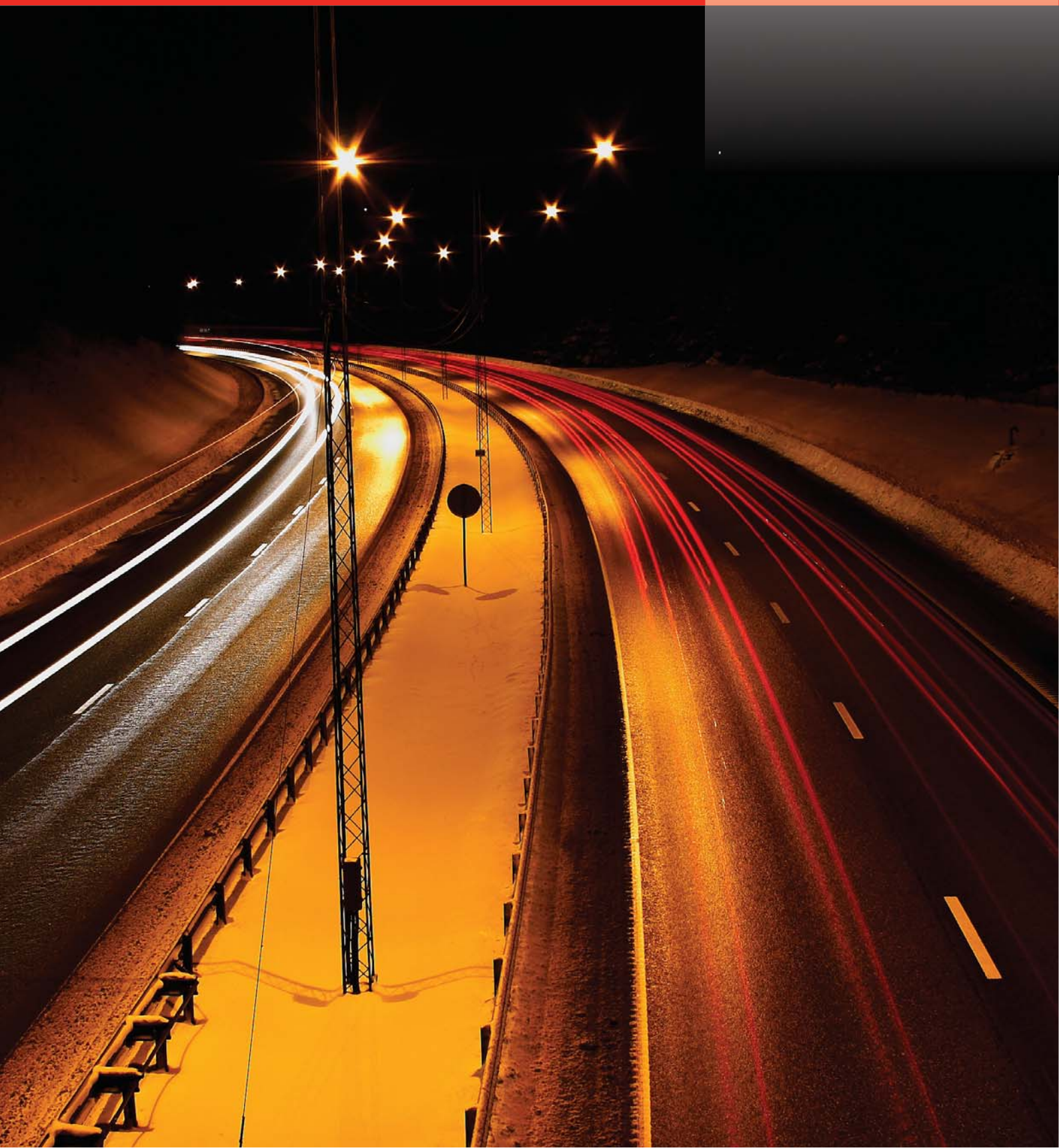




TRAFIKVERKET

Vägbelysningshandboken



Medverkande etc.

Vägbelysningshandboken har sammanställts av:
Carina Fors på Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI).

Uppdragsgivare: Peter Aalto, Trafikverket

Referensgrupp:

Peter Aalto, Trafikverket

Henrik Gidlund, Trafikverket

Petter Hafdell, Trafikverket

Joakim Frank, Trafikverket

Anna Albrechtsson, Stockholms stad

Sven-Olof Lundkvist, VTI

Bilder: Carina Fors, VTI, om inget annat anges.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Om handboken	1
1.2	Regelverk och standarder	2
1.3	Entreprenad och upphandling	3
1.4	Energi och miljö	3
1.5	Ljusstilgning och ljusdesign	4
1.6	Facklitteratur och läroböcker	4
Del 1		5
2	Att se i mörker – vägbelysningens funktion ur ett trafikantperspektiv	6
2.1	Trafikanterns behov av vägbelysning	8
2.2	Vägbelysningens funktion	9
3	Vägbelysning: begrepp och definitioner	10
3.1	Ljusterminologi	10
3.2	Belysningskvalitet	11
3.2.1	Belysningstekniska kvalitetsegenskaper	11
3.2.2	Vägytans egenskaper	13
3.2.3	Ljuskällans och armaturens egenskaper	13
3.3	Belysningsklasser	16
3.3.1	Vägbelysningsklasser	16
3.3.2	Avskärnings- och bländningsklasser	16
4	Allmänna principer för vägbelysningsanläggningar	18
4.1	Anordna belysningen så att den motsvarar trafikanternas behov	18
4.2	Anpassa anläggningen till omgivningen	18
4.3	Anpassa belysningsnivån till omgivningen	19
4.4	Undvik bländning	19
4.5	Minimera mängden ljusföroreningar	20
4.6	Beakta skuggning från träd och andra objekt	21
4.7	Minimera energiförbrukningen	21
4.8	Beakta driftsaspekter	21
Del 2		23
5	Utformning av vägbelysningsanläggning	24
5.1	Belysning eller inte	24
5.2	Särskilda krav eller rekommendationer	25
5.3	Belysningsklass	25
5.4	Anläggningstyp	25
5.5	Ljuspunktsplacering	26
5.6	Stolpplacering	28
5.7	Belysningsstolpar, linor och fundament	30
5.8	Armaturer	31
5.9	Ljuskällor	33
5.10	Styrning och övervakning	36
5.11	Belysningstekniska beräkningar	37
5.12	Ekonomiska beräkningar	37

6	Landsbygd	39
6.1	Vägsträckor.....	39
6.2	Korsningar och trafikplatser	42
6.2.1	Plankorsningar på belysta vägar	42
6.2.2	Plankorsningar på obelysta vägar	42
6.2.3	Cirkulationsplatser	43
6.2.4	Trafikplatser på belysta vägar	43
6.2.5	Trafikplatser på obelysta vägar	44
6.2.6	Påfarter/avfarter på obelysta vägar	44
6.3	Broar	44
6.4	Övergångsställen.....	45
6.5	Sidoanläggningar	46
6.5.1	Busshållplatser på belysta vägar	46
6.5.2	Busshållplatser på obelysta vägar	46
6.5.3	Rastplatser	46
7	Tätort	48
7.1	Vägsträckor.....	48
7.2	Korsningar och cirkulationsplatser	50
7.2.1	Korsningar	50
7.2.2	Cirkulationsplatser	51
7.3	Broar	51
7.4	Öppna platser	52
7.4.1	Torg	52
7.4.2	Bussterminaler och busshållplatser	52
7.4.3	Parkeringsplatser	53
7.5	Övergångsställen.....	53
7.5.1	Synbarhetsförbättrande åtgärder vid övergångsställe	54
7.5.2	Belysning med ordinarie vägbelysning	55
7.5.3	Intensivbelysning	56
7.5.4	Övergångsställen med ljus bakgrund	57
7.5.5	Övergångsställen med mörk bakgrund	58
7.5.6	Övergångsställen med visuellt komplex bakgrund	60
7.5.7	Belysning av övergångsställen på obelysta gator	61
8	Gång- och cykelvägar	63
8.1	Gång- och cykelvägar	63
8.2	Gång- och cykelvägar intill körbanor.....	66
9	Checklista för projektering	69
	Bilaga 1 – Ordförklaringar och förkortningar.....	71
	Bilaga 2 – Belysningsklasser.....	73
	M-klasser.....	73
	C-klasser	73
	Omvandlingstabell för M-klasser och C-klasser	74
	P-klasser	75
	Avskärmningsklasser (G-klasser).....	75
	Bländningsklasser baserade på GR-index	76
	Bländningsklasser baserade på bländtalsindex.....	77
	Ljuskvalitetsklasser	77

Bilaga 3 – Vägbeläggnings reflexionsegenskaper.....	79
Bilaga 4 – Bibehållningsfaktor	82
Bilaga 5 – Adaptationssträckor	86
Bilaga 6 – Stolplacering	88
Cirkulationsplatser	88
Korsningar	90
Trafikplatser.....	98
Bilaga 7 – Relaterade publikationer och länkar	100
Standarder och regelverk	100
Handböcker, rådgivande dokument och rapporter	100
Facklitteratur och läroböcker	101
Forskning	101
Programvara för belysningstekniska beräkningar	101
Verktyg för beräkning av livscykelkostnader	101

1 Inledning

Vägbelysningens huvudsakliga funktion är att förbättra synförhållandena i trafiken under dygnets mörka timmar. Väg- och gatubelysning kan bidra till att minska risken för mörkerolyckor, öka komforten, tillgängligheten och framkomligheten, ge en tryggare miljö, motverka brottslighet och skadegörelse, samt skapa trivsel och atmosfär.

Vägbelysning används i huvudsak i tätbebyggda områden där trafikmiljön är komplex och där många oskyddade trafikanter vistas. Olycksstatistik och forskning talar för att väg- och gatubelysning förbättrar trafiksäkerheten. Framför allt bidrar belysning till en säkrare och mer framkomlig trafikmiljö för oskyddade trafikanter.

Huvudprincipen är att vägbelysning ska användas där man kan förvänta sig att den fyller en funktion för trafikanterna, till en rimlig kostnad. En annan grundläggande princip är att vägbelysningen ska vara energi- och miljöeffektiv, dvs. goda synförhållanden ska uppnås med så låg energiåtgång och så liten miljöpåverkan som möjligt.

1.1 Om handboken

Vägbelysningshandboken syftar till att komplettera de krav och råd för vägbelysning som ges av *Vägar och gators utformning* (VGU). Avsikten är att handboken ska fungera som ett stöd vid planering och projektering av vägbelysningsanläggningar, genom att ge kunskap och vägledning som förklarar och konkretiserar de riktlinjer som finns i VGU.

Handbokens första del, som omfattar kapitel 2–4, beskriver vägbelysningens funktion och egenskaper i generella och grundläggande termer. I dessa kapitel beskrivs bland annat mörkerseende, trafikanters behov, definitioner och begrepp, samt allmänna principer för utformning av en vägbelysningsanläggning. Del 1 rekommenderas särskilt till den som efterfrågar grundläggande kunskaper om vägbelysning.

Handbokens andra del inleds med ett kapitel som innehåller generella råd och rekommendationer för utformning av en vägbelysningsanläggning, vad gäller till exempel ljuspunktsplacering, stolplacering och val av ljuskälla (kapitel 5). Därefter följer tre kapitel med konkreta rekommendationer och förslag till utformning för vägbelysningsanläggningar på landsbygd, i tätort och på GC-vägar (kapitel 6–8). Sist i den andra delen finns en checklista för projekteringen. Del 2 utgör handbokens huvudsakliga innehåll och är avsedd att fungera som ett stöd vid planering och projektering.

En belysningsanläggning kan utformas på många olika sätt. Det finns sällan *ett* rätt sätt, utan det går ofta att hitta olika lösningar som funktionellt sett är likvärdiga. Många gånger är det platsspecifika faktorer, såsom till exempel tillgängligt utrymme, typ av miljö, befintliga anläggningar eller mängden omgivningsljus som avgör vad som är den mest lämpliga utformningen. Dessutom sker det en ständig teknisk utveckling där nya lösningar och alternativ görs tillgängliga. Handboken innehåller därför inga färdiga typlösningar, utan istället ges generella utformningsförslag på en övergripande nivå. Tanken är att de förslag och råd som ges i handboken ska vara konkreta och tillämpbara, men samtidigt ge projektören utrymme att själv välja den lösning som passar bäst i det specifika fallet.

Handboken omfattar väg- och gatubelysning för tätort och landsbygd. Riktlinjer för tunnelbelysning finns för närvarande i VGU, men kommer att flyttas till nästkommande utgåva av Trafikverkets kravdokument *TRVK Tunnel 11*. För brobelysning hänvisas till

Trafikverkets kravdokument *TRVK Bro 11*. För andra speciella anläggningar hänvisas till VGU.

Handboken är inriktad på utformning av väg- och gatubelysning ur ett trafikantperspektiv, utifrån de krav och riktlinjer som finns i VGU. Nedan finns hänvisningar till dokument och publikationer som rör andra aspekter av belysning: standarder, entreprenad och upphandling, energi och miljö samt ljusgestaltning. I Bilaga 7 finns en fullständig litteraturförteckning.

I handboken används begreppen *vägbelysning* eller *belysning*, för att beskriva all slags väg- och gatubelysning.

1.2 Regelverk och standarder

Svenska krav och råd för vägbelysning ges av VGU. Regelverkets kravdel är styrande för det statliga vägnätet, dvs. de vägar Trafikverket ansvarar för. För kommunerna fungerar VGU som ett rådgivande dokument.

VGU består sedan 2012 av tre delar:

- Övergripande krav för vägars och gators utformning (TRVÖK Vägars och gators utformning)
- Krav för vägars och gators utformning (TRVK Vägars och gators utformning)
- Råd för vägars och gators utformning (TRVR Vägars och gators utformning)

Den första delen, *TRVÖK Vägars och gators utformning*, omfattar krav på samhällsnytta, systemstandard och livscykelkostnader. Den andra delen, *TRVK Vägars och gators utformning* innehåller krav som återopas i kontrakt, och som används för upphandling av bland annat planering och projektering. Den tredje delen, *TRVR Vägars och gators utformning*, innehåller råd och rekommendationer om hur kraven ska tolkas och tillämpas. Förkortningen *VGU* används fortsättningsvis i det här dokumentet som ett samlat begrepp för de tre delarna, om inget annat anges.

