella värde (V)





7 Programvara

Detta kapitel kommer att behandla programvaran DIALux och Excel. DIALux är ett belysningsberäkningsprogram som behövs vid planering av vägbelysning. Excel tillsammans med makroprogrammering användes för att skapa planeringsverktyget.

7.1 DIALux

Belysningsberäkningar är väldigt komplexa, därför bör de utföras med hjälp av ett belysningsberäkningsprogram. I standarden EN 13201-4 (Road lighting — Part 4: Methods of measuring lighting performance”) visas hur belysningsberäkningarna utförs. DIALux kan användas för att utföra belysningsberäkningar för vägprojekt, inom- och utomhusbelysning. DIALux är helt gratis att använda eftersom flera armaturtillverkare är med och stöder utvecklingen av programmet. (DIALux, 2017)

Genom att använda funktioner i DIALux som är avsedda för vägprojekt kan man skapa en modell av den väg som är ämnad för vägbelysning. Först måste man ange vägens egenskaper (vägbredd, antal körfält osv.) och anläggningens kriterier (belysningsklass, armaturtyp, ljuspunktshöjd, osv.). När alla egenskaper och kriterier är angivna låter man programmet optimera belysningen.

		1
Namn	Gatuschema 1	
Beskrivning		
Underhållsfaktor	0.70	
Armaturer	Välj armaturert	
Optimerad armatur	Inga resultat	
Armaturmontage	Ensidig nedtill 	
Stolpavstånd [m]	10.000 ... 50.000, 1.000	
Ljuspunktshöjd [m]	8.000 	
Lutning [°]	0 	
Ljuspunktsöverhäng [m]	0.000 	
Avstånd stolpe-körbana [m]	<input checked="" type="checkbox"/> 0.650	
Stolparmslängd [m]	<input type="checkbox"/> 0.650	
Bedömningsfält Körbana 1 (ME4a)		
Lm [cd/m²]	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.75	
U0	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.40	
U1	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.60	
TI [%]	<input checked="" type="checkbox"/> ≤15	
SR	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.50	

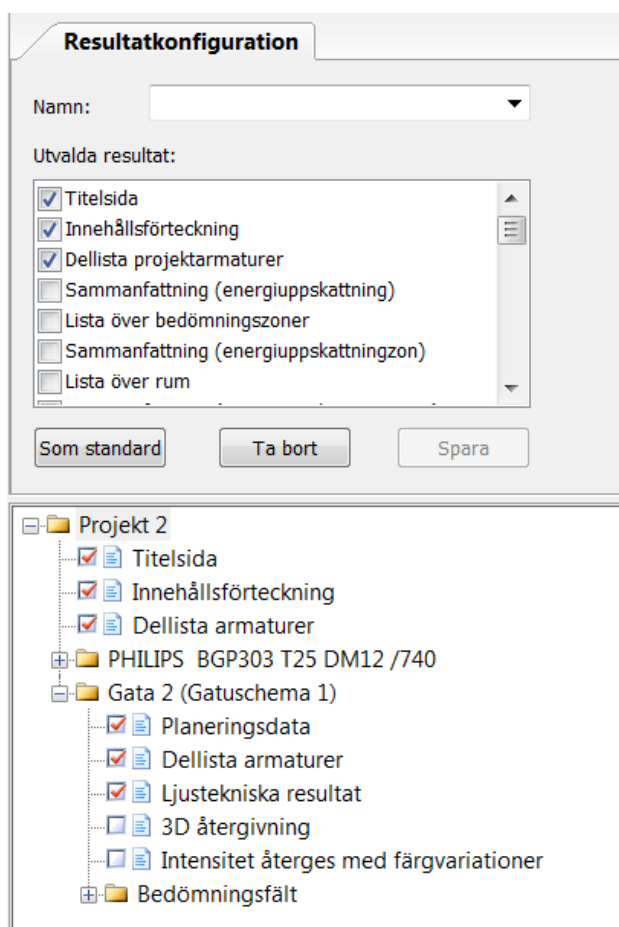
Figur 9. Editor för gatuscheman i DIALux.

Efter optimeringen visar programmet om armaturen klarar av de ljus tekniska krav som belysningsklassen kräver. Ett exempel på de ljus tekniska resultaten ses i figur 10. Programmet ger också förslag på det maximala stolpavståndet, armaturhöjd, stolpens placering från väggkanten osv. Beroende på vägsträckans utformning kan det krävas att man skapar flera olika modeller, varpå man måste köra enskilda optimeringar av samtliga.

Lm [cd/m ²]	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.75	0.75	✓
U0	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.40	0.68	✓
U1	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.60	0.89	✓
TI [%]	<input checked="" type="checkbox"/> ≤15	9	✓
SR	<input checked="" type="checkbox"/> ≥0.50	0.79	✓

Figur 10. Ljustekniska resultat efter optimering i DIALux.

När man är nöjd med optimeringens resultat kan man sammanställa dem till ett dokument. I figur 11 kan man se resultatkonfigurationen där man kan välja vilka sidor som skall ingå i dokumentet. I bilaga 3 kan man se ett exempel på ett belysningsberäknings-dokument som är sammanställt i DIALux.



Figur 11. Resultatkonfiguration i DIALux.

Ytterst sällan kräver kunden att kompletterande ljusberäkningar och ljusmätningar skall utföras efter avslutat arbete. Däremot om den planerade armaturmodellen frångås skall ljusberäkningar och ljusmätningar utföras när anläggningen är färdig, detta nämns vanligtvis i planeringens arbetsbeskrivning. (personlig kommunikation med Kenneth Kull 17.11.2017)

7.2 Excel

Excel är ett kalkylprogram som innehåller kalkylblad. Ett kalkylblad består av en samling kolumner och rader som bildar celler. Celler kan innehålla data eller funktioner. Genom att definiera olika funktioner till cellerna kan man skapa omfattande beräkningar, vilket kan utföras på stora mängder data.

I Excel har man möjlighet att programmera med hjälp av makron. Ett makro är en programsats som innehåller kod, som kan användas för att automatisera användningen av Excel. Programmeringen av makron utförs i Visual Basic Editorn. (Walkenbach, 2013)

7.2.1 Visual Basic Editor (VBE)

Visual Basic Editor (VBE) ingår i de flesta Microsoft Office produkterna. VBE är en separat applikation där man skriver och redigerar makron. För att få tillgång till VBE-editorn måste man aktivera meny-fliken **Utvecklare** i Excel. (Walkenbach, 2013, s. 31)

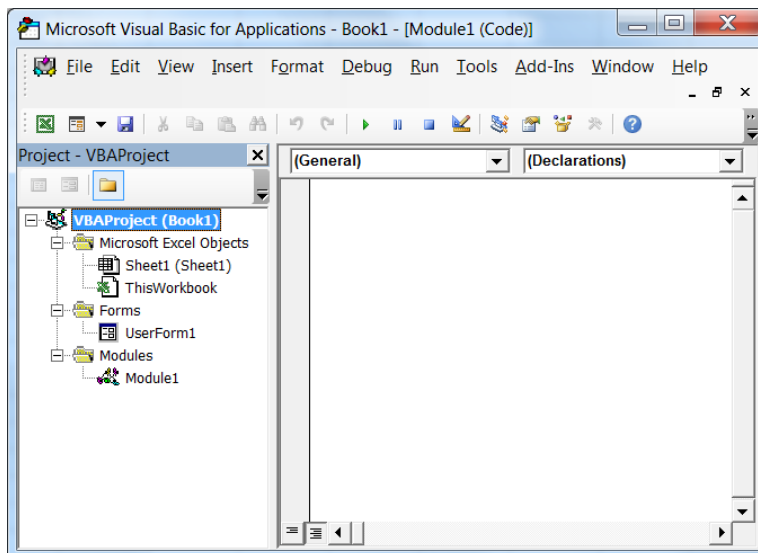
VBE ger möjlighet till att skapa användarformulär (userforms), moduler (modules) och klassmoduler (class modules). Dessa moduler och formulär innehåller koden som hänvisar till de objekt man vill manipulera.

Användarformulär (userforms)

Användarformulär är ett fönster som kan innehålla textrutor (textbox), kryssrutor (checkbox), etiketter (labels), m.m. Användarformulär är användbart när man behöver ge instruktioner eller erhålla data från användaren. (Walkenbach, 2013, s. 239)

Moduler (modules)

Moduler innehåller generellt dessa tre typer av kod: deklARATIONER, procedurer och funktioner. (Walkenbach, 2013, s. 38)



Figur 12. Visual Basic Editorn.

7.2.2 Visual Basic for Applications (VBA)

VBA är ett makroprogrammeringsspråk som är en begränsad version av Visual Basic, båda är utvecklade av Microsoft. VBA använder sig av objektorienterad programmering, vilket betyder att i stort sett allt som du ser och använder i Excel är ett objekt och kan manipuleras.

I föregående underkapitel nämndes det att modulerna innehåller deklARATIONER, procedurer och funktioner. Genom att dela in koden i dessa typer får man en mer strukturerad kod. (Walkenbach, 2013, s. 38–39)

Deklarationer (declarations)

Deklarationer används för att hålla ordning på variabler och deklarerar vilken typ av data (t.ex. heltal, flyttal, textsträngar) som skall lagras i variabeln.

Subrutiner (sub procedures)

Innehåller programmeringsinstruktioner som, när de är aktiverade, utför handlingar i arbetsboken.

Funktioner (function procedures)

En kod bestående av programmeringsinstruktioner som utför uträkningar och returnerar ett värde. En funktion kan även användas i arbetsboken.

För att spara värden från objekt så använder sig VBA av variabler (variables) och matriser (arrays). För att deklarerar ett bestämt värde som inte kan manipuleras används konstanter

(constants). Uppreningssatser (loops), if-satser (If-Then) och andra kontrollprogrammering sätt är också möjligt att använda. (Walkenbach, 2013, s. 105)

Variabler (variables)

Variabler används för att lagra värden. När man skapar en variabel bör man deklarerar vilken typ av data variabeln är (t.ex. heltal, flyttal, textsträngar) för att få en snabb och effektiv programkod. Variabelns värde kan ändras medan ett makro kör.

Matriser (arrays)

Matriser är, precis som variabler, en plats att lagra data. Skillnaden mellan variabler och matriser är att en matris kan innehålla flera värden samtidigt. En matris består av rader och kolumner vilket kallas dimensioner, utgående från antalet dimensioner så bestäms antalet element som matrisen innehåller. En matris är användbar när man vill lagra eller skriva in stora mängder data i en tabell eller lista.

Uppreningssatser (loops)

Uppreningssatser är programsatser skapade för att kunna köra en VBA-kod upprepade gånger tills att ett förutsatt vilkor möts. Uppreningssatser är effektiva att använda i kombination med matriser, både för att fylla i och hämta data.

(Walkenbach, 2013)

8 Praktiskt genomförande

Detta kapitel kommer att behandla examensarbetets praktiska genomförande. Kapitlet är uppdelat i funktionsspecifikation och systemspecifikation. Funktionsspecifikationen ger en beskrivning av de problem som skall lösas och vilka krav som ställdes på planeringsverktyget. Systemspecifikationen förklarar hur arbetet verkställdes. Alla funktioner som verktyget innehåller kommer att nämnas men endast de mest väsentliga förklaras noggrannare.

8.1 Funktionsspecifikation

Planeringsverktyget är ämnat att hålla den information som samlas in under planeringen av anläggningen. Utgående från den insamlade informationen skall nödvändiga tabeller kunna skapas. Tabellerna diskuteras i kapitel 8.1.1. Verktyget skall också underlätta beräkningar av anslutningseffekter, kortslutningsströmmar och spänningsfall.