Utöver VGU har Trafikverket tagit fram tekniska kravdokument för vägbelysning: *Belysningsarmaturer (TDOK 2013:0651)* och *Styrsystem för belysningsanläggningar, vägbelysning (TDOK 2013:0580)*

Riktlinjerna i VGU bygger delvis på internationella standarder framtagna av *European Committee for Standardization (CEN)*. Dessa standarder har anpassats till svenska förhållanden utifrån erfarenhet och tillgänglig kunskap. Regelverken har i vissa fall en direkt och vetenskapligt bevisad koppling till trafiksäkerhet eller andra för trafikanterna relevanta aspekter men dess huvudsakliga syfte är att skapa en enhetlig och konsekvent användning av vägbelysning. Upphandlande enheter som enligt lag ska tillämpa LOU (Lagen om offentlig upphandling) måste tillämpa dessa standarder, bl.a. *SS-EN 13201 del 2-4 Vägbelysning* och *SS-EN 12464-2 Belysning av arbetsplatser utomhus* enligt LOU kap 6 *Tekniska specifikationer och särskilda kontraktsvillkor i förfrågningsunderlag m.m.*

Standarder som rör ljus och ljusmätning är i många fall framtagna av *Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)*, som är en internationell organisation. CIE arbetar med tekniska och vetenskapliga metoder, standarder och rekommendationer inom ljus- och belysningsområdet.

Boverket ställer krav på tillgänglighet, vilket inkluderar belysning på allmänna platser. I Boverkets författningssamling BFS 2011:5 ALM2 anges:

14§ Belysningen på gångytor och vid viktiga målpunkter ska vara så utformad och ha sådan ljusstyrka att personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga kan använda dessa.

Allmänt råd:

Exempel på viktiga målpunkter är busshållplatser, perronger, övergångsställen och entréer.

Belysningen bör vara jämn och anordnad så att även synsvaga, personer med andra orienteringssvårigheter och personer med nedsatt rörelseförmåga kan uppfatta hur underlaget ser ut, och så att hörselskadade eller döva kan uppfatta teckenspråk och läsa på läppar.

Fast belysning bör inte vara bländande. Exempelvis är det viktigt att ljuskällan är avskärmad.

1.3 Entreprenad och upphandling

Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) har gett ut en skrift, *Gatubelysning på entreprenad: Upphandling – uppföljning – utvärdering*, som konkret och detaljerat beskriver hur driftentreprenader för väg- och gatubelysning upphandlas, följs upp och utvärderas. Skriften riktar sig till kommunernas belysningsansvariga och upphandlare, samt till konsulter och entreprenörer inom området.

1.4 Energi och miljö

År 2005 antog EU *ekodesigndirektivet*, som sätter minimikrav för energiprestanda hos produkter, vilket i praktiken förbjuder produkter som är mycket energikrävande. Krav för vägbelysning anges av EU-kommissionens förordning 245/2009, som omfattar högentensiva urladdningslampor (kvicksilverlampor, högtrycksnatrium och metallhalogen) samt förkopplingsdon och armaturer för dessa lampor. Förordningen tar i huvudsak upp två miljöaspekter: 1) energi under användningsfasen, samt 2) kvicksilverinnehållet i lampor. Under åren 2009-2017 sker en stegvis utfasning av ineffektiva ljuskällor, förkopplingsdon och armaturer. Utfasningsplanen är detaljerad och inkluderar ett flertal kravparametrar, såsom ljusutbyte, livslängd, bibehållningsfaktor och kvicksilverinnehåll. Förordningen medför bland annat att:

- Kvicksilverlampor förbjuds år 2015 (säljförbud)
- De mest ineffektiva högtrycksnatrium- och metallhalogenlamporna fhasas ut
- Gatubelysningsarmaturer får sprida endast en viss mängd ljus uppåt (begränsning av ljusföroreningar)
- Kraven på produktinformation skärps, bland annat måste kvicksilverinnehåll anges

En följd av ekodesigndirektivet är att många äldre anläggningar eller anläggningsdelar behöver ersättas med nya, när äldre typer ljuskällor och andra komponenter inte längre finns på marknaden. Att modernisera anläggningar är givetvis kostsamt, men ger oftast sänkta kostnader på sikt tack vare en lägre energiförbrukning och en längre livslängd.

Miljöstyrrningsrådet har gett ut en publikation, *Vägledning för miljöanpassad utomhusbelysning*, som kan användas som stöd för miljöanpassad upphandling av vägbelysning. Publikationen beskriver och sammanfattar olika miljöaspekter av belysningsanläggningar på ett mycket bra sätt.

Mer information om ekodesigndirektivet finns bland annat på Energimyndighetens websida.

1.5 Ljusgestaltning och ljusdesign

Traditionellt har vägbelysningens funktion varit att förbättra synförhållandena i trafikmiljön. Man har dock alltmer kommit att utnyttja belysning för att skapa atmosfär och trivsel, eller som en del i utsmyckningen av en plats, framförallt i stadsmiljöer. Beroende på valet av till exempel armatur och placering av ljuskälla, kan olika effekter uppnås. I många fall utgör vägbelysningen en del av en helhet, där även annan belysning, såsom fasadbelysning, pollare eller effektbelysning kan ingå.

Ljusgestaltning berörs endast kortfattat i handboken. Det bör dock poängteras att ljusgestaltning och estetik kan vara av stor betydelse, speciellt i vissa miljöer. I skriften *Nattens ljus* som är utgiven av Sveriges kommuner och landsting (SKL) finns många goda exempel och tips på ljussättning och ljusgestaltning i tätortsmiljö. Ljussättningens betydelse för trygghet beskrivs i Boverkets skrift *Plats för trygghet*.

1.6 Facklitteratur och läroböcker

Fördjupad kunskap om ljus och belysning i trafikmiljön ges av böckerna *Lighting for driving* av Peter Boyce (2009) och *Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception* av Duco Schreuder (2008). Böckerna beskriver bland annat ljus och dess egenskaper, syn och visuell perception, samt vägbelysningens funktion och effekter.

Boken *Road lighting* av Kai Sørensen (2013) beskriver och förklarar vägbelysningens tekniska egenskaper på ett detaljerat sätt. Boken har sitt fokus på belysningstekniska beräkningar och mått, samt på egenskaper hos ljuskällor och armaturer.

Del 1

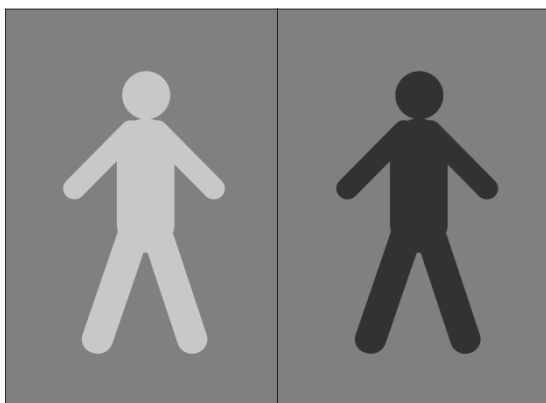
Kapitel 2: Att se i mörker – vägbelysningens funktion ur ett trafikantperspektiv

Kapitel 3: Vägbelysning: begrepp och definitioner

Kapitel 4: Allmänna principer för vägbelysningsanläggningar

2 Att se i mörker – vägbelysningens funktion ur ett trafikantperspektiv

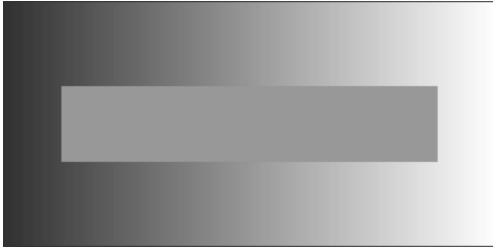
Synsinnets förmåga att se och uppfatta föremål beror på hur mycket föremålet skiljer sig visuellt från omgivningen. Faktorer som bidrar till synbarheten är bland annat luminanskontrast, färgkontrast, storlek och rörelse. I mörkertrafik är det framförallt **luminanskontrasten** som är av betydelse. Luminanskontrasten beskriver ett föremåls ljushet relativt dess bakgrund. Ju större luminanskontrast, dvs. ju större skillnad det är i ljushet mellan föremålet och bakgrunden, desto lättare är det att se föremålet. Om föremålet är ljusare än bakgrunden säger man att kontrasten är *positiv*, medan den är *negativ* om det omvända förhållandet råder, se Figur 1. Om både föremålet och bakgrunden är homogena kan man beräkna ett mått på luminanskontrasten. I praktiken är dock de flesta föremål och bakgrunder alltför komplexa för att det ska vara meningsfullt att göra sådana beräkningar.



Figur 1: Positiv kontrast (till vänster) och negativ kontrast (till höger).

Ögat uppfattar skillnader i luminans snarare än absoluta luminansvärden. Principen illustreras i Figur 2, där det horisontella fältet i mitten har samma ljushet, men upplevs vara ljusare till vänster än till höger, beroende på det omgivande fältets variation i ljushet. Ett föremåls synbarhet förbättras genom att man förstärker dess kontrast relativt dess bakgrund, antingen genom att belysa föremålet *eller* genom att belysa bakgrunden. Att belysa både föremål och bakgrund med samma mängd ljus förbättrar oftast inte luminanskontrasten, men kan – om ljuset har tillräcklig intensitet – bidra till att föremålet istället synliggörs genom färgkontrast, textur eller rörelse.

En konsekvens av att ögat främst uppfattar skillnader i luminans är att ljuskällor som har identiska fysikaliska egenskaper men är placerade i olika omgivningar av ögat kan uppfattas ge olika ljusförhållanden. I en mörk omgivning kan belysningen uppfattas som mycket ljus, medan den i en ljus omgivning kanske knappt är märkbar. Belysning måste därför anpassas till och samspela med omgivningen för att ögat ska kunna dra nytta av den.



Figur 2: Ögat är bra på att uppfatta skillnader i luminans, men inte absoluta luminansnivåer. Fältet i mitten har samma luminans över hela ytan, men upplevs vara ljusare till vänster än till höger beroende på att det omgivande fältets luminans varierar.

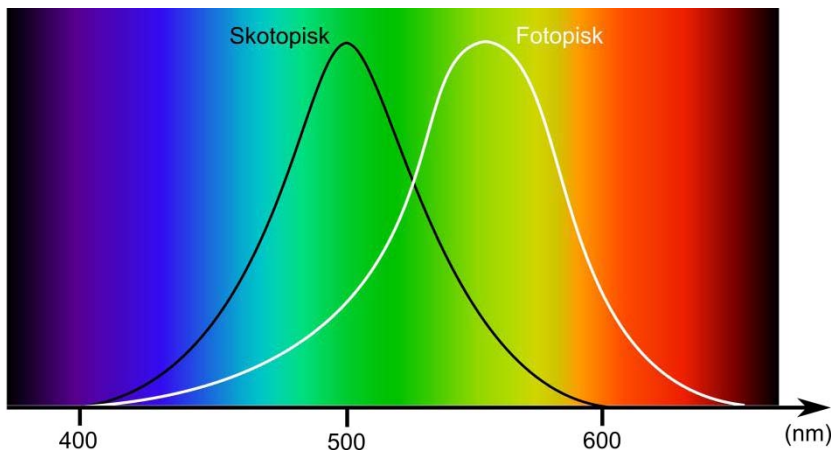
Alltför stora kontraster skapar bländning. I mörkertrafik talar man vanligtvis om obehagsbländning och synnedsättande bländning. **Obehagsbländning** uppstår då det finns ett föremål, till exempel en ljuskälla, i synfältet som har en väsentligt högre luminans än omgivningen. Ett sådant föremål orsakar ett visuellt obehag och gör att man gärna vänder bort blicken. Med **synnedsättande bländning** menar man en sådan bländning som gör att ljus sprids i ögat, vilket leder till en försämrad kontrastkänslighet och därmed en försämrad synförmåga. Obehagsbländning och synnedsättande bländning kan förekomma samtidigt.

Med **färgkontrast** avses färgskillnaden mellan ett föremål och bakgrunden. Med hjälp av färgkontrast kan man skilja på föremål som har samma luminans. Färgkontrast kan ha viss betydelse för synbarheten i mörker, men det krävs givetvis att ljusförhållandena är sådana att det är möjligt att urskilja färger. Färgkontraster förstärks och framhävs framförallt i belysning med vitt ljus.

När man pratar om ett föremåls **storlek** syftar man vanligtvis på föremålets rymdvinkel från ögat, dvs. hur stort det upplevs vara i synfältet. Ju större plats i synfältet ett föremål upptar, desto bättre syns det. **Rörelse** hos föremålet kan bidra till att det lättare upptäcks, framförallt om bakgrunden inte rör sig.

Ögat och synsinnen anpassar sig, **adapterar**, till olika ljusförhållanden. Mängden ljus som når ögat justeras genom att pupillen ändrar storlek, vilket sker snabbt då ljusförhållandena ändras. Dessutom sker en anpassning hos de ljuskänsliga cellerna på näthinnan som registrerar ljuset. Den anpassningen är långsammare. En fullständig mörkeradaptering kan ta upp till 30 min, men sker till största del inom 5–10 min. Ljusadapteringen tar oftast mindre än en minut.

Ögats förmåga att registrera ljus varierar med ljusets färg. I dagsljus kan ögat uppfatta alla färger i hela det synliga spektrat, med högst känslighet för gul-gröna nyanser, se Figur 3. Vid mycket låga luminansnivåer (lägre än i månljus) ser ögat omgivningen i en gråskala, men även då varierar känsligheten med färgen på ljuset. Grön-blå nyanser uppfattas som ljusast, medan rött uppfattas som svart. Dagsljusseendet benämns **fotopiskt** seende och mörkerseendet **skotopiskt** seende. Ljusförhållandena i mörkertrafik gör att både det fotopiska och det skotopiska seendet bidrar till hur ögat uppfattar ljus. Detta kallas för **mesopiskt** seende.



Figur 3: Ögats känslighetsfunktion i fotopiska respektive skotopiska förhållanden.

Mörkerseendet försämras med åldern. Mer än hälften av alla personer över 65 år har grumlingar i ögats lins (grå starr). Grumlingarna hindrar en del av det infallande ljuset från att nå näthinnan, vilket gör att synskärpan försämras och behovet av ljus ökar. Grumlingarna leder också till en ökad känslighet för bländning, eftersom ljuset sprids mer i ögat. I undersökningar om äldre och bilkörning pekades mörkerkörning ofta ut som en av de situationer som upplevs som allra mest problematiska. Många äldre undviker att köra när det är mörkt. Olika studier har visat att avståndet på vilket äldre kan se och uppfatta personer, vägmärken och vägmärkingar är betydligt kortare än hos yngre personer.