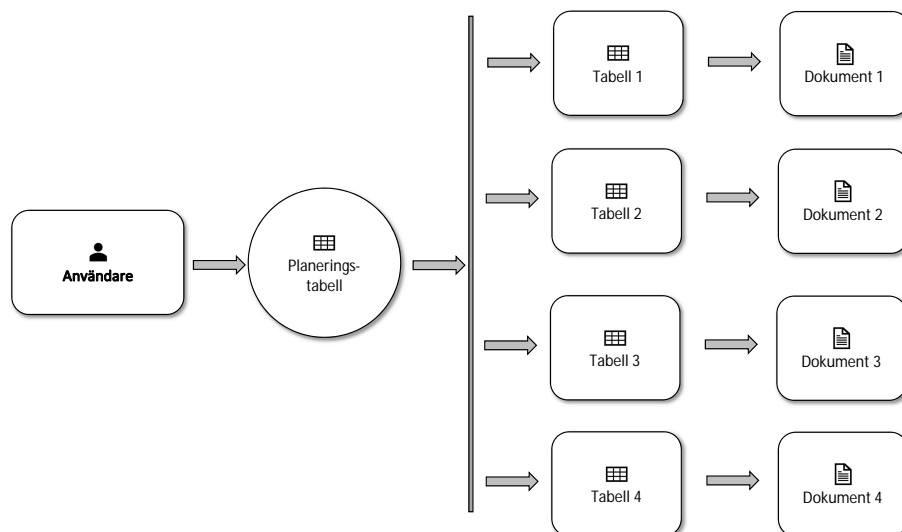
Under arbetets gång utökades antalet funktioner, dels för att det blev uppenbart att de behövdes och dels för att kunskapen om programmering ökade.

8.1.1 Tabeller

För att få en överskådlig planering delas informationen in i särskilda tabeller som senare används vid förverkligandet av anläggningen och slutdokumentationen. Tabellerna kan ses i bilagorna 4–8. De huvudsakliga tabellerna som används är:

- materialförteckning
- grupperingstabell
- belastningstabell
- skyddsrorstabell
- stolp- och fundamenttabell.

Den insamlade informationen som har sparats i planeringsverktyget (planeringstabellen) måste manuellt flyttas över till dessa tabeller. Proceduren för att skapa de nödvändiga dokumenten kan ses i figur 13. Detta innebar att det krävdes mycket tid att skapa och utföra ändringsarbeten i planeringen och att misstag lätt kunde ske. Därför behövdes en lösning som skulle kunna göra att information automatiskt kunde överföras från planeringstabellen till de övriga tabellerna.



Figur 13. Tidigare procedur för att skapa dokument.

8.1.2 Funktioner

De funktioner verktyget skall innehålla, är att kunna:

- ge felmeddelande till användaren om den tillagda information är avvikande från kraven.
- fylla tabellerna med information.
- utföra beräkningar av anslutningseffekt, kortslutningsströmmar och spänningsfall.
- skapa och skriva ut dokument i Excel-, PDF-, och pappersformat.

Under arbetets gång lades följande funktioner till:

- Möjlighet att välja om de importerade tabellerna skall automatiskt fyllas med information.
- Välja språk på de dokument som skapas.
- Skapa en överblickskarta.
- Möjlighet att välja logo som printas på dokumentet.

8.2 Systemspecifikation

Systemspecifikationen ger en förklaring på hur arbetet verkställdes. För att ge läsaren en god uppfattning av lösningen, presenteras helhetslösningen först. Efteråt ges en beskrivning om verktygets layout och en sammanfattning av de funktioner som verktyget innehåller.

Planeringsverktyget valdes att skapas med hjälp av makroprogrammering i Microsoft Excel. Främst för att Excel är ett tillräckligt kraftfullt program, där man kan klara av att skapa de funktioner verktyget bör innehålla och delvis för att företaget redan var bekant med att använda Excel. Verktyget består av en Excel-fil vilket innehåller VBA-kod.

8.2.1 Helhetslösning

Helhetslösningen, se figur 14, kan förklaras med hjälp av fyra delar, användaren, planeringsverktyget, dokumentmallar (templates) och dokument.

1. **Användarens** uppgift är att:

- fylla planeringsverktyget med information.
- ge instruktioner till verktyget.

2. **Planeringsverktyget:**

- innehåller all information om den planerade anläggningen.
- indikera om informationen inte överrensstämmer med kraven på en anläggning.
- kan utföra beräkningar av anslutningseffekter och kortslutningsströmmar.
- innehåller alla tabeller (dokumentmallar) som skilda arbetsblad.
- kan fylla de importerade tabellerna med nödvändig information.

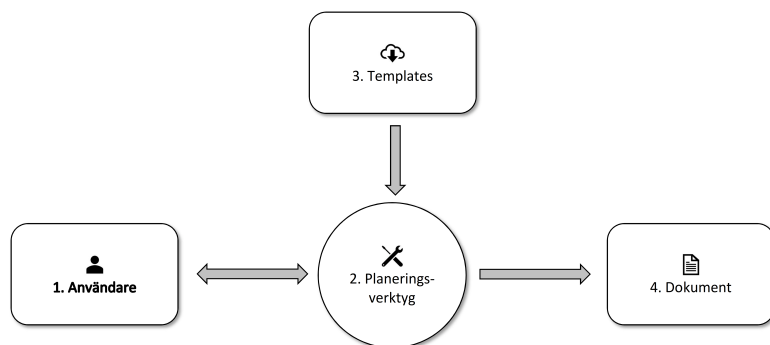
3. **Dokumentmallar:**

- är separata Excel-filer som är sparade på företagets server.
- kopieras in till verktyget som arbetsblad.
- kan också användas separat från verktyget.

4. **Dokument** kan:

- valfritt skrivas ut från verktyget.

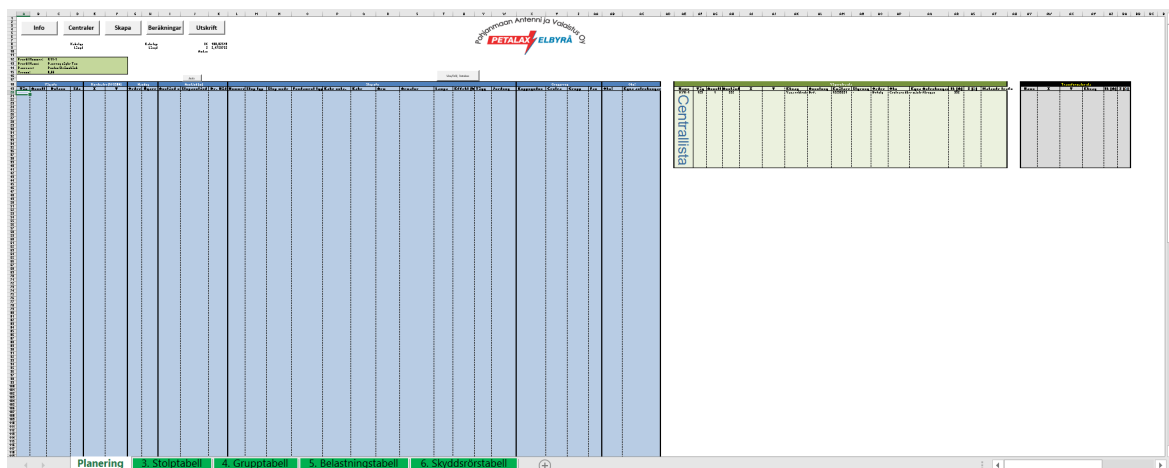
- valfri logo placeras på.
- skrivas ut i Excel-, PDF-, och pappersformat.
- sparas i skilda mappar beroende på filtypen.