2.1 Trafikanterers behov av vägbelysning

Behovet av vägbelysning skiljer sig lite åt för olika trafikantgrupper. För fordonsförare utgör vägbelysningen ett komplement till fordonsbelysningen. Vägbelysningen bidrar till att ge visuell ledning och förbättrar synförhållandena i komplexa trafikmiljöer, men oftast är fordonsbelysningen tillräcklig för att föraren ska kunna se vägen och förflytta sig på ett säkert sätt. Däremot är inte alltid fordonsbelysningen tillräcklig för att föraren ska kunna upptäcka objekt på eller intill vägen. I högre hastigheter kan stoppsträckan vara betydligt längre än räckvidden hos halvljusen. Forskning har visat att avsökningsbeteendet tenderar att försämrats i mörker, samt att förare inte är riktigt medvetna om i vilken omfattning synförmågan försämrats. För fordonsförare är vägbelysning därför särskilt viktig i konfliktzoner och där oskyddade trafikanter kan förväntas befinna sig på vägen. Vägbelysningen kan även hjälpa förare att uppmärksamma till exempel en korsning eller en cirkulationsplats längre fram på vägen.

För cyklister är vägbelysningen ofta en förutsättning för att det överhuvudtaget ska vara möjligt att förflytta sig under dygnets mörka timmar, eftersom cykelbelysningen sällan är tillräckligt bra för att lysa upp vägen ordentligt. Likaså har gående behov av vägbelysning för att kunna ta sig fram. En god belysning är speciellt viktig för äldre fotgängare, som ofta har försämrats mörkerseende. Fallolyckor är vanliga bland äldre och det är därför viktigt att kanter, ojämnheter och föremål på väg ytan går att upptäcka. Fotgängare och cyklister behöver också vägbelysning för att kunna se och läsa till exempel vägmärken eller busstidtabeller.

För fotgängare och cyklister bidrar vägbelysningen även till upplevelsen av trygghet. Faktorer som kan påverka upplevelsen av trygghet är bland annat möjligheterna att se och identifiera ansikten, samt möjligheterna att se omgivningen och eventuella personer

som kan befinna sig där. En annan trygghetsaspekt rör samspelet med fordonsförare, där belysningen kan bidra till att GC-trafikanter upplever att fordonsförare kan se dem.

2.2 Vägbelysningens funktion

Att belysa vägmiljön är resurskrävande. Till skillnad från inomhusmiljöer är ytorna stora och dessutom saknas väggar och tak som kan reflektera ljuset. Det är därför sällan möjligt att uppnå sådana ljusnivåer som ögat behöver för att kunna fungera på ett optimalt sätt. Istället får man sträva efter att arrangera vägbelysningen på ett sådant sätt att den på bästa möjliga vis motsvarar de behov trafikanterna har i varje situation.

På vägar och gator syftar belysningen bland annat till att ge **visuell ledning**. Detta uppnås genom att väg ytan belyses, så att dess sträckning framträder. Även ljuspunkterna kan bidra till den visuella ledningen. I korsningar, rondeller och andra komplexa trafikmiljöer möjliggör belysningen att trafikanterna får en **överblick av situationen**, till exempel med avseende på körfältens placering och andra trafikanters avsikter. Målet i en sådan miljö är att skapa en god allmänbelysning.

Vid övergångsställen och i vissa vägmiljöer är vägbelysningens uppgift att **synliggöra oskyddade trafikanter**. Belysningen ska då arrangeras så att kontrasten (luminans- och/eller färgkontrast) mellan fotgängare och bakgrund förstärks. I miljöer med mycket mötande trafik eller störande ljus från omgivningen kan belysningen **minska problem med bländning**, genom att den ökar adaptationsnivån. Vid korsningar, rondeller och trafikplatser kan belysningen fungera som en **visuell varning**, det vill säga att i god tid uppmärksamma och förvarna trafikanterna om den kommande situationen. Ljuspunkterna placeras i det fallet högt så att de är väl synliga på avstånd.

På GC-vägar ska belysningen **synliggöra väg ytan**, inklusive ojämnheter och kanter. En konstant luminansnivå över ytan ger bra synförhållanden för GC-trafikanter. För att skapa en **känsla av trygghet** ska belysningen lysa upp även den närmaste omgivningen intill vägen. För att **minska risken för kriminalitet** ska belysningen bidra till att öka känslan av övervakning. Ett sätt kan vara att göra den utsatta platsen, till exempel en parkeringsplats, betydligt ljusare än omgivningen. På torg, i parker, längs affärsgator och i historiska miljöer kan vägbelysningen bidra till att skapa **atmosfär**.

3 Vägbelysning: begrepp och definitioner

3.1 Ljusterminologi

Egenskaper hos ljus kan beskrivas med ett antal olika parametrar. De som är mest relevanta i vägbelysningssammanhang är:

Strålningsflöde, Φ [W]. Totala effekten av den elektromagnetiska strålning som emitteras från en ljuskälla. Enheten är watt.

Ljusflöde, Φ_v [lm]. Totala strålningsflödet från en ljuskälla viktat med ögats känslighetsfunktion. Det vill säga, ljusflödet är ett mått på mängden ljus som ögat kan uppfatta (det synbara ljuset), till skillnad från strålningsflödet som anger den fysikaliska mängden utstrålat ljus. Enheten för ljusflöde är lumen.

Ljusstyrka, I [cd]. Ljusflöde i en viss riktning, per steradian (rymdvinkel). Enheten är candela (1 candela = 1 lumen/steradian). $I = \Phi_v / \Omega$, där Ω betecknar rymdvinkel.

Belysningsstyrka, E [lx]. Infallande ljusflöde per ytenhet. Enheten är lux (1 lux = 1 lumen/m²). $E = \Phi_v / A$, där A betecknar ytans area (m²). I dagsljus varierar belysningsstyrkan från ca 1000 lx (mulet) till över 100000 lx (solljus). Vanlig inomhusbelysning ger en belysningsstyrka i intervallet 100–1000 lx, medan vägbelysning ger ca 1–50 lx. I vägbelysningssammanhang använder man ibland indexen h och v för att beteckna horisontell respektive vertikal belysningsstyrka. Belysningsstyrka benämns *illuminance* på engelska. Den försvenskade formen illuminans används ibland som en synonym till belysningsstyrka.

Luminans, L [cd/m²]. Ljusflödet ut från en yta, i en viss riktning, dividerat med arean av projektionen av ytan på ett plan vinkelrätt mot ljusflödets riktning (betraktelseriktningen). Enklare uttryckt kan man säga att luminansen beskriver ytans ljushet, sedd från en viss vinkel. Luminansen beror både på hur mycket ljus som infaller på ytan och på ytans reflekterande egenskaper. Enheten är candela per kvadratmeter. En gräsyta har i solljus en luminans på 2000–3000 cd/m², medan ett papper i kontorsbelysning har en luminans på 100–150 cd/m². Vägbelysning ger vanligen en vägyteluminans på ≤ 2 cd/m².

Speglande spridning/reflexion: Speglande spridning/reflexion innebär att ljus som infaller mot en yta sprids/reflekteras i en och samma riktning. Reflexion av ljus i en plan vattenyta kan sägas vara speglande. Spekulär reflexion är en synonym till speglande reflexion.

Diffus spridning/reflexion: Diffus spridning eller reflexion uppstår då ljus som infaller mot en yta sprids/reflekteras i olika riktningar. Diffus spridning uppstår till exempel då en ljuskälla placeras bakom vitt eller frostat glas.

Samtliga storheter ovan, förutom strålningsflöde, baseras på ljusflöde vilket är viktat efter ögats känslighetsfunktion. I vägbelysningssammanhang avses i alltid den fotopiska känslighetsfunktionen¹, se även kapitel2.

¹För närvarande pågår ett arbete (CIE TC 1-58) med att ta fram en mesopisk känslighetsfunktion, som är bättre anpassad till mörkertrafikförhållanden än vad den fotopiska känslighetsfunktionen är.

3.2 Belysningskvalitet

Kraven i VGU baseras på ett flertal parametrar som beskriver belysningens egenskaper. Det handlar i första hand om krav på väg ytans luminans eller krav på belysningsstyrka vid väg ytan. Dessutom finns krav som rör bländning och omgivningsljus.

En sammanfattning av de mest relevanta parametrarna och definitionerna ges nedan. Alla belysningstekniska beräkningar görs med datorprogram (t ex DIALux eller Relux), och man behöver därför inte ha detaljkunskap om definitioner och standarder för att kunna utföra dessa.

3.2.1 Belysningstekniska kvalitetsegenskaper

För belysningsstyrka och luminans beräknas värden i ett antal punkter mellan två armaturer. Punkterna är placerade i ett rutnät över körfältet, där avståndet mellan två punkter i longitudinell riktning är ≤ 3 m och i transversell riktning är $\leq 1,5$ m, se principskiss i Figur 4 (den exakta placeringen av punkterna beror på körfältets bredd och avståndet mellan armaturerna). De beräknade punktvärdena används sedan för att beräkna medelvärden, jämnhet osv, enligt definitionerna nedan.

Beräkningar ska göras för varje körfält. Samtliga körfält ska uppfylla de krav som ställs på belysningens kvalitetsegenskaper.

Detaljerade definitioner samt beräknings- och mättningsanvisningar av parametrar som beskriver belysningskvaliteten ges av standarderna SS-EN 13201-3 (beräkning) och SS-EN 13201-4 (mätning).



Figur 4: Belysningsstyrka och luminans beräknas i ett antal punkter i körfältet mellan två armaturer. Antalet punkter och dess placering beror på vägens bredd och avståndet mellan armaturerna.

Medelbelysningsstyrka, \bar{E} [lx]. Horisontell medelbelysningsstyrka vid körbanan. Beräknas som det aritmetiska medelvärdet av punktvärdena i Figur 4.

Lägsta belysningsstyrka, E_{\min} [lx]. Lägsta horisontella belysningsstyrka vid körbanan (lägsta värdet av punktvärdena).

Belysningsstyrkejämnhhet, [-]. Beräknas som kvoten mellan det lägsta punktvärdet och medelvärdet av alla punktvärden, dvs. E_{\min}/\bar{E} .

Lägsta vertikala belysningsstyrka, $E_{v,\min}$ [lx]. Lägsta belysningsstyrka för en vertikal plan yta. Beräkningpunkterna placeras 1,5 m över markytan. Vertikalplanets orientering beror på tillämpning. Vid övergångsställen placeras det vinkelrätt mot betraktarens, dvs. fordonsförarens riktning.

Medelluminans, \bar{L} [cd/m²]. Körbanans medelluminans. Beräknas som det aritmetiska medelvärdet av punktvärdena i Figur 4. Luminansen beror på belysningsstyrkan vid körbanan, beräkningspunktens position relativt ljuskällan, väg ytans reflexionsegenskaper, samt observatörens position. Enligt standarden beräknas luminansen sedd från en observatör som befinner sig mitt i körfältet, 1,5 m över markytan och 60 m från den första ljuskällan i det relevanta området. Luminans kan därför inte användas som mått på belysningskvalitet där siktsträckan är mindre än 60 m (t ex i cirkulationsplatser) eller där observatörerna har flera olika positioner (t ex i konfliktzoner där det finns både motorfordonsförare och GC-trafikanter).

Lägsta luminans, L_{\min} [cd/m²]. Lägsta luminansvärdet av punktvärdena i Figur 4.

Luminansjämnhet, U_o [-]. Luminansjämnhet på körbanan. Beräknas som kvoten mellan det lägsta punktvärdet och medelvärdet av alla punktvärden, dvs. L_{\min}/\bar{L} . Luminansjämnheten beskriver variationen i luminans och kan sägas vara ett mått på hur väl körbanan utgör en bakgrund till vägmarkeringar och andra föremål i vägmiljön. Indexet o står för *overall uniformity*.

Luminanslikformighet, U_l [-]. Luminanslikformighet på körbanan definieras som kvoten mellan det lägsta och det högsta punktluminansvärdet i den punktlinje som går längs mitten av körfältet. Om det finns flera körfält beräknas en kvot för varje körfält. Luminanslikformigheten är då den lägsta av dessa kvoter. Luminanslikformigheten är ett mått på det mönster med omväxlande ljusa och mörka fält som skapas på väg ytan. Mönstret framträder endast på långa och förhållandevis raka vägar, och det är därför relevant att beräkna luminanslikformigheten endast för sådana vägar. Indexet l står för *longitudinal uniformity*.

Omgivningsljus, EIR [%]. Objekt som befinner sig vid vägkanten ses med vägens sidoområde som bakgrund. Om sidoområdet är belyst blir det lättare att upptäcka dessa objekt. Omgivningsljuset, EIR , definieras som den lägsta kvoten (beräkningen görs för vägens båda sidor) mellan medelbelysningsstyrkan på en yta motsvarande körfältets bredd, direkt vid sidan av vägen och medelbelysningsstyrkan för det yttersta körfältet. EIR har relevans endast när det inte finns några angränsande trafikerade ytor med egna belysningskrav. Förkortningen EIR står för *edge illuminance ratio*.

Tröskelvärdesökning, TI [%]. Tröskelvärdesökning är ett mått på synnedsättande bländning från vägbelysningens armaturer. Måttet definieras som den procentuella ökningen av kontrasten mellan ett föremål (på vägbanan) och dess bakgrund, som behövs för att föremålet precis ska förbli synligt i närvaro av synnedsättande bländning från armaturerna (jämfört med den kontrasten som behövs för att föremålet precis ska vara synligt då det inte finns någon synnedsättande bländning). Bländning uppkommer framförallt från ljuspunkter i det centrala synfältet. Beräkningen av TI baseras på det ljus som kommer från armaturer som befinner sig inom 20 grader från blickriktningen då observatören tittar rakt fram längs vägen. Tröskelvärdesökningen beräknas enligt en standard där observatören antas vara 23 år. Kraven på TI måste därför vara högt ställda, för att motsvara behoven även hos äldre personer, som är betydligt mer känsliga för bländning. Beräkningen av TI kräver att väg ytans luminans kan beräknas, samt att observatören har en viss position i förhållande till armaturerna. TI kan därför inte användas som ett generellt mått på bländning, utan är i huvudsak tillämpligt för att beräkna bländning från vägbelysning på vägar för motorfordon. Förkortningen TI står för *threshold increment*.

Glare rating, GR [-]. Glare rating är ett mått på synnedsättande bländning, baserat på den slöjluminans som belysningen och omgivningen ger upphov till i betraktarens öga.