Figur 14. Planeringsverktygets process.

8.2.2 Layout

Planeringsverktygets layout kommer att förklaras i detta underkapitel. I figur 15 kan man se ett skärmsklipp från verktygets första sida. Detta arbetsblad, som kallas för ”Planering”, består av fem stycken funktionsknappar, ett fält för allmän projektinformation samt skilda tabeller för ljuspunkterna, centralerna och transformatorerna.



Figur 15. Skärmsklipp från planeringsverktyget.

1. Funktionsknappar

Funktionsknapparna kan ses uppe till vänster i figur 15. När någon av knapparna

aktiveras av användaren, öppnas en dialog ruta där information kan erhållas eller skrivas in. Dessa funktionsknappar diskuteras mer i kapitel 8.2.4.

2. Fältet för projektinformation

Fältet för projektinformation är placerat under funktionsknapparna. Fältet visar allmän information om projektet, bl.a. projektets namn, nummer och plats. Tanken är att ge användaren en snabb överblick av projektet. De texter och värden som visas i detta fält fylls i genom att klicka på knappen ”Info”, som visas i figur 19.

3. Tabellen för ljuspunkterna

Tabellen för ljuspunkterna innehåller teknisk information om anläggningens alla ljuspunkter. Tabellen innehåller 200 rader och 29 kolumner. Ljuspunkterna skrivs in radvis, vilket betyder att max 200 ljuspunkter kan användas. Varje kolumn innehåller specifik information om ljuspunkten, som t.ex. vägadress, koordinater, stolptyp, armaturtyp, osv.

4. Tabellerna för centralerna och transformatorerna

Informationen om anläggningens centraler och transformatorer förs antingen direkt in i respektive tabell eller genom att använda funktionsknappen ”Centraler”. Tabellerna är skapade på motsvarande vis som tabellen för ljuspunkterna, bara att mindre rader och kolumner används. Vid användning av knappen ”Centraler” öppnas en dialogruta där motsvarande information som i tabellen skall fyllas i. Tanken med dialogrutan är att användaren lättare skall få en överblick om centralens eller transformatorns information.

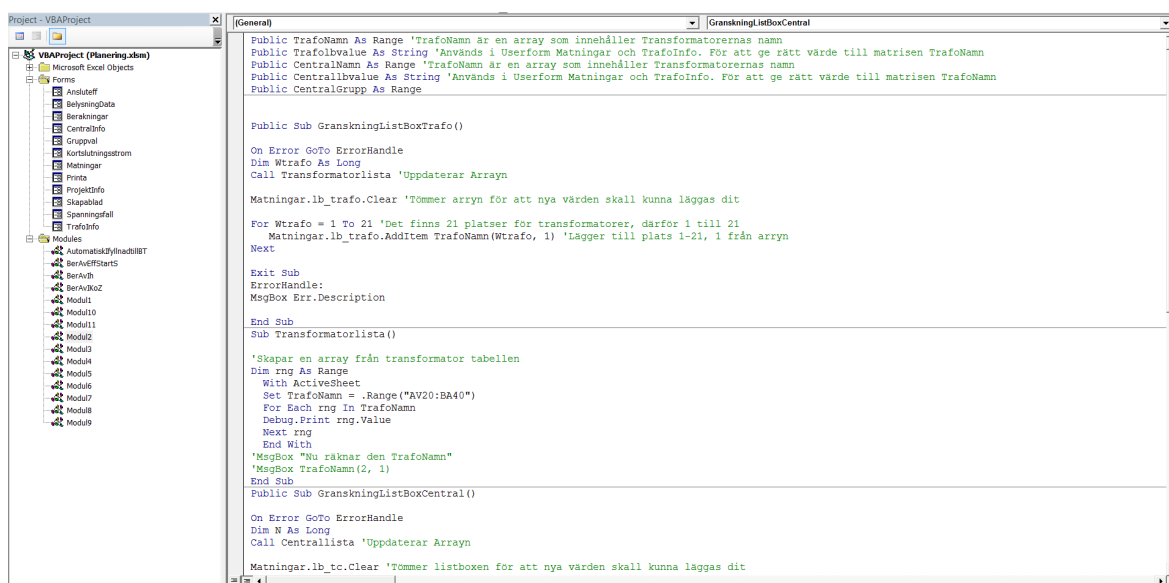
5. Arbetsblad

När man skapar de nödvändiga tabellerna, som nämns i kapitel 8.1.1, läggs de till som nya arbetsblad i verktyget. Tabellerna läggs till genom att använda knappen ”Skapa”. Längst ner i figur 15 kan man se ett exempel på hur det ser ut när tabellerna har lagts till.

8.2.3 Programkod

I detta underkapitel diskuteras kodens uppbyggnad och ett exempel ges på hur koden för varningsindikering är programmerad.