GR är framtaget för att kunna tillämpas på till exempel utomhusarenor för sport. I trafiksammanhang används *GR* för att beskriva bländning i miljöer där ingen motortrafik förekommer. Graden av bländning beror på stor del på betraktarens position i relation till ljuskällan. *GR* beräknas därför i ett antal punkter på den aktuella ytan (liknande som i Figur 4, men med den aktuella ytans geometri), 1,5 m över markytan och för samtliga riktningar i horisontalplanet i steg om 45 grader. Det beräknade värdet på *GR* är ett tal i intervallet 10-90, 10 motsvarar ej märkbar bländning och 90 motsvarar outhärdlig bländning. Detaljer finns i publikationen *Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting* (CIE 112:1994).

Bländtalsindex, - [cd/m^2]. Bländtalsindex är ett mått på obehagsbländning från armaturer. Måttet definieras enligt I/\sqrt{A} , där I är det maximala värdet på ljusstyrkan 85 grader från lodlinjen och A är arean av den synliga ytan av armaturens lysande delar, på ett plan vinkelrätt mot ljusets riktning (dvs. den riktning som genererar maximal ljusstyrka 85 grader från lodlinjen). Om någon del av ljuskällan är synlig från denna riktning, antingen direkt eller som en avbild/speglning, kan inte bländtalsindex beräknas (dvs. ljuskällan ska vara skärmd eller placerad bakom optik som ger en diffus spridning av ljuset). Beräkningen av bländtalsindex kräver att en ljusfördelningskurva för armaturen finns tillgänglig. Bländtalsindex tillämpas på GC-vägar.

3.2.2 Vägytans egenskaper

För att man ska kunna beräkna de parametrar som beskriver belysningens kvalitet krävs indata bland annat i form av vägens geometri. Vid luminansberäkningar krävs även kunskap om väg ytans reflexionsegenskaper, vilka beskrivs i form av ett klassningssystem. Tre olika klassningssystem förekommer: R-, N- och C-klasser (CIE 30:1976; CIE 66:1984). Dessutom finns W-klasserna som beskriver våta väg ytors egenskaper. I Sverige tillämpas N- och W-klasserna.

Väggeometri: Vägbredd, antal körfält och bredd hos ev. mittremsa.

N-klasser: Beskriver torra vägbeläggningars reflexionsegenskaper. Klassningen baseras på stenmateriallets ljushet och ytans speglande egenskaper. Det finns fyra N-klasser, där N1 är ljusast och minst speglande, och N4 mörkast och mest speglande. De allra flesta beläggningstyper som förekommer i Sverige hör till klasserna N1 eller N2.

W-klasser: Våta väg ytor delas in i fyra beläggningsskylor, W1-W4, där W4 är den mest speglande ytan. Klasserna W2 och W3 beskriver de flesta beläggningstyper som används i Sverige.

Q0: Genomsnittlig luminanskoefficient. Beskriver väg ytans genomsnittliga ljushetsgrad.

I Bilaga 3 finns tabeller med N-klass, W-klass och Q0 för de vanligaste beläggningstyperna.

3.2.3 Ljuskällans och armaturens egenskaper

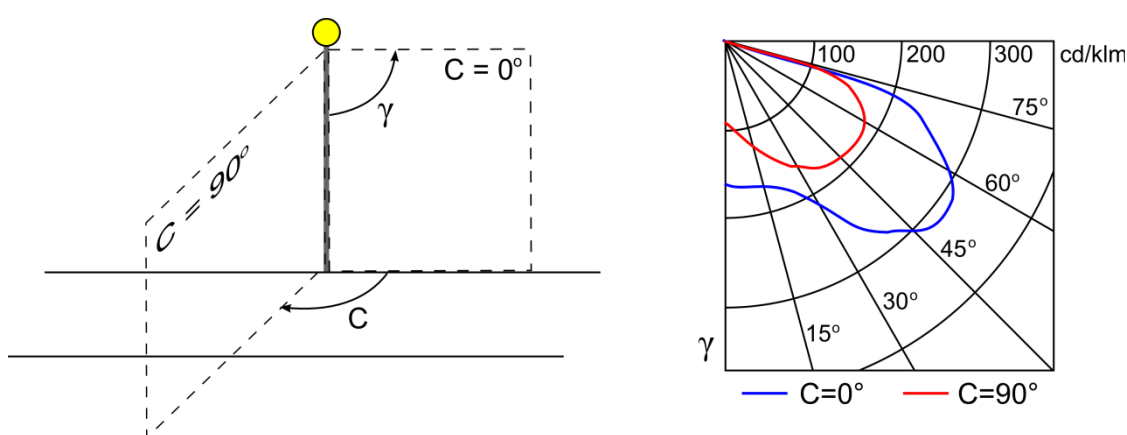
Ljusflöde, Φ_v [lm]. Totala strålningsflödet från en ljuskälla viktat med ögats känslighetsfunktion, dvs. totala mängden synbart ljus.

Ljusutbyte, [lm/W]. Anger hur stort ljusflöde som alstras per förbrukad watt. Ljusutbytet är ett mått på ljuskällans energieffektivitet. Enheten är lumen per watt.

Verkningsgrad, LOR [-]. Beskriver hur stor andel av det totala ljusflödet som strålar ut från armaturen. Det vill säga, LOR är ett mått på ljusförluster i armaturen. Förkortningen LOR står för *light output ratio*.

Ljusfördelningskurva, - [cd/klm]. Beskriver en armaturs ljusstyrka i olika riktningar. Kurvan är normerad med det totala ljusflödet uttryckt i kilolumen.

Ljusfördelningskurvan visas i ett polärdiagram, som motsvarar ljusstyrkan i ett vertikalt plan genom armaturens optiska centrum. Om ljusfördelningen är asymmetrisk kan diagrammet innehålla flera kurvor. Vinkeln C anges för att beskriva vertikalt planets vinkel relativt vägens riktning. $C = 0^\circ$ avser vertikalt planet som är parallellt med vägen medan $C = 90^\circ$ avser vertikalt planet som är vinkelrätt mot vägen. Vinkeln γ betecknar ljusets riktning relativt lodlinjen. Figur 5 illustrerar hur vinklarna C och γ definieras, samt visar ett exempel på ljusfördelningskurvor för en asymmetrisk armatur.



Figur 5: Ljusfördelningsdiagram (högra figuren) med olika ljusfördelning i olika vertikalt plan ($C=0$ respektive $C=90$). Vänstra figuren visar hur vinklarna C och γ definieras.

Färgtemperatur, - [K]. Färgtemperatur används för att beskriva nominellt vita ljuskällors färgton. Enheten är Kelvin. Intervallet för vitaktiga toner omfattar ungefär 2700-7500 K, där de lägre värdena motsvarar varmvita, dvs. gulröda toner och de högre värdena motsvarar kallvita, dvs. blåaktiga toner. Glödlampor har en färgtemperatur på ca 2700-3000 K, lysrör ca 3000-4000 K och dagsljus ca 5000 K.

Ra-index, - [-]. Beskriver färgåtergivningen hos en ljuskälla relativt en referenskälla, som för färgtemperaturer mindre än 5 000 K är en glödlampa och för färgtemperaturer över 5 000 K är dagsljus. Ra-index anges på en skala från 0 till 100, där 100 motsvarar referenskällans färgåtergivning. Ra-index är ett medelvärde av hur väl ljuskällan återger färgen hos ett antal olika testfärger. Det innebär att två ljuskällor som har samma Ra-index inte nödvändigtvis återger färger på samma sätt.

S/P-kvot, - [-]. Beskriver en ljuskällas frekvensinnehåll (färgton), som kvoten mellan skotopiskt och fotopiskt ljusutbyte. En högtrycksnatriumlampa har en S/P-kvot på omkring 0,6, medan en metallhalogenlampa har en S/P-kvot på omkring 1,7.

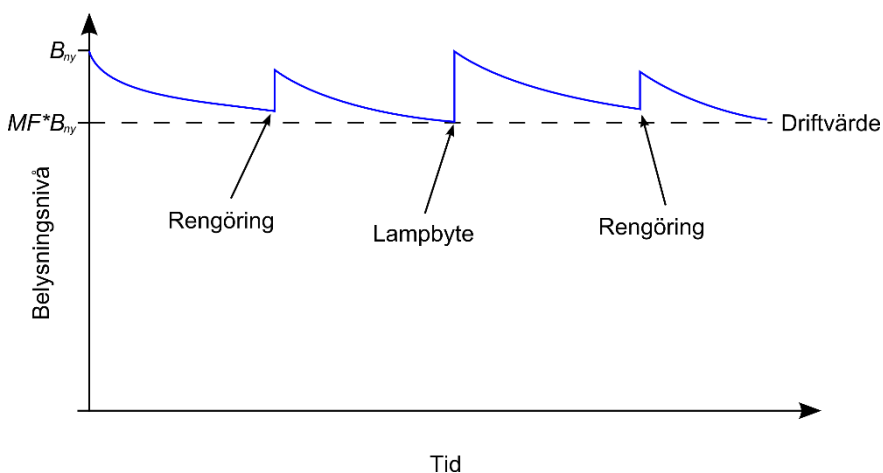
Användbar livslängd, - [h]. Användbar livslängd är den tid då ljuskällan är förbrukad utifrån bestämda värden på ljusnedgång och lampbortfall som är satta ur ett underhållsperspektiv. Det finns ljuskällor som kan ge ljus under mycket lång tid utan bortfall men ljusflödet kan då ha minskat till en bråkdel av det initiala värdet. Därför

måste användaren bestämma vilken livslängd som är acceptabel utifrån ljusnedgång och hur underhållet planeras. Hur lång den tiden är för olika ljuskällor och anläggningar varierar alltså beroende på hur användaren vill dimensionera och sköta sin anläggning. Se exempel på användbar livslängd i *Belysningsarmaturer (TDOK 2013:0651) tabell 1*. Se även informationsmaterial på Belysningsbranschens webbplats².

Driftvärde, - [-]: Driftvärdet är produkten av nyvärdet för någon belysningsteknisk kvalitetsegenskap (medelluminans, medelbelysningsstyrka etc.) och bibehållningsfaktorn, se nedan. Driftvärde syftar på den belysningsnivå en anläggning har när den har åldrats och blivit nedsmutsad.

Bibehållningsfaktor, MF [-]. Belysningsnivån hos en anläggning är inte konstant, utan avtar med tiden beroende på en nedgång i ljusflöde, nedsmutsning av armaturen och lampbortfall. Bibehållningsfaktorn MF definieras som kvoten mellan den luminans/belysningsstyrka (B) som anläggningen ger efter en viss tid och den luminans/belysningsstyrka anläggningen ger när den är ny (B_{ny}), Figur 6. För kortningen MF står för *Maintenance factor*.

De belysningstekniska krav som ställs (kapitel 3.3) avser drift värden, där driftvärdet är definierat som nyvärde multiplicerat med bibehållningsfaktorn MF . Genom att inkludera bibehållningsfaktorn i de belysningstekniska beräkningarna kompenserar man för den försämring i belysningsnivå som sker. I praktiken innebär detta att anläggningen när den är ny kommer att ge mer ljus än vad som krävs. Med tiden kommer nivån att sjunka så att den motsvarar driftvärdet. Vid denna tidpunkt är det dags att genomföra någon underhållsåtgärd, för att inte nivån ska sjunka under krav nivån. Det vill säga, bibehållningsfaktorn har en direkt koppling till underhållsintervallet.



Figur 6: Belysningsnivån minskar över tid till följd av ljusnedgång hos ljuskällan och nedsmutsning. Driftvärdet är nyvärdet B_{ny} multiplicerat med bibehållningsfaktorn MF .

Ytterligare detaljer och exempel på hur man beräknar bibehållningsfaktorn finns i Bilaga 4.

Constant light output, CLO: CLO är en funktionalitet för att spara energi. Tekniken brukar användas i LED-armaturer, där ljuskällan dimras ned till den ljusnivå som

² Se informationsmaterial *Ljuskällors livslängder* på Belysningsbranschens webbplats: belysningsbranschen.se

armaturen förväntas ha då den användbara livslängden är uppnådd. I takt med att ljuskällan åldras ökas effekten för att kompensera ljusnedgången.

CLO innebär att armaturen kommer att ge samma ljusflöde under hela dess användbara livslängd, till exempel 80 % av sitt initiala ljusflöde, vilket medför att överflödigt ljus undviks och energi sparas.

3.3 Belysningsklasser

Kraven på belysningsteknisk kvalitet för olika vägmiljöer beskrivs i form av belysningsklasser, där en klass består av ett eller flera kriterier. Användandet av belysningsklasser förenklar kravformuleringarna samt bidrar till att göra belysningen enhetlig. Belysningsklasserna baseras på en internationell standard, men tillämpningen av dem kan skilja sig åt mellan olika länder. I Sverige används M-klasser, C-klasser och P-klasser. Dessutom finns avskärmningsklasser och bländningsklasser. Tabeller över samtliga klasser finns i Bilaga 2.

3.3.1 Vägbelysningsklasser

M-klasser: Tillämpas på vägar för motorfordon. Belysningskriterierna för M-klasserna utgörs främst av krav på väg ytans luminans. För torra vägbanor ställs krav på lägsta medelluminans, luminansjämnhet och luminanslikformighet, medan kriterierna för våta vägbanor begränsas till krav på luminansjämnhet. M-klasserna omfattar även krav för maximal *TI* och lägsta *EIR*. (*M = motorized vehicles*)

C-klasser: Tillämpas i vägmiljöer för motorfordon där vägyteluminansen inte kan definieras eller beräknas (när siktavståndet är kortare än 60 m eller när det finns flera relevanta observatörspositioner), såsom i korsningar eller i cirkulationsplatser. De kan även användas för miljöer med gående och cyklister. C-klassernas kriterier utgörs av krav på lägsta horisontella medelbelysningsstyrka och belysningsstyrkejämnhet. Om synbarheten är viktig tillämpas även krav på maximal *TI*. I detta sammanhang används en modifierad version av *TI*, dels eftersom väg ytans luminans inte kan beräknas/definieras, dels eftersom flera observatörspositioner är möjliga. Man måste i detta fall själv avgöra vilken eller vilka observatörspositioner som är relevanta. (*C = conflict areas*)

P-klasser: Tillämpas på GC-vägar. Kriterierna utgörs av krav på lägsta horisontella medelbelysningsstyrka och minsta belysningsstyrka. (*P = pedestrians*)

Varje klasskategori består av 5–7 klasser/nivåer, där klass 1 (0 för C-klasserna) har högst krav. Kraven minskar därefter stegvis för varje klass. Begreppen "*en klass lägre*" eller "*en klass högre*" kan i vissa sammanhang syfta på kravnivån medan de i andra sammanhang syftar på klassens nummer. I det här dokumentet används *högre/lägre* för att beskriva kravnivå. Exempel: klass 2 är högre än klass 4.

Kvalitetskraven som ges av vägbelysningsklasserna avser driftvärden. För att hålla energiförbrukningen så låg som möjligt ska man inte överdimensionera belysningen mer än vad som är nödvändigt för att kompensera för den nedgång i ljusflöde som sker över tiden. Kraven som ges av belysningsklasserna ska ses som målvärden (för driftvärdena), dvs. driftvärdena ska uppfylla kraven men inte vara högre än så.

3.3.2 Avskärmnings- och bländningsklasser

Avskärmnings- och bländningsklasser används ibland som ett tillägg till belysningsklasserna, när det finns krav på att minimera graden av bländning

Avskärmningsklasser (G-klasser): Används för att ställa krav på graden av synnedsettande bländning från armaturer. Klasserna benämns G1-G6, där kraven är högst för klassen G6. G-klasserna tillämpas i känsliga miljöer där man vill minimera störande ljus, samt på GC-vägar, där *TI* inte kan beräknas. G-klassernas kriterier utgörs av krav på maximal ljusintensitet, uttryckt i cd/klm (fås från armaturens ljusfördelningskurva), i riktningarna 70, 80 och 90 grader från lodlinjen. Dessa riktningar motsvarar de vinklar från vilka armaturer längre fram på vägen syns när observatören sitter i en bil.

Bländningsklasser baserade på GR-index: Används för att ställa krav på graden av synnedsettande bländning för trafikmiljöer där C-klassen tillämpas, men där ingen motortrafik förekommer. GR-index används även i andra utomhusmiljöer och klasserna är därför indelade i tre områden: trygghet och säkerhet, rörelse och säkerhet, samt arbetsuppgifter. Klasserna anger krav på maximalt GR-index, vilket beräknas för alla möjliga positioner för betraktaren, inom det aktuella området.

Bländningsklasser baserade på bländtalsindex: Används för att ställa krav på graden obehagsbländning från armaturer avsedda för GC-vägar. Klasserna benämns D0-D6, där högst krav ställs för klassen D6. Klasserna anger krav på maximalt bländtalsindex, vilket är ett mått på graden av bländning i en riktning av 85 grader från lodlinjen. Om själva ljuskällan är synlig från denna riktning kan inte bländtalsindex beräknas. Sådana armaturer tillhör klassen D0.

Tabell 1 visar en sammanställning över vägbelysningsklasserna och hur de används tillsammans med avskärmnings- och bländningsklasser.

Tabell 1: Sammanställning över vägbelysningsklasserna och hur de används tillsammans med avskärmnings- och bländningsklasser.

Klass	Vägbelysningsklassen ställer krav på:		Kan kompletteras med avskärmnings-/bländningsklass
	Belysningskvalitet	Bländning	
M-klasser, motorfordon	Luminans	<i>TI</i>	G-klass (känsliga miljöer)
C-klasser, motorfordon	Belysningsstyrka	<i>TI</i> (approximation)	G-klass (känsliga miljöer)
C-klasser, GC-trafikanter	Belysningsstyrka	-	GR-index
P-klasser, GC-trafikanter	Belysningsstyrka	-	G-klass eller bländtalsindex

4 Allmänna principer för vägbelysningsanläggningar

4.1 Anordna belysningen så att den motsvarar trafikanternas behov

En grundläggande princip är att utformningen av en belysningsanläggning ska utgå från trafikanternas behov av belysning på den aktuella platsen. Valet av ljuspunktsplacering, armatur och ljuskälla avgörs i hög utsträckning av vilken funktion belysningen ska fylla. Ofta handlar det om att belysningen ska belysa och synliggöra ytor, trafikanter eller föremål. I andra fall kan det handla om att belysningen ska bidra till upplevelsen av en plats. Mer om trafikanternas behov och vägbelysningens funktion i olika trafikmiljöer finns i kapitel 2.1 och 2.2, samt kapitel 6–8.

4.2 Anpassa anläggningen till omgivningen

En vägbelysningsanläggning tar förhållandevis stort visuellt utrymme i väg-/gaturummet. Den ska därför anpassas till omgivningen så att den på ett så bra sätt som möjligt passar in i miljön. I dagsljus fyller anläggningen ingen funktion och den ska därför framträda så lite som möjligt, både för de som befinner sig på vägen och för de som befinner sig i omgivningen. Hur framträdande en anläggning är påverkas bland annat av stolpplacering, stolphöjd och typ av armatur. Dessa parametrar ska alltså inte enbart väljas utifrån rent funktionella krav. Att anläggningen får rätt skala och dimension utifrån ett estetiskt perspektiv är viktigt för helhetsintrycket av vägmiljön. Det är bra att sträva efter en enhetlighet hos närliggande anläggningar på samma typ av väg, till exempel med avseende på ljuskälla, armatur, stolphöjd, stolptyp och armlängd.

I mörker är det framförallt ljuspunkterna som är synliga. Från vägen ska de ge trafikanterna en klar bild av vägmiljön och en god visuell ledning. En konsekvent placering av ljuspunkterna bidrar till detta. Från omgivningen ska inte anläggningen upplevas som dominerande eller störande. Ur det perspektivet är nivån på belysningen samt graden av bländning viktiga parametrar.

I vissa fall kan estetiken ha extra stor betydelse. Det kan till exempel handla om att stolpar eller armaturer inte får skymma eller försämra det visuella intrycket av en betydelsefull plats eller byggnad, att området har ett genomgående tema där belysningen måste passa in (t ex i en historisk miljö) eller att det förekommer annan ljussättning som ska samspela med vägbelysningen, Figur 7. Om estetiken bedöms vara viktig är det en bra idé att involvera en ljusdesigner eller en arkitekt i planeringen.



Figur 7: Vägbelysningen ska samspela med annan ljussättning i omgivningen. Bild: Katja Kircher, VTI.

4.3 Anpassa belysningsnivån till omgivningen

En generell princip är att belysningsnivån ska anpassas till omgivningens ljusförhållanden. Är omgivningen ljus behöver belysningsanläggningen ge mycket ljus för att vägen/platsen inte ska upplevas som mörk. Likaså om det finns ljusstarka objekt (reklamskyltar, skyltfönster) i närheten av vägen blir synbarhetsförhållandena bättre för trafikanterna om vägen har god belysning. Även ett högt trafikflöde talar för en relativt hög belysningsnivå, eftersom mötande fordons belysning ökar adaptationsnivån och gör att mörkare områden i synfältet, däribland vägen, kan vara svåra att se. Om omgivningen är mörk, vilket oftast gäller t ex på landsbygden, ska belysningen vara relativt svag för att inte upplevas som bländande, och för att inte skapa alltför stora kontraster mellan den belysta vägen och den obelysta omgivningen. I många fall ger VGU rekommendationer för vilken nivå på belysningen som är lämplig. Om omgivningsljuset skiljer sig mycket från vad som kan förväntas för en viss vägtyp kan man behöva göra avsteg från rekommendationerna.

4.4 Undvik bländning

Bländning skapar obehag och kan i vissa fall ge kraftigt försämrade synbarhetsförhållanden. Bländning uppstår framför allt då ljuskällan är direkt synlig för betraktaren. Grundprincipen för att undvika bländning är därför att sträva efter att alltid skärma av ljuskällan så mycket som möjligt.

Graden av bländning från en anläggning kan till viss del beräknas i samband med de belysningstekniska beräkningar som görs vid projekteringen. De mått på bländning som används – *TI*, G-klass, GR-index eller bländtalsindex – ger en indikation på graden av bländning och de bör tillämpas så långt det är möjligt.

- Vägar för motortrafik (M-klasser): se till att kraven på *TI* uppfylls.
- Trafikmiljöer där C-klasserna tillämpas: använd armaturer med G-klass G4, G5 eller G6.

- Trafikmiljöer där C-klasser tillämpas men där motortrafik inte förekommer: beräkna GR-index och jämför med GR-klassernas kriterier.
- Vägar och trafikmiljöer för GC-trafikanter: använd armaturer med G-klass G4, G5 eller G6 (synnedsättande bländning), eller bländtalsindex D5 och D6 (obehagsbländning).

Bländningsberäkningar ger inte ger en fullständig bild av bländningen från en armatur eller en anläggning. Bländning är komplext och beror på många faktorer, däribland ljusstyrka, ljusfördelningskurva, armaturens utformning, betraktarens position i relation till armaturen, omgivningsljus samt betraktarens synstatus och subjektiva upplevelse. Det är därför bra att komplettera de beräknade måtten med någon form av bedömning av potentiella bländningsproblem:

- En anläggning kan vara bländande för andra än dem den primärt är avsedd för. Ett exempel på när armaturer kan orsaka bländning är när de placeras nära fönster i bostadshus. Bländning kan i sådana fall undvikas genom att belysningen skärmas i de riktningar man inte vill ha ljusspridning.
- Ljuspunkter som hamnar i det centrala synfältet vid "normal" betraktelseriktning riskerar att upplevas som bländande. Exempel på sådana ljuspunkter kan vara pollarbelysning, belysning infälld i räcken eller murar, eller låga stolpar i GC-miljöer. Bländningen kan minskas genom att skärma av ljuskällan så att den inte blir synlig, eller genom att använda optik/hölje som ger en diffus spridning av ljuset. En låg ljusstyrka bidrar också till att minska problemen med bländning.
- Om det är möjligt är det bra att göra en subjektiv bedömning av graden av bländning från den aktuella armaturen och ljuskällan, i den situation den är tänkt att användas eller vid en referensanläggning i liknande miljö. Om ljuset upplevs som obehagligt eller om det gör att man får svårt att se vägen/omgivningen när man har blicken riktad som man förväntar sig att trafikanterna kommer att ha (dvs. rakt fram om det handlar om en vanlig väg) ska man försöka välja en annan armatur/ljuskälla.

4.5 Minimera mängden ljusföroreningar

För mycket ljus eller felriktat ljus skapar ljusföroreningar, som är negativa både ur ett ekologiskt och ur ett ekonomiskt perspektiv. Ljusspridning i riktningar där ljuset inte behövs eller är önskvärt ska därför minimeras. Det är inte bara själva ljuskällan som ger upphov till felaktig ljusspridning, utan även reflexioner bidrar i stor utsträckning.

Ljusföroreningar är särskilt viktiga att ta i beaktande i bostadsområden och i känsliga naturområden. För människor kan ljusföroreningar upplevas som störande eller irriterande, och de kan ge en störd sömn. Det är även känt att natur och djurliv påverkas negativt av artificiellt ljus. I känsliga naturområden kan man överväga att inte använda belysning alls, eller att släcka ned anläggningen under natten. I rapporten *Vägbelysningens påverkan på djur och växter samt rekommendationer för val av ljus* (Calluna AB) finns vägledning för utformning av belysning utifrån ett naturskyddsperspektiv.

I Bilaga 2 finns en sammanfattning av standarden SS-EN 12464-2, som kan ge vägledning för minimering av ljusföroreningar.

4.6 Beakta skuggning från träd och andra objekt

Träd och buskar i närheten av ljuspunkterna kan ha en negativ inverkan på ljusspridningen. En trädkrona kan absorbera en stor del av ljuset och ge betydligt sämre luminans på väg ytan än vad som var avsett. Förekomst av träd, större buskage och andra objekt som kan skugga eller skymma belysningen är därför av betydelse vid valet av stolpplacering och stolphöjd. Vid nyplantering bör man om möjligt samordna trädplaceringen med stolpplaceringen.



Figur 8: Förekomst av träd är av betydelse vid valet av stolphöjd och stolpplacering. Bild: Lennart Johansson.

4.7 Minimera energiförbrukningen

En låg energiförbrukning är fördelaktig både med avseende på driftskostnader och miljöbelastning. Energiförbrukningen kan minskas genom att välja en energieffektiv ljuskälla, reducera effekten nattetid (dimring) och undvika överdimensionering.

4.8 Beakta driftsaspekter

Driftsaspekter bör beaktas redan vid planeringen av anläggningen. För att minska behovet av underhåll och reparationer bör man i möjligaste mån undvika att placera stolpar och armaturer där de riskerar att bli påkörda eller utsatta för vandalisering. På starkt trafikerade vägar kan det vara svårt att komma åt armaturerna för lampbyte och tvättning. En väl genomtänkt placering av ljuspunkterna kan underlätta underhållet. Anläggningsdelarnas förväntade livslängd kan också vara en relevant faktor i det här sammanhanget. Om det är svårt eller kostsamt att utföra underhåll kan det vara lämpligt att välja ljuskällor etc. med lång livslängd, även om det kanske innebär en större initial kostnad. Utöver drift och underhåll av själva belysningsanläggningen bör man även ta hänsyn till hur anläggningen påverkar möjligheterna att utföra annat underhåll av vägen och vägmiljön, Figur 9. Snöröjning och gräsklippning är exempel på arbeten som kan försvåras av att det finns belysningsstolpar i vägmiljön. Det kan vara en god idé att

kontakta den ansvarige driftentreprenören för att få synpunkter sådant som berör drift och underhåll.



Figur 9: Vid planering av en belysningsanläggning bör man ta hänsyn till driftsaspekter, såsom snöröjning. Bild: Henrik Gidlund.

Del 2

Kapitel5: Utformning av vägbelysningsanläggning

Kapitel6:Landsbygd

Kapitel7: Tätort

Kapitel8: Gång- och cykelvägar

Kapitel9: Checklista för projektering

5 Utformning av vägbelysningsanläggning

Vid utformning av en vägbelysningsanläggning finns det flera olika faktorer att ta hänsyn till. Grundläggande är att anläggningen ska uppfylla de eventuella krav och riktlinjer som finns. Inom ramen för kraven behöver man göra ett flertal val och avvägningar, vad gäller anläggningens olika delar (ljuskälla, stolptyp, etc.), estetik (placering av ljuskälla, helhetsintryck, etc.) och kostnader kontra funktion. Nedanstående frågeställningar kan användas för att ta fram ett underlag för den fortsatta projekteringen.

- Ska vägen/platsen ha belysning eller inte?
- Finns det särskilda krav eller rekommendationer för vägen/platsen?
- Vilken eller vilka belysningsklasser ska användas?
- Vilken anläggningstyp är lämplig?
- Hur ska ljuspunkterna och stolparna placeras?
- Vilken armatur och ljuskälla ska användas?
- Ska anläggningen förses med system för styrning och övervakning?
- Vilka belysningstekniska beräkningar behöver göras?
- Vilka ekonomiska beräkningar behöver göras?

Avsnitten nedan ger en vägledning för hur man kan tänka kring de olika valen man behöver göra.