Programkoden har delats in i olika moduler och procedurer för att få en lätthanterlig och strukturerad kod. Detta är viktigt när felsökning i koden behövs och om ytligare kod skall läggas till i framtiden. Modulernas och procedurernas användning tas upp i kapitel 7.2.1. Planeringsverktygets kod består av, i skrivande stund, 12 användarformulär, 15 moduler och över 100 procedurer. I figur 16 ser man alla de användarformulär och moduler som ingår i verktyget. Kodens konstanter, variabler och matriser har deklarerats med passande namn samt en lämplig datatyp har angivits, för att verktyget skall kräva så lite arbetsminne som möjligt.



```

Public TrafoNamn As Range 'TrafoNamn är en array som innehåller Transformatorernas namn
Public TrafoIbvalue As String 'Används i Userform Matningar och TrafoInfo. För att ge rätt värde till matrisen TrafoNamn
Public CentralNamn As Range 'TrafoNamn är en array som innehåller Transformatorernas namn
Public CentralIbvalue As String 'Används i Userform Matningar och TrafoInfo. För att ge rätt värde till matrisen TrafoNamn
Public CentralGrupp As Range

Public Sub GranskingListBoxTrafo()
On Error GoTo ErrorHandler
Dim Wtrafo As Long
Call Transformatorlista 'Uppdaterar Arrayn

Matningar.lb_trafo.Clear 'Tömmer arrayn för att nya värden skall kunna läggas dit
For Wtrafo = 1 To 21 'Det finns 21 platser för transformatorer, därför 1 till 21
Matningar.lb_trafo.AddItem TrafoNamn(Wtrafo, 1) 'Lägger till plats 1-21, 1 från arrayn
Next

Exit Sub
ErrorHandler:
MsgBox Err.Description
End Sub

Sub Transformatorlista()
'Skapar en array från transformator tabellen
Dim rng As Range
With ActiveSheet
Set TrafoNamn = .Range("A720:BA40")
For Each rng In TrafoNamn
Debug.Print rng.Value
Next rng
End With
'MsgBox "Nu räknar den TrafoNamn"
'MsgBox TrafoNamn(2, 1)
End Sub

Public Sub GranskingListBoxCentral()
On Error GoTo ErrorHandler
Dim N As Long
Call CentralIbvalue 'Uppdaterar Arrayn

Matningar.lb_tc.Clear 'Tömmer listboxen för att nya värden skall kunna läggas dit

```

Figur 16. Skärmbild i VBE från verktyget.

Programkod för varningsindikering

Varningsindikeringarna i verktyget används för att uppmärksamma användaren att en cells angivna värde är avvikande från anläggningens krav. Kriterierna för varningarna är färdigt angivna i enlighet med trafikverkets krav, men användaren har också möjlighet att ändra dem. Det kan antingen utföras i särskilda celler som finns i arbetsbladet "Planering" eller i programkoden. Ett exempel på hur en varningsindikering ser ut i verktyget kan ses i figur 17.

Stolpavstånd
50
50
53
48
57

Figur 17. Varningsindikering i ljuspunktstabellen.

Programkoden för de olika indikeringarna består av totalt 12 procedurer. De två procedurer som berör varningsindikeringen för minsta samt största tillåtna avstånd mellan två ljuspunkter kan ses i figur 18. Den första proceduren granskar om något värde, i det angivna området, ändras. När ett värde ändras, anropas nästa procedur. Den andra proceduren kontrollerar, med hjälp av en upprepningssats, cellernas värden inom det specificerade området. Är någon cells värde avvikande från de angivna kriterierna så tilldelas cellen en röd färg, vilket kan ses i figur 17.

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)

    ' Ändras ett värde inom området J20:J229 körs proceduren StolpAvstandG
    If Not Application.Intersect(Target, Range("J20:J229")) Is Nothing Then
        Call StolpAvstandG
    End If

End Sub

Sub StolpAvstandG()
    Dim rng As Range
    Dim Row As Range
    Dim cell As Range

    Dim AvstandMax As String 'Variable som innehåller maximala avståndet mellan stolpar
    Dim AvstandMin As String 'Variable som innehåller minsta avståndet mellan stolpar

    Set rng = Range("J20:J229") ' Anger en range till rng

    AvstandMax = Range("X4") ' Anger cell X4's värde till variabeln
    AvstandMin = Range("X5") ' Anger cell X5's värde till variabeln

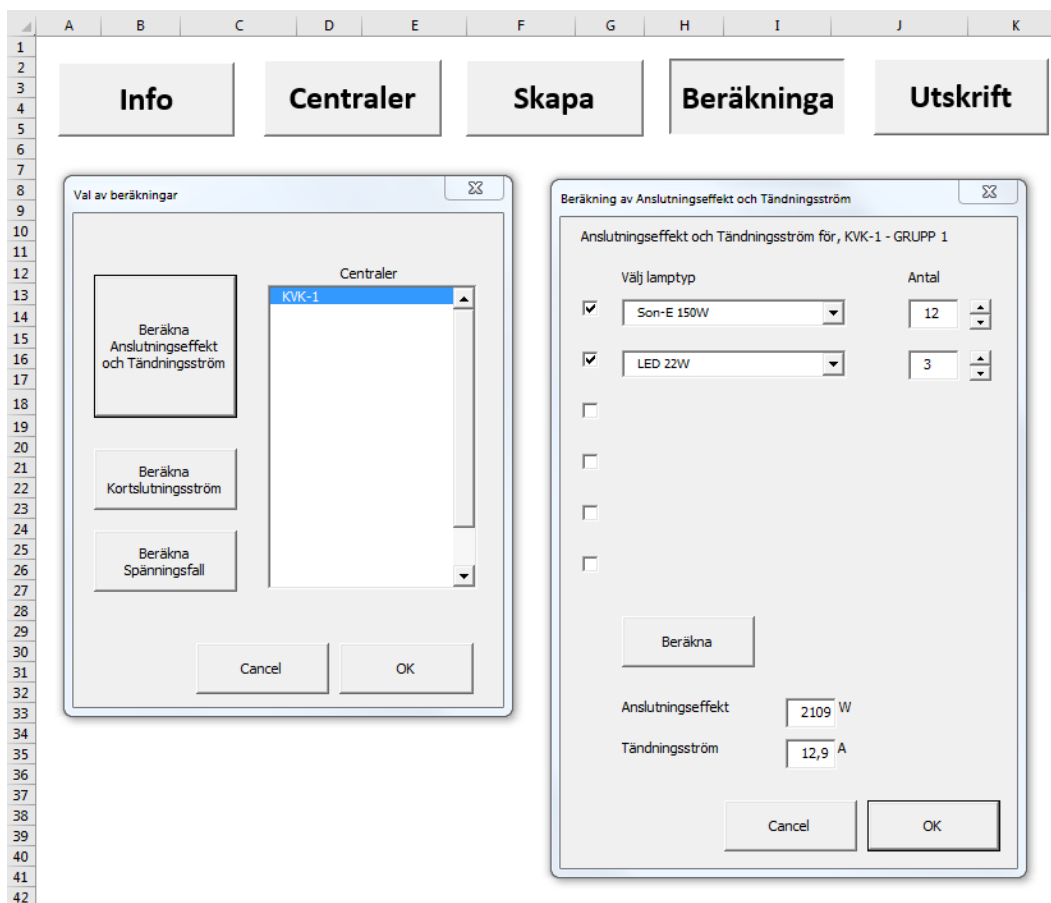
    ' Loopar igenom alla celler i rng och testat om värdet är OK.
    ' Är cellens värde OK ges en blåfärg, annars en rödfärg
    For Each Row In rng.Rows
        For Each cell In Row.Cells
            If cell.Value <= AvstandMax And cell.Value >= AvstandMin Or IsEmpty(cell) Then
                cell.Interior.Color = RGB(184, 204, 228)
            Else
                cell.Interior.Color = vbRed
            End If
        Next cell
    Next Row