5.1 Belysning eller inte

I vissa fall ställer VGU krav på att belysning ska finnas och i många andra fall finns det rekommendationer för när belysning ska användas, se även kapitel 6–8. Kommuner kan ha egna riktlinjer för var och när belysning ska användas.

För vissa typer av vägar och platser finns ibland inga tydliga riktlinjer. Det kan också vara så att det finns omständigheter som gör att man kan vilja göra avsteg från de rekommendationer som finns. Oavsett om det finns riktlinjer eller inte så kan det vara en god idé att fundera igenom hur vägen/platsen används i mörker och vilken funktion belysningen ska fylla. Frågor som kan vara till hjälp vid beslutet om man ska ha belysning eller inte är t ex:

- *Vilken funktion ska belysningen fylla?*
Till exempel: ge visuell ledning, underlätta upptäckande av oskyddade trafikanter, försvåra kriminalitet etc.
- *I vilken omfattning används vägen/platsen i mörker?*
Till exempel: trafikmängd, finns alternativa vägar, etc.
- *Vad finns det för skäl att ha belysning?*
Till exempel: krav/regler, trafiksäkerhet, olycksstatistik, komfort, framkomlighet, trygghet, trivsel, önskemål från allmänheten, etc.

- *Vad finns det för skäl att inte ha belysning?*
Till exempel: fyller ingen/liten funktion, hög kostnad, hög energiåtgång, ljusföroreningar, etc.
- *Vad blir konsekvenserna för trafikanterna om man väljer att inte ha belysning?*
- *Hur används belysning på liknande vägar eller i liknande trafikmiljöer?*

5.2 Särskilda krav eller rekommendationer

VGU ger i många fall konkreta anvisningar eller rekommendationer för hur vägbelysningen ska utformas i olika vägmiljöer. Kraven och råden handlar i första hand om vilken belysningsklass som är lämplig, men det kan även finnas anvisningar om till exempel ljuspunktsplacering. Kapitel 6–8 konkretiserar och förtydligar de rekommendationer som finns i VGU.

Kraven och råden i VGU utgör ett ramverk för utformningen av en belysningsanläggning. Att inhämta information från VGU bör alltid ingå som ett första steg i planeringsarbetet. Senaste versionen av VGU (och även äldre versioner) finns tillgänglig på Trafikverkets webbplats.

5.3 Belysningsklass

För de flesta typer av vägar och trafikmiljöer anges lämplig belysningsklass i VGU. Se även kapitel 6–8. I de fall rekommendationer saknas bör belysningsnivån väljas dels utifrån vilken funktion belysningen ska fylla, dels utifrån omgivningsljuset (se även kapitel 4.3). Rekommendationer för liknande vägtyper eller trafikmiljöer kan ofta också ge en vägledning.

Om det finns intilliggande eller anslutande anläggningar bör valet av belysningsklass koordineras med de befintliga anläggningarna. Liknande vägtyper inom samma område bör om möjligt ha samma belysningsklass för att undvika onödiga variationer i belysningsnivå och för att skapa en enhetlig belysning.

I de fall omgivningsljuset skiljer sig från vad som kan förväntas för en viss vägtyp kan det vara motiverat att göra avsteg från de rekommenderade belysningsklasserna. Om omgivningen är mycket ljusare, till exempel beroende på skyltfönster, reklamskyltar eller närliggande belysningsanläggningar kan det vara lämpligt att välja en högre belysningsteknisk kvalitet (en klass högre) än vad som rekommenderas. Om omgivningen är mörkare än vad den vanligtvis är för den aktuella vägtypen kan det vara motiverat att välja en lägre belysningsteknisk kvalitet (en klass lägre) än vad som rekommenderas.

Det kan även finnas anledning av göra avsteg från de rekommenderade belysningsklasserna om det finns särskilda skäl, till exempel för att minimera mängden ljusföroreningar i ett känsligt naturområde.

5.4 Anläggningstyp

Vägbelysning kan anordnas med stolpar eller med linor. Anläggningstyp bör väljas med hänsyn till bland annat:

- Belysningsklass
- Vägens typsektion

- Möjligheten att placera stolpar längs med vägen
- Möjligheten att fästa bärlinor eller konsoler i byggnader(Figur 10)
- Samordning med befintliga anläggningar
- Drift- och underhållsaspekter
- Estetik och rumslighet



Figur 10: Fasad- eller linmontering kan vara lämpligt i stadsmiljöer. Bild: Henrik Gidlund.

5.5 Ljuspunktsplacering

Vid placering av ljuspunkterna ska hänsyn tas både till funktion och till estetik. Dessutom ska säkerhetsaspekter beaktas. En grundprincip är att utrustningen ska placeras så att den inte inkräktar på vägens fria rum³. VGU föreskriver att:

- Ljuspunktshöjden vid ljuspunktsplacering över vägbana ska vara minst 4,7 m.
- Luftledning över allmän väg ska vara förlagd på sådan höjd att det fria utrymmet över mark blir minst 6 m.

Vad som är lämplig ljuspunktshöjd avgörs främst av hur stor yta varje armatur behöver lysa upp. En högt placerad ljuspunkt kan belysa en större yta än en lägre placerad armatur, utan att orsaka onödigt bländning. Ljuspunktshöjden anpassas efter vägtypen och vägrummets karakteristik. Tabell 2 anger lämpliga intervall för olika vägtyper. Inom intervallen väljs höjden så att den passar in i miljön, t ex så att den överensstämmer med närliggande belysningsanläggningar, eller med avseende på

³ Se även TRVÖK Vägars och gators utformning, kapitel 1.4.1

intelligande byggnader och träd, Figur 11. När det finns byggnader är det lämpligt att ljuspunkterna i höjddled placeras något under takfoten (förutsatt att rekommendationerna i Tabell 2 uppfylls), eftersom de tenderar att framträda mer om de sticker upp över takfoten. Ljuspunktshöjden kan också påverkas av var det finns möjlighet att fästa linor och konsoler i byggnader.



Figur 11: Ljuspunkternas höjd bör anpassas efter intelligande byggnaders skala. Bild: Lennart Johansson.

Stolphöjden påverkar hur en plats upplevs. Lågt placerade ljuspunkter gör ofta att en plats eller väg upplevs som trivsamt, medan höga stolpar kan göra att en plats upplevs som ödslig. I trafikmiljöer bidrar stolphöjden till trafikanternas förståelse och tolkning av situationen. Höga stolpar signalerar större vägar och högre hastigheter, medan låga stolpar signalerar stadsgata eller GC-väg.

Högmastbelysning (16–30 m) kan funktionellt sett vara fördelaktig, eftersom den är synlig på långt håll (visuell varning) och kan belysa ett relativt stort område med ett fåtal stolpar/master. Dock är underhållet av högmastbelysning ofta komplicerat och dyrt, eftersom det, då ljuspunkten är placerad högre än 12 m, krävs en kranbil och uppställningsyta för denna. Högmastbelysning ska därför inte användas annat än i undantagsfall.

Tabell 2: Lämplig ljuspunktshöjd för olika vägtyper.

Vägtyp	Ljuspunktshöjd
Vägar utanför tätort med mer än två körfält	10–12 m
Tvåfältsväg utanför tätort	8–12 m
Genomfart, infart	10–12 m
Huvudgata	8–12 m
Uppsamlingsgata	6–10 m
Lokalgata	6–8 m
GC-väg	4–6 m

De flesta vägbelysningsarmaturer är konstruerade för att sitta på en höjd som är lika med vägbredden, och med ett stolpavstånd som motsvarar 4–5 gånger stolphöjden. En noggrann bestämning av lämpligt avstånd mellan ljuspunkter beräknas fram – med programvara för belysningstekniska beräkningar – baserat på belysningsklass, vald ljuspunktshöjd samt armaturernas ljusflöde och ljusfördelningskurva.

5.6 Stolpplacering

Belysningsstolpar bör i möjligaste mån placeras så att skadeföljden vid påkörning blir så låg som möjligt. För trafikanterna kan skadeföljden minskas genom användandet av eftergivliga stolpar, men oavsett stolptyp är det olämpligt att placera stolpar där risken för påkörning är stor eftersom påkörda stolpar leder till kostnader för reparationer. Exempel på platser där stolpar lätt blir påkörda är ytterkurvor, där tung trafik genar i korsningar (refuger och ”hörn”), målade ytor i cirkulationer samt i T-korsningar (mittemot den anslutande vägen). Vid valet av stolpplacering bör man även beakta estetiska aspekter samt snöröjning och annat underhåll. Belysningsstolparnas placering ska så långt det är möjligt samordnas med andra typer av stolpar.

Minsta avstånd⁴ mellan stolpe och körbanekant för olika referenshastigheter ges av Tabell 3. Avståndet mellan beläggningsskant och stolpe bör om möjligt alltid vara minst 0,5 m, oavsett referenshastighet. Stolpar ska med andra ord inte placeras på vägrenen.

Stolpar inom säkerhetszonen⁵ ska vara eftergivliga eller placeras bakom räcken. När vägen har räcken ska stolpar alltid placeras bakom räcket och utanför räcketets arbetsbredd⁶. Principerna för stolpplacering visas i Figur 12.

⁴ Se även *TRVÖK Vägars och gators utformning*, kapitel 1.4.1.3.

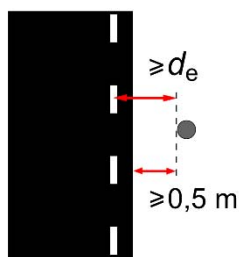
⁵ Tabeller över säkerhetszoner för olika vägtyper finns i *TRVK Vägars och gators utformning*, kapitel 2.5.1, samt i *TRVR Vägars och gators utformning*, kapitel 2.5.1.3.

⁶ Se även *TRVK Vägars och gators utformning*, kapitel 1.3.5.3.

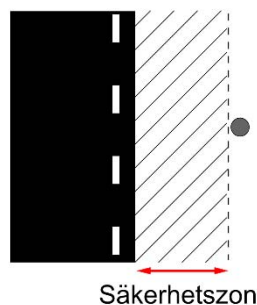
Tabell 3: Minsta avstånd mellan körbanekant och stolpe

Referens-hastighet	Minsta avstånd mellan körbanekant och (eftergivlig) stolpe (m), d_e
30	0,30
40	0,40
60	0,75
80	1,00
100	1,50
110	2,00
120	2,00

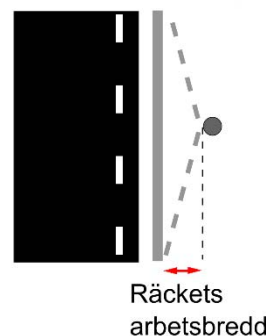
Eftergivliga stolpar



Oeftergivliga stolpar



Väg med räcke



Figur 12: Vänster: Eftergivliga stolpar ska placeras på ett avstånd $\geq d_e$ från körbanekant, enligt Tabell 3, och om möjligt minst 0,5 m från beläggningskant. Mitten: Oeftergivliga stolpar ska placeras utanför säkerhetszonen. Höger: Om vägen har räcken ska stolpar placeras bakom räcke och utanför räckes arbetsbredd.

Längs vägsträckor placeras stolpar enligt en av följande principer:

- Enkelsidig placering
- Dubbelsidig placering
- Mittplacering
- Sicksackplacering

I normalfallet bör man sträva efter att välja en sådan placering att endast en rad stolpar krävs, dvs. enkelsidig placering eller mittplacering. Stolpar bör om möjligt undvikas i ytterkurvor på vägar med högre hastigheter. För väg med mittremsa på vilken stolplacering medges kan stolparna placeras i mittremsan (med en arm över varje körbana), eftersom en sådan placering ger en likvärdig belysning av båda körbanorna. Dock kan placering i mittremsa medföra att underhållet blir komplicerat och kostsamt. Alternativet att ha dubbla stolprader innebär å andra sidan högre investeringskostnader. En samlad bedömning av kostnader, estetik och andra relevanta faktorer bör ligga till

grund för valet av stolpplacering. Förslag på stolpplacering för cirkulationsplatser, korsningar och trafikplatser finns i Bilaga 6.

I innerstadsmiljöer kan det vara ont om utrymme och stolpplaceringen kan då kräva lite extra eftertanke. Om det finns byggnader intill gatan kan man välja fasad- eller linmontering istället för stolpar. Om stolpar placeras på en trottoar bör avståndet till kantstenen och eventuella fasader av underhållsskäl vara minst 0,6 m.

På GC-vägar är det lämpligt att placera stolpar omkring 0,5 m från vägbanekant (asfaltkant). Om det finns en trädallé längs med en GC-väg bör stolparna placeras i trädlinjen, förutsatt att trädskronorna inte skuggar belysningen.

5.7 Belysningsstolpar, linor och fundament

Med hänsyn till egenskaperna vid påkörning indelas belysningsstolpar i:

- **Oeftergivliga stolpar:** Stolpe som utgör ett i det närmaste fast hinder när den påkörs av en personbil.
- **Eftergivliga stolpar:** Stolpe som vid påkörning med personbil inte ger allvarliga personsador. Stolpar betraktas som eftergivliga om krav för skaderiskklass 1 för vald hastighetsklass enligt standarden SS-EN 12767 uppfylls. Eftergivliga stolpar delas in i två kategorier⁷:
 - **Uppfångande stolpar:** Stolpen deformeras vid påkörning och bromsar upp den påkörande bilen på ett mjukt sätt. Uppfångande stolpar finns i två varianter som benämns *High Energy absorbing* (HE) och *Low Energy absorbing* (LE).
 - **Icke uppfångande stolpar:** Stolpen går av vid påkörning. Den påkörande bilens hastighet minskas inte i någon större utsträckning av stolpen.

Stolpar som placeras inom säkerhetszonen och som inte placeras bakom räcke ska vara eftergivliga samt uppfångande av typ HE och som minimum anpassade för aktuell hastighetsklass på sträckan (dvs. stolpens hastighetsklass ska vara lika hög eller högre än sträckans hastighet).