End Sub
```

Figur 18. Programkod för varningsindikering.

8.2.4 Funktionsknappar

Detta underkapitel går igenom knapparnas funktioner. Verktygets funktionsknappar kan ses längst upp i figur 19, dialogrutan som visas är för knappen ”Beräkningar”, som förklaras noggrannare i punkt 4. Dialogrutorna är uppbyggda med hjälp av användarformulär. Till följande ges en förklaring om vad som händer när man trycker på någon av de fem funktionsknapparna.



Figur 19. Funktionsknapparna och dialogruta för beräkning av anslutningseffekt.

1. Info

Öppnar en dialogruta där man fyller i den allmänna informationen om projektet, som t.ex projektets namn och kund. Här anger man även kriterien för det minsta och maximala tillåtna avståndet mellan ljuspunkterna.

2. Centraler

Öppnar en dialogruta där användaren kan välja att lägga till/redigera eller ta bort centraler och transformatorer. Genom att lägga till en central/transformator öppnas ytterligare en dialogruta vilket innehåller textrutor där informationen om centralen/transformatorn matas in.

3. Skapa

Öppnar en dialogruta där man kan välja vilka tabeller (se kapitel 8.1.1) som skall importeras till verktyget. Tabellerna kopieras från dokumentmallarna som är sparade på företagets server och läggs till som arbetsblad i verktyget. Man kan också välja om

de importerade tabellerna automatiskt skall fyllas med information samt vilket språk de skall ha.

4. Beräkningar

Öppnar en dialogruta, som kan ses i figur 19, där man kan välja vilken central och grupp man skall utföra en beräkning på. Efter anger man vilka lamptyper som används och antalet, då räknar verktyget ut gruppens anslutningseffekt samt tändström. Värdena som erhålls från uträkningen sparas i två separata variabler, vilket kan användas för att automatiskt fylla i belastningstabellen.

5. Utskrift

Öppnar en dialogruta där användaren kan specificera utskriften av tabellerna. Användaren kan välja att skriva ut tabellerna i Excel-, pdf- eller pappersformat. Efteråt väljer man vilka tabeller som skall skrivas ut samt vilken logo som skall placeras på dokumenten.

9 Resultat

Målet för examensarbetet var att få fram ett planeringsverktyg som skulle effektivisera sammanställningen av dokumentation för vägbelysningsanläggningar. Planeringsverktyget skulle fungera som en utgångspunkt, där planeringens information kunde bearbetas, utformas och sparas. Verktyget skulle också underlätta beräkningar av anslutningseffekter, kortslutningsströmmar och spänningsfall. Slutresultatet blev ett automatiserat planeringsverktyg, skapat med hjälp av makroprogrammering i Microsoft Excel.

Alla de krav som ställdes i funktionsspecifikationen (kapitel 8.1), förutom beräkning av spänningsfall, kan konstateras vara uppfyllda. Beräkning av spänningsfall är fortfarande i behov av utveckling eftersom det endast kan utföras i grupper där kabelarean och armaturena är av samma typ. Problemet skulle kunna lösas genom att skapa en programkod, vilket stegvis kan plocka ut de nödvändiga värdena ur en matris som skulle innehålla bl.a. gruppens alla kabel- och armaturtyper.

Programkoden skulle kunna optimeras ytterligare, bl.a. variabelernas datatyper skulle kunna vara mer ändamålsenlig. Men eftersom koden är relativt liten skulle den ökade prestandan vara marginell.

Lösningen för att utföra ändringsarbeten i planen, som krävde mycket tid, uppnåddes genom att samtliga tabeller hämtar information från arbetsbladet ”Planering”, som kan ses i figur 15. Detta innebär att ifall ett ändringsarbete behöver göras i planeringen, så skall endast informationen ändras i detta arbetsblad.

Planeringsverktyget har redan använts under flera vägbelysningsprojekt och det har konstateras vara till stor nytta. Sammanställning av dokumentationen löper snabbare och mindre misstag förekommer vilket ger tidsbesparingar samt fokus kan läggas på andra uppgifter.

10 Diskussion

Mina tidigare erfarenheter med att sammanställa dokumentation för vägbelysningsanläggningar åt PAV, var till stor nytta vid skapandet av funktionsspecifikationen för planeringsverktyget. De problem som behövde lösas var tydliga, det var endast hur och med vilken typ av program som behövde fastställas.

Layouten försökte jag få så användarvänlig och stilren som möjligt, för att göra användningen snabbare samt smidigare. Detta anser jag vara ytterst viktigt för att få nya användare att snabbt lära sig alla funktioner och kunna använda verktyget till fullo.

Programkoden blev betydligt större än vad jag hade förväntat mig. Detta beror delvis på att extra funktioner lades till under arbetets gång, men främst för att mängden användarformulär som behövdes blev fler än förväntat. Programkod som involverar andra arbetsböcker blev väldigt komplexa att arbeta med, men eftersom Microsoft Excel är ett populärt program kunde man hitta flera förslag till lösningar på diverse forum.

Tekniken för LED-armaturer, som diskuteras i kapitel 4.5, har utvecklats mycket under de senaste åren vilket också gör att egenskaperna har förbättrats, detta medför svårigheter att hitta pålitliga och uppdaterade källor.