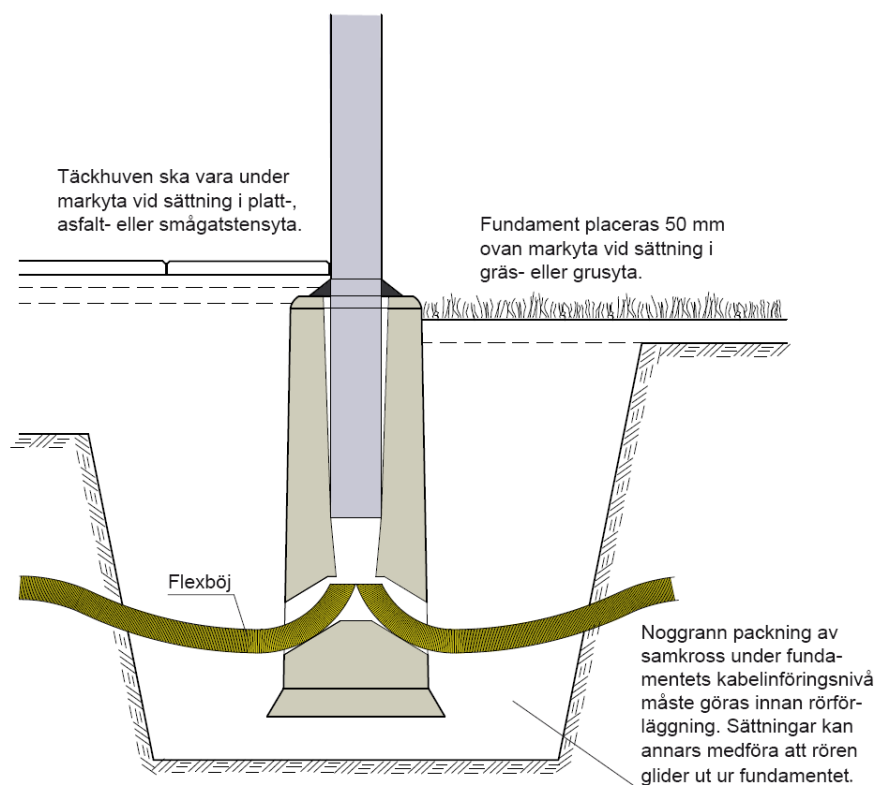
Vid val av stolpar bör följande estetiska aspekter beaktas:

- Kvoten mellan stolpars armlängd och vertikala del bör vara högst 0,25
- Stolparmar bör normalt luta 2° till maximalt 5° över horisontalplanet
- Förzinkade stolpar kan i estetiskt känsliga miljöer behöva målas

Linspänn har använts under lång tid som ett alternativ till stolpe eller arm på vägg för upphängning av armaturer, ibland av utrymmesskäl, ibland av belysningstekniska skäl. Linspännan ger möjlighet till att placera armaturer mitt över gatan vilket kan vara en stor fördel på breda gator. Linspännan kan fästas in på fasad eller på speciellt dimensionerade stolpar.

⁷ Se även *Vägars och gators utformning – Begrepp och grundvärden*, Trafikverket publikation 2012:199

Stolpar placeras vanligtvis i prefabricerade betongfundament med instick för stolpens bottendel eller bultgrupp för fotplatta. Platsgjutning förekommer, men ställer stora krav på materialval och korrosionsskydd. Fundamentet ska ta upp de krafter som uppstår av vind- och egenlast från stolpe, arme, armatur och eventuella skyltar. Höjden på fundamentet väljs efter omgivande ytor, placeras fundamentet för lågt så finns risk för korrosion på stolpens bottendel. I Figur 13 finns ett exempel på fundamentplacering från Stockholm stads tekniska handbok.



Figur 13: Exempel på fundamentssättning. Bild: Stockholm stads tekniska handbok.

5.8 Armaturer

En armatur består av elektronik (driftdon) som startar, driver och i vissa fall styr ljuskällan, optik som sprider och riktar ljuset, samt ett skyddande hölje.

Faktorer som är av betydelse vid valet av armatur är:

- Ljusfördelningskurva
- Verkningsgrad
- Bländningsgrad
- Kapslingsklass
- Vikt och vind yta
- Estetik
- Möjligheterna att utföra underhåll

- Hållbarhet

Trafikverkets krav på armaturer för alla typer av belysningsanläggningar inom väg och järnväg ges av dokumentet *Belysningsarmaturer (TDOK 2013:0651)*. Dokumentet anger krav på bland annat prestanda, driftegenskaper, elsäkerhet, hållbarhet och skötsel. Kraven gäller för Trafikverkets samtliga anläggningar. För kommuner kan dokumentet användas för vägledning.

För armaturens placering på stolpen/stolparmen gäller följande:

- Armaturen bör följa stolparmens lutning (armaturen ska inte luta mer än stolparmen)
- Armaturen ska inte vinklas efter vägens lutning. Om vägen lutar bör man överväga att ha ett kortare stolpavstånd än vad man skulle ha på en plan väg, för att inte belysningen ska bli ojämn.

Armaturens utformning påverkar i hög utsträckning hur ljuset sprids, samt graden av bländning. Armaturer för väg- och gatubelysning har vanligtvis någon form av reflektor som riktar ljuset från rundstrålande ljuskällor nedåt. I många fall kan armaturens ljusfördelning anpassas genom att ljuskällans position ändras. Ljusspridningen påverkas till viss del även av armaturens glas. Man skiljer vanligtvis på planglas och kupat glas. Med kupat glas kan ljus i högre utsträckning spridas åt sidorna. Armaturer med planglas har en bättre fysisk avskärmning av ljuskällan och har därför ofta, men inte alltid, en hög avskärmningsklass (G-klass).

I armaturer för parkbelysning kan optiken till exempel bestå av en kupa eller skärm av frostat glas, eller ett ”tak” som ger en diffus reflexion av ljuset, Figur 14. Variationen i utseende är förhållandevis stor när det handlar om armaturer för parkbelysning och estetiken blir därför ofta en relevant parameter.



Figur 14: Parkarmatur. Bild: Henrik Gidlund.

För urladdningslampor krävs att armaturen förses med driftdon (även kallade förkopplingsdon eller ballast) som reglerar strömmen och tänder lampan. Olika lampor kräver olika typer av driftdon. Moderna elektroniska driftdon ger mindre flimmer vid tändning, är mer energieffektiva, samt tänder lampan snabbare än äldre typer av driftdon. De ger också ofta en möjlighet att dimra belysningen.

LED-armaturer skiljer sig från andra typer av armaturer i flera avseenden. Dels är elektronik och optik ofta integrerade med själva ljuskällan, dels består ljuskällan av ett flertal små lysande punkter monterade på en platta, till skillnad från andra typer av lampor där ljuskroppen består av en rundstrålande glob eller cylinder. Vanligtvis monteras lysdioderna i en matrisform, där varje lysdiod har sin egen optik. Armaturens totala ljusspridning avgörs av de individuella diodernas optik samt deras placering och riktning.

5.9 Ljuskällor

Ur ett trafikantperspektiv är färgtemperaturen den mest relevanta faktorn vid valet av ljuskälla. Vitt ljus ger generellt sett bäst synförhållanden eftersom färger och färgkontraster framträder på ett bra sätt. Vitt ljus är därför lämpligt där det ställs höga krav på synförhållandena, såsom vid övergångsställen och på GC-vägar. Vitt ljus är också lämpligt i parker och stadsmiljöer där man vill skapa trivsel och trygghet, Figur 15. Neutralvitt eller varmvitt ljus upplevs oftast som mer behagligt och trivsamt än kallvitt ljus.



Figur 15: Vitt ljus ger bra färgåtergivning och en trivsamt miljö i parker och stadsmiljöer. Bild: Henrik Gidlund.

På vägar där det inte finns GC-trafikanter är inte färgtemperatur och färgåtergivning lika viktigt. Istället är ofta driftsäkerhet och effektivitet de mest viktiga faktorerna vid valet av ljuskälla. Högtrycksnatrium, som ger ett gulaktigt ljus, och även lysdioder som finns med olika färgtemperaturer, är bra alternativ.

Vid valet av färgtemperatur bör även helhetsintrycket beaktas. Att blanda olika ljuskällor inom ett och samma område kan fungera bra, men man bör i så fall sträva efter en konsekvent användning, till exempel så att en och samma vägtyp har samma typ av ljuskälla.

Andra relevanta aspekter vid valet av ljuskälla är livslängd och ljusutbyte (energiåtgång). Speciellt bör man beakta att nedgången i ljusutbyte över tid kan vara relativt stor för vissa ljuskällor, framför allt metallhalogener. Vidare bör man alltid eftersträva en så låg energiförbrukning som möjligt, utan att göra avkall på andra krav på belysningen. På platser där det är svårt att komma åt armaturerna är det lämpligt att välja en ljuskälla med lång livslängd.

Tabell 4 innehåller en sammanställning över de parametrar som är av betydelse vid valet av ljuskälla. Värdena i tabellen ska ses som en ungefärlig indikation på vilka valmöjligheter som finns.

Tabell 4: Ljuskällors egenskaper.

Ljuskällors egenskaper	Beskrivning och valmöjligheter
Ljusutbyte	Varierar från ca 60 lm/W till 130 lm/W.
Livslängd	Varierar från ca 8000 h till över 25 000 h.
Ljusnedgång	Varierar från ca 0,7 till 0,95 efter 12000h.
Färgåtergivning	Varierar från ca 50 till 90. Ra-index >80 ger bra färgåtergivning.
Färgtemperatur	Varierar från ca 2000 K till 6000 K. Varmvit = 3000 K, neutralvit = 4000 K, kallvit = 5000 K.
Möjlig att dimra	Ja/nej

Metallhalogenlampor har ofta en mycket bra färgåtergivning, men vissa typer kan ha en kraftig nedgång i ljusstyrka över tid. Det är möjligt att dimra vissa metallhalogenlampor, dock bara till en viss nivå. Vid dimring kan färgtemperaturen ändras och ljusutbytet blir oftast sämre. Metallhalogenlampor är förhållandevis dyra i inköp. Tändningstiden varierar från omkring en halv minut till flera minuter.

Högtrycksnatrium är den vanligaste ljuskällan för vägbelysning. En högtrycksnatriumlampa har ett högt ljusutbyte och är billig i inköp. En ytterligare fördel är att en högtrycksnatriumlampa kan göras förhållandevis liten. Dess främsta nackdel är att färgåtergivningen är dålig jämfört med andra typer av ljuskällor. Högtrycksnatrium går att dimra, men ljusutbytet blir sämre när lampan är dimrad. Tändningstiden för högtrycksnatrium varierar från ett par minuter upp till 10 minuter.

Kompaktlysrör och induktionslampor är mindre vanliga i vägbelysningsanläggningar. Båda typerna går att dimra, men för kompaktlysrör kan färgtemperaturen förändras vid dimring. En ytterligare nackdel med ljuskällorna är att ljusutbytet kan påverkas märkbart av omgivningstemperaturen. Kompaktlysrör har ett förhållandevis lågt inköpspris, medan induktionslampor är relativt dyra. De senare har dock en lång livslängd och kan därför vara lämpliga på svåråtkomliga ställen. Både kompaktlysrör och induktionslampor har en tändningstid på omkring en minut.

Ökade krav på energieffektivisering har lett till en gradvis utfasning av ineffektiva ljuskällor samt till en utveckling av ljuskällor med allt bättre ljusutbyte, livslängd och ljusspridning. Framför allt har det skett, och sker fortfarande, en snabb utveckling av lysdioder, vilka sannolikt kommer att bli den dominerande ljuskällan för väg- och gatubelysning på sikt. Lysdioder är energieffektiva, har en lång livslängd och bra färgåtergivning, och de kan användas i alla trafikmiljöer. Vid dimring bibehålls färgtemperatur och ljusutbyte, och livslängden förlängs minst i samma grad som dimringsgraden. Dessutom kan lysdioder dimras ända ned till 0 %. En möjlig nackdel med lysdioder är att de i vissa fall kan upplevas ge ett skarpt och/eller bländande ljus. Om man planerar att använda lysdioder kan det vara bra att besöka en referensanläggning för att försäkra sig om att den tilltänkta ljuskällan och armaturen fungerar på ett tillfredsställande sätt. Eftersom lysdiodlampor förekommer i en mängd varianter med avseende på färgtemperatur och ljusspridning kan upplevelsen av olika lamptyper skilja sig ganska mycket åt.

Användningsområden för olika ljuskällor ges av Tabell 5.

Tabell 5: Användningsområden för olika ljuskällor

Ljuskälla	Användningsområde
Keramisk metallhalogen	Gator, GC-vägar, torg, parker
Högtrycksnatrium	Vägar och mindre känsliga områden i tätort
Kompaktlysrör	GC-vägar, torg, parker
Lysrör	Väg- och GC-tunnlar
LED (lysdioder)	Alla typer av vägar, gator och trafikmiljöer

5.10 Styrning och övervakning

Dimring, det vill säga nedreglering av belysningsnivån till exempel under tider med låga trafikflöden, är fördelaktigt av miljö- och kostnadsskäl. Framför allt kan dimring ge en väsentlig energibesparing, men dessutom minskar mängden ljusföroreningar.

Dimring kan vara lämpligt på genomfarts-, infarts- och huvudgator som inte används av oskyddade trafikanter. Även belysning på GC-vägar kan dimras. På vägar och platser som i princip inte används nattetid kan belysningen släckas helt, förutsatt att det inte medför några negativa konsekvenser till exempel med avseende på risk för brottslighet. Dimring bör inte ske vid övergångsställen, busshållplatser (åtminstone inte under de tider hållplatsen trafikeras), korsningar eller andra konfliktzoner. I beslutet om huruvida man ska dimra belysningen på en viss plats bör man beakta eventuella konsekvenser för synsvaga och äldre.

Trafikflödet bör avgöra under vilka tider belysningen ska dimras. En ungefärlig rekommendation är mellan kl. 22 och 05. Vid dimring ska samtliga lampor regleras ned lika mycket. Effektreducering av belysning ska inte göras genom att släcka varannan lampa, eftersom det ger en mycket ojämn belysning.

Det finns inga egentliga riktlinjer för hur mycket belysningsnivån ska sänkas vid dimring, men viss vägledning kan ges av de tabeller som anger lämplig belysningsklass för olika vägtyp och ÅDT (Tabell 7 och Tabell 8, samt Tabell 9 och Tabell 10). Till exempel kan man, för en väg som betraktas ha svårighetsgraden *stor* beroende på högt trafikflöde, dimra till den nivå/klass som skulle användas om vägen hade haft ett lågt trafikflöde. En undre rekommenderad gräns för medelluminans vid dimring är 0,5 cd/m², vilket motsvarar klass M5. På GC-vägar bör E_{min} inte underskrida 1 lx när någon nyttjar vägen.

Dimring är förenat med vissa kostnader i form av styrsystem och andra komponenter som krävs för att belysningen ska kunna regleras. De flesta ljuskällor går att dimra, men utrustningen som krävs och kostnaden för denna kan variera beroende på typ av ljuskälla. För många typer av ljuskällor minskar ljusutbytet när lampan dimras (se även kapitel 5.9), vilket begränsar besparingspotentialen något. Till exempel ger en högtrycksnatriumlampa som dimras ned till 50 % en energibesparing på omkring 35 %. För att kunna bedöma om det lönar sig att förse en anläggning med system för dimring behöver man oftast göra en LCC-analys.