Det fanns även planer att göra så att verktyget skulle kunna arbeta emot ett ritprogram. Detta skulle innebära att automatiskt skapa en planritning, genom att objekt väljs och ritas in med hjälp av information från verktyget. Men under arbetets gång bytte företaget ritprogram vilket medförde att idén slopades. Detta kunde vara ett förslag till framtida tilläggfunktioner för verktyget. Ett annat förslag är att skapa en databas där värdena för variabler och komponenter skulle kunna sparas. I den nuvarande versionen av verktyget sparas värdena på olika platser vilket gör att programkoden blir diffus.

Jag är själv nöjd med slutresultatet av examensarbetet, även fast inte alla förväntningar på planeringsverktyget uppnåddes. Jag tillbringade ungefär 200 timmar att programmera i Excel vilket jag anser har givit mig goda kunskaper att skapa och hantera programkod i VBA. En anläggnings alla komponenter och deras funktionsprinciper har jag fått bättre kunskaper om, samt om de krav och standarder som Trafikverket kräver.

Slutligen skulle jag vilja tacka alla parter som har varit involverad i detta examensarbete.

Källförteckning

- Bommel, W. (2014). *Road Lighting: Fundamentals, Technology and Application*. Springer International Publishing.
- DIALux (2017). Dialux evo manual. [ONLINE]
http://en.wiki.dialux.com/index.php/Main_Page [hämtat: 26.10.2017].
- Halpeth, T., & Team, T. (2004). *Light Right a practising engineer's manual on energy-efficient lighting: prospects and constraints*. TERI Press.
- Liikennevirasto (2015). Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. [ONLINE]
https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf#
[hämtat: 26.10.2017].
- Liikennevirasto (2016). Tien valaisimien laatuvaatimukset. [ONLINE]
https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/ohje_2016_tien_valaisimien_web.pdf
[hämtat: 13.10.2017].
- Liikennevirasto (2017). Törmäysturvallisten valaisinpylväiden tunnistaminen ja kiipeämisrajoitukset. [ONLINE]
https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/ohje_2017_tormaysturvallisten_valaisinpylvaiden_web.pdf [hämtat: 22.11.2017].
- Rakennustietosäätiö (2009). *InfraRYL 2006*. Rakennustieto Oy.
- Sørensen, K. (2013). Road lighting. [ONLINE]
<http://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/03/Road-lighting.pdf> [hämtat: 5.10.2017].
- Starby, L. (1983). *Handbok I Belysningsteknik*. Ljuskultur.
- Starby, L. (2006). *En bok om belysning*. Ljuskultur.
- Walkenbach, J. (2013). *Excel VBA programming for dummies*. John Wiley & Sons.
- Wall, L. (2006). *Lärobok I Belysningsteknik*. Ljuskultur.

Figurförteckning

Figur 1.	Ljusets spektrum.....	3
Figur 2.	$V(\lambda)$ kurvan.	4
Figur 3.	Olika typer av lampor.	10
Figur 4.	Kvicksilverlampa.....	11
Figur 5.	Högtrycksnatriumlampa.	12
Figur 6.	Lågtrycksnatriumlampa.	12
Figur 7.	En högeffektiv lysdiods komponenter.	13
Figur 8.	Exempel på placeringar av jordningspunkter.	16
Figur 9.	Editor för gatuscheman i DIALux.....	22
Figur 10.	Ljustekniska resultat efter optimering i DIALux.	23
Figur 11.	Resultatkonfiguration i DIALux.....	23
Figur 12.	Visual Basic Editorn.....	25
Figur 13.	Tidigare procedur för att skapa dokument.....	28
Figur 14.	Planeringsverktygets process.	30
Figur 15.	Skärmsklipp från planeringsverktyget.	30
Figur 16.	Skärmsklipp i VBE från verktyget.....	32
Figur 17.	Varningsindikering i ljuspunktstabellen.	32
Figur 18.	Programkod för varningsindikering.	33
Figur 19.	Funktionsknapparna och dialogruta för beräkning av anslutningseffekt. .	34

























Tabellförteckning

Tabell 1.	M-klassens ljustekniska krav.....	7
Tabell 2.	C-klassens ljustekniska krav	8
Tabell 3.	M- och C-klassens motsvarighet.....	8
Tabell 4.	P-klassens ljustekniska krav.....	8
Tabell 5.	M-klass valparametrar.	9
Tabell 6.	Jämförelse av ljuskällor.....	10
Tabell 7.	Minsta utlösningströmmar som krävs för gG-smältskydd.	20

Markering på armatur för typ av ljuskälla

Labels on the lamp type and the nominal wattage of the lamp in outdoor lighting

13.4.2016

Nominal wattage		35W	50W	70W	80W	100W	125W	150W	250W	400W	Lamp type
											Mercury vapour lamp
											Metal halide lamp
											High-pressure sodium lamp, ellipsoid
											High-pressure sodium lamp, tubular

A label showing the lamp type and the nominal wattage of the lamp shall be attached to the outer surface of the luminaire so that it is as easily visible to the users as possible.

The label shall be attached to the outside of the luminaire so that it is exposed to direct sunlight as little as possible.

In the case of luminaires with bi-power ballasts, the label shall be changed if the wattage of the luminaire is changed during use (does not apply to lighting control).

The labels shall not fall off the luminaires, fade or change colour significantly within 30 years.

Belysningsklasser vid 1-steps och 2-steps dimring

13.4.2016

Appendix 3. Outdoor lighting dimming table

LED luminaires

The dimming of LED luminaires is implemented in 2 steps in accordance with the times and lighting classes stated below. The times are indicative. In pre-programmed luminaire control, the times are usually determined by the median point of the period of darkness, which varies by location (on average, approx. 00:20). In the C classes, a luminance and illuminance class correspondence table is used. The dimming is implemented in accordance with the M classes.

Lighting class	Lighting classes for variable lighting	Time, the starting hour																		
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
M1, C0 and C1	M1 – M2 – M3 – M2 – M1	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M2, C2	M2 – M3 – M4 – M3 – M2	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M3a, C3	M3 – M4 – M5 – M4 – M3	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M3b	M3 – M4 – M5 – M4 – M3	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M4, C4	M4 – M5 – M6 – M5 – M4	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100
M5, C5	M5 – M6 – P5 – M6 – M5	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100
M6	M6 – P5 – P6 – P5 – M6	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	40	40	40	40	60	70	100	100	100
		Residual average illuminance percentage																		
P1	P1 – P2 – P3 – P2 – P1	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
P2	P2 – P3 – P4 – P3 – P2	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
P3	P3 – P4 – P5 – P4 – P3	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100
P4	P4 – P5 – P6 – P5 – P4	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100

Luminaires with discharge lamps

The dimming of luminaires with discharge lamps is implemented in 1 step in all lighting classes in accordance with the table below.

Type of lighting	Time, the starting hour																		
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Road and street lighting, electronic controlgear **)	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	60	60	60	100	100	100	100	100
Road and street lighting, traditional controlgear ***)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sport area lighting, lighting turned off at night	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

**) Metal halide luminaires are dimmed to 80% for 15 minutes as the lighting dimming value changes.

***) The dimming of lighting is implemented with a bi-power ballast and an automatic control relay. The dimming begins 2 h before and ends 5 h after the median point of the period of darkness.

Exempel på belysningsberäkning

Belysning av väg

Datum: 02.10.2017
Handläggare: Pontus Strömsbäck

Handläggare Pontus Strömsbäck
Telefon
Fax
e-post

Innehållsförteckning

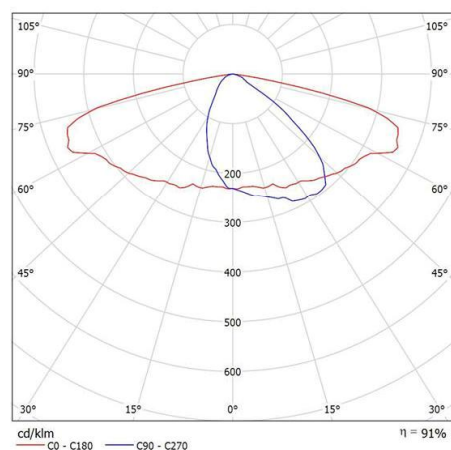
Belysning av väg	
Titelsida	1
Innehållsförteckning	2
PHILIPS BGP303 T25 DM12 /740	
Armaturodata	3
Gata 1	
Planeringsdata	4
Ljustekniska resultat	5

Handläggare Pontus Strömsbäck
Telefon
Fax
e-post

PHILIPS BGP303 T25 DM12 /740 / Armaturdata

Ljusöppning 1:

En armaturbild framgår av vår produktkatalog.



Armaturklassificering enligt CIE: 100
CIE-ljuskod: 39 75 97 100 91

Eftersom symmetriegenskaper saknas kan ingen
UGR-tabell visas för denna armatur.

Handläggare Pontus Strömsbäck
 Telefon
 Fax
 e-post

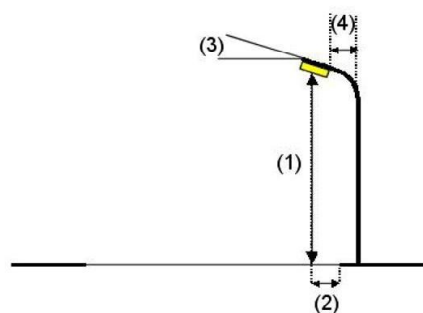
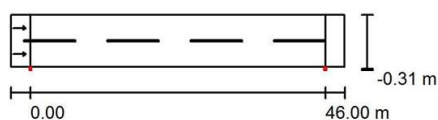
Gata 1 / Planeringsdata

Vägprofil

Körbana 1 (Bredd: 8.000 m, Antal körfält: 2, Ytbeläggning: R3, q0: 0.070)

Underhållsfaktor: 0.75

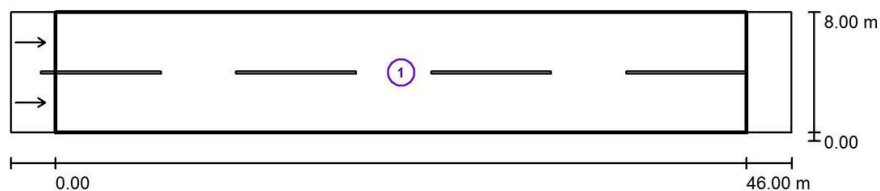
Armaturlaceringar



Armaturl:	PHILIPS BGP303 T25 DM12 /740	
Ljusflöde (Armaturl):	9603 lm	Ljusstyrkans högsta värde
Ljusflöde (Ljuskälla):	10611 lm	vid 70°: 727 cd/klm
Totaleffekt/armaturl:	71.0 W	vid 80°: 148 cd/klm
Anordning:	ensidigt nertill	vid 90°: 1.80 cd/klm
Stolpavstånd:	46.000 m	Åt alla håll som bildar angiven vinkel med nedre vertikala vid fungerande, monterade armaturer.
Monteringshöjd (1):	9.097 m	Ingen ljusstyrka ovanför 95°.
Ljuspunktshöjd:	9.000 m	Placering uppfyller ljusstyrkeklassen G2.
Överhäng (2):	-0.300 m	Placering uppfyller bländindexklassen D.4.
Armlutning (3):	5.0 °	
Stolparmslängd (4):	1.492 m	

Handläggare Pontus Strömsbäck
 Telefon
 Fax
 e-post

Gata 1 / Ljustekniska resultat



Underhållsfaktor: 0.75

Skala 1:372

Bedömningsfält lista

- 1 Bedömningsfält Körbana 1
 Längd: 46.000 m, Bredd: 8.000 m
 Rutsystem: 16 x 6 Punkter
 Tillhörande gatudetaljer: Körbana 1.
 Ytbeläggning: R3, q0: 0.070, Ytbeläggning (vått): W2, q0 (vått): 0.150
 Vald belysningsklass: MEW5
 (Alla fotometriska krav uppfylls.)

	L_{med} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR	U0 (vått)
Är-värde enligt beräkning:	0.68	0.55	0.65	13	0.66	0.20
Bör-värde enligt klass:	≥ 0.50	≥ 0.35	/	≤ 15	≥ 0.40	≥ 0.15
Uppfylls/uppfylls ej:	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Belastningstabell

Central beteckning	X-Kordinat (WGS84)	Y-Kordinat (WGS84)	Grupp	SpNa 70	SpNa 150	SpNa 250	Kvicksilver 125	Kvicksilver 400	Anslutnings effekt (W)	Tändningsström (A)	Säkring	Kortslutningsström (A)	Spänningsfall (%)
			1										
			2										
			3										
			4										
			Totalt	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
			1										
			2										
			3										
			4										
			Totalt	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
			1										
			2										
			3										
			4										
			Totalt	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
			1										
			2										
			3										
			4										
			Totalt	0	0	0	0	0	0	0	0,0		