Tändning/släckning och dimring styrs vanligtvis utifrån tid på dygnet eller av omgivningsljuset. Med allt mer avancerade styrsystem börjar det bli möjligt att styra belysning även utifrån andra parametrar. Till exempel kan närvarostyrning vara en bra

lösning för GC-vägar, där man av trygghetsskäl inte vill dimra belysningen. Andra system kan möjliggöra styrning utifrån väder. Regn, våta vägbanor, snö och dimma kan kraftigt försämra synförhållandena, vilket kan föranleda att man vill kunna förändra belysningsnivån. Det bör dock understrykas att det idag i stor utsträckning saknas kunskap och riktlinjer för hur belysningen ska anpassas efter väderförhållanden.

Om man väljer att använda någon form av ”intelligent” styrning kan det vara bra att följa upp och utvärdera systemet, för att försäkra sig om att det fungerar som det är tänkt. Belysning som tänds, släcks eller dimras på ett oförutsägbart eller felaktigt sätt skapar osäkerhet och irritation hos trafikanterna.

En form av ljusreglering som finns i nyare elektroniska don är konstant ljusflödesfunktion (CLO). Donet sänker lampans styrka i början för att sedan gradvis öka effekten över tid för att motverka lampans ljusflödesminskning. Resultatet blir att ljuskällan ger ett konstant ljusflöde över livstiden.

Trafikverkets krav på styrsystem för belysningsanläggningar ges av dokumentet *TDOK 2013:0580 Styrssystem för belysningsanläggningar för väg*. Dokumentet anger krav dels på system för styrning och övervakning, dels på system för effektreducering. Kraven gäller för Trafikverkets samtliga anläggningar. För kommuner kan dokumentet ses som rådgivande.

5.11 Belysningstekniska beräkningar

Belysningstekniska beräkningar ska göras för att man ska kunna försäkra sig om att anläggningen uppfyller de förutbestämda kraven på belysningsteknisk kvalitet. Normalt räknar man på ett teoretiskt vägsnitt där vägbredd och andra relevanta parametrar väljs utifrån den aktuella vägens egenskaper. Beräkningarna ger, förutom värden på de belysningstekniska parametrarna (medelluminans etc.), en bild av ljusets spridning och jämnhet för i huvudsak torra vägbanor. Däremot är det utifrån beräkningarna svårt att dra slutsatser om hur nivån på belysningen kommer att upplevas på den aktuella platsen. Likaså är det svårt att inkluderaeffekter från väta, regn och reflexioner.

För vägar och gator görs beräkningarna för ytan mellan två närliggande armaturer (se även kapitel 3.2.1). Med hjälp av beräkningarna bestäms ett lämpligt stolpavstånd för den valda armaturen och stolphöjden. En enkel tumregel att utgå ifrån är att stolphöjden bör motsvara vägbredden och stolpavståndet bör motsvara 4-5 gånger höjden. Belysningens jämnhet är främst kopplad till stolphöjd och stolpavstånd. Luminansen och belysningsstyrkan är främst kopplade till armaturens ljusflöde.

Vid beräkningarna förutsätts vägsträckan vara rak och ytan horisontell. Om vägen i verkligheten har avsnitt med kraftig kurvatur eller lutning kan stolpavståndet behöva justeras på dessa platser.

De belysningstekniska beräkningarna baseras på standarden SS-EN 13201-3.

5.12 Ekonomiska beräkningar

Vägbelysningsanläggningar förväntas ha en lång livslängd. Stolpar och armaturer kan sitta 25–50 år innan utbyte, medan kabel och kanalisation kan ha en livslängd på 50–100 år. Det är viktigt vid planeringen att ta hänsyn till anläggningens kostnad under hela livscykeln (LCC), det vill säga förutom investeringskostnaden även kostnaderna för underhåll och energi.

Det finns färdiga mallar till LCC-beräkningar för vägbelysning att hämta från Energimyndigheten och Miljöstyrningsrådets webbsidor, se även Bilaga 7. Tidsspannet för kalkylen bör väljas så att det minst innefattar 20–25 år för att täcka in olika underhållsscenario.

6 Landsbygd

Vägar utanför tätort behöver normalt sett inte förses med vägbelysning. VGU föreskriver dock användning av belysning i vissa fall. I cirkulationsplatser och i signalreglerade korsningar ska vägbelysning alltid användas. Det kan även vara motiverat att ha vägbelysning på vägar med stort trafikflöde, i korsningar och trafikplatser med stor komplexitet, vid övergångsställen och busshållplatser med stort antal fotgängare, på rastplatser och vid vissa speciella anläggningar. Andra faktorer som kan motivera vägbelysning på landsbygd är:

- Hög andel mörkerolyckor
- Störande eller missledande ljus i stor omfattning
- Stor gång- eller cykeltrafik i mörker

För många trafikmiljöer på landsbygd saknas precisa kriterier för när belysning ska användas. Man måste istället göra en bedömning för det specifika fallet, där nyttan vägs mot kostnaderna. Just kostnaderna spelar ofta en väsentlig roll när det handlar om anläggningar på landsbygden, speciellt vid längre vägsträckor eller i områden där det saknas elnät. Att göra en analys av vilken funktion belysningen ska fylla (se kapitel 2.2), utifrån trafikanternas behov och rörelsemönster i det specifika fallet, ger ett bra underlag för bedömningen.

Ibland kan det vara möjligt att tillgodose trafikanternas behov med andra åtgärder än belysning. Den visuella ledningen kan förbättras med hjälp av kantstolpar, heldragen kantlinje eller vägmärken, samt genom bra underhåll av dessa. Problem med bländning från mötande trafik eller från ljusstarka föremål i omgivningen kan i vissa fall minskas genom att avskärma ljuset, t ex med skärmar/barriärer eller buskage. I de fall GC-trafikanter ofta använder en väg för motortrafik kan olycksrisken minskas genom att vägen förses med bred vägren. I korsningar och vid trafikplatser är tydliga och välplacerade vägmärken ofta tillräckliga för att leda trafikanterna rätt.

En solcellsdriven närvarostyrd anläggning kan ofta vara ett bra alternativ i situationer där belysning kan fylla en viktig funktion under en begränsad tid och med en begränsad ljusstyrka, till exempel vid en busshållplats eller vid en informationstavla.

6.1 Vägsträckor

VGU krav: - (VGU anger krav på belysningsklasser baserat på svårighetsgrad, ÅDT och vägtyp)

Huvudprincipen är att vägsträckor på landsbygd inte ska förses med belysning, annat än i undantagsfall. Faktorer och situationer som gör att man bör överväga att ha belysning är:

- **Högt trafikflöde:** Att använda belysning på vägar med höga trafikflöden har två syften: dels att öka adaptionsnivån för att minska problemen med bländning från mötande trafik, dels att göra trafiksituationen lättare att överblicka, till exempel vid köbildning. Bländning från mötande trafik är framför allt ett problem när motgående körfält ligger nära varandra och det inte finns någon form av mittbarriär (t ex betongbarriär eller buskar). Tabell 6 ger riktlinjer för när belysning bör övervägas.

Tabell 6: Trafikflöden som föranleder att vägbelysning bör övervägas.

Vägtyp	ÅDT-0
Motorväg	35 000
Mötesfri väg	20 000
Tvåfältsväg utan GC-trafik	7 000
Tvåfältsväg med GC-trafik	5 000

- **Stort antal GC-trafikanter på körbanan:** GC-trafikanter som befinner sig på vägen är svåra att upptäcka i belysning från enbart halvljus, speciellt om de saknar reflexer eller vid vått väglag. Om vägen i stor utsträckning används av GC-trafikanter kan det därför vara motiverat att belysa vägen. När man väljer att ha belysning på grund av förekomst av GC-trafik bör belysningen arrangeras så att även området närmast vägen blir belyst (kraven på *EIR* ska vara uppfyllda), eftersom det i huvudsak är det området som kommer att utgöra bakgrund till GC-trafikanterna, vilka då blir synliga i negativ kontrast.
- **Störande eller missledande ljus i stor omfattning:** Belysning från mindre bostadsbebyggelse eller närliggande GC-vägar utgör oftast inget problem. Däremot kan förekomst av ljusstarka objekt, till exempel skyltfönster, reklamskyltar eller belysning vid industrier, större idrottsplatser eller annan kommersiell verksamhet nära vägen medföra att en obelyst väg yta upplevs som mycket mörk och svår att se. I sådana situationer kan det vara nödvändigt att belysa vägen för att skapa acceptabla synbarhetsförhållanden.
- **Hög andel mörkerolyckor:** På vägsträckor där man har bedömt att synförhållandena är sådana att de på ett betydande sätt har bidragit till att mörkerolyckor inträffat, bör belysning övervägas. Om olyckorna bedöms bero på bristande visuell ledning bör synförhållandena i första hand förbättras med hjälp av kantstolpar, heldragen kantlinje och vägmärken (t ex X1 markeringspil eller X4 avfartsskärm).
- **Korta avstånd mellan belysta platser:** När tidsavståndet mellan två belysta platser (trafikplatser, cirkulationsplatser, vägsträckor etc.) är mindre än omkring 20 s (motsvarar 500 m då hastighetsbegränsningen är 90 km/h) kan man belysa sträckan mellan trafikplatserna, för att minska variationerna i adaptionsnivå och för att skapa ett bättre helhetsintryck. Även andra faktorer än tidsavståndet bör vägas in i bedömningen, t ex siktsträcka, omgivning/miljö, vägtyp etc.

Om man, baserat på kriterierna ovan eller av något annat skäl, har bedömt att en vägsträcka på landsbygd bör förses med belysning ska belysningsklass väljas utifrån svårighetsgrad, ÅDT-0 och vägtyp. Trafikmiljöns svårighetsgrad delas in i tre nivåer: stor, normal eller liten. Svårighetsgraden bedöms vara **stor** om något av följande kriterier är uppfyllt:

- Det finns ett stort antal GC-trafikanter på vägbanan.
- Det finns störande eller missledande ljus.

- Det finns smala körfält, smala vägrenar, smal mittremsa eller korta avstånd mellan trafikplatser.
- Hastighetsbegränsningen är 90 km/h eller högre (gäller ej motorväg).

Om inte något av kriterierna ovan är uppfyllt, avgörs svårigheten av ÅDT-0 och vägtyp, enligt Tabell 7.

Tabell 7: Klassificering av trafikmiljöns svårighetsgrad, baserat på ÅDT-0 och vägtyp.

Vägtyp	ÅDT-0			
	<5000	5000–11999	12000–14999	>15000
Motorväg	<i>liten</i>	<i>liten</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>
Mötesfri väg Väg med mer än 2 körfält	<i>liten</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>
Tvåfältsväg	<i>liten</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>	<i>stor</i>

Belysningsklass väljs utifrån vägtyp och trafikmiljöns svårighetsgrad, enligt Tabell 8.

Tabell 8: Belysningsklasser för vägsträckor på landsbygd, baserat på trafikmiljöns svårighetsgrad.

Vägtyp	Trafikmiljöns svårighetsgrad		
	Stor	Normal	Liten
Motorväg, ÅDT \geq 70000	M1	M2	M3
Motorväg, ÅDT < 70000	M3	M4	M5
Mötesfri väg utan GC-trafik	M3	M4	M5
Mötesfri väg med GC-trafik	M2	M3	M4
Tvåfältsväg utan GC-trafik	M3	M4	M5
Tvåfältsväg med GC-trafik	M2	M3	M4

Lämplig stolphöjd är 10–12 m på vägar med mer än två körfält, och 8–12 m på tvåfältsväg. En tumregel är att höjden på stolparna bör vara ungefär lika med vägens bredd. I första hand bör belysningen anordnas med enbart en rad med stolpar – på tvåfältsväg längs med ena vägrenen och, om omständigheterna tillåter, i mittremsan på vägar med separerade körbanor. Om det inte är möjligt att uppfylla de belysningstekniska kraven med en enda stolprad kan sicksackplacering eller dubbelsidig placering vara nödvändig. Ytterligare detaljer kring stolplacering ges av kapitel 5.6.

Vid övergång från belysta till obelysta vägsträckor ska det finnas en adaptationssträcka med reducerad belysning för att ögat ska hinna anpassa sig till de förändrade ljusförhållandena. Anvisningar för adaptationssträckor finns i Bilaga 5.

6.2 Korsningar och trafikplatser

Belysning i korsningar hjälper förare att överblicka trafiksituationen och kan underlätta bedömningen av andra fordons position och hastighet. Belysning kan även fungera som en visuell varning som uppmärksammar förarna på en annalkande korsning.

6.2.1 Plankorsningar på belysta vägar

VGU krav:- (samma krav som för den belysta vägen)

Vid plankorsningar på belysta vägar ska man använda samma anläggningstyp som på primärvägen. Om siktförhållandena vid korsningen är dåliga kan ett alternativ vara att använda högmastbelysning för att trafikanterna lättare ska uppmärksamma korsningen. Högmastbelysning förutsätter dock beaktande av underhållsaspekter. Vad som ska betraktas som dåliga siktförhållanden måste avgöras från fall till fall, men en ungefärlig rekommendation är högmastbelysning är lämplig att använda då det är svårt att uppfatta att det är en korsning på dubbla stoppsiktsavståndet⁸.

Stolphöjden hos högmastbelysning bestäms utifrån förhållandena på platsen. För stolpplacering, se Bilaga 6.

6.2.2 Plankorsningar på obelysta vägar

VGU krav: Trafiksignalreglerade korsningar ska alltid vara belysta.

VGU föreskriver att trafiksignalreglerade korsningar alltid ska vara belysta.

Rekommendationen är att även belysa korsningar med *stor komplexitet*. Med stor komplexitet avses till exempel:

- **Högt trafikflöde med stor andel svängande:** Ju mer trafik, desto mer komplex tenderar trafiksituationen att bli. Både flödet på primärvägen och på sekundärvägen är relevant vid bedömningen.
- **Korsningar med dåliga visuella förhållanden:** Om en korsning, trots adekvat markering med vägmärken och vägmarkeringar, är svår att upptäcka, förstå eller överblicka i mörker, eller om den är olycksdrabbad i mörker, bör belysning övervägas.
- **Korsningar med flera körfält:** När någon av de anslutande vägarna har mer än två körfält vid själva korsningspunkten kan belysning göra att trafikanterna lättare kan överblicka situationen och planera sin körning. Till den här kategorin räknas i första hand korsningar av C-typ, där det finns separata körfält för vänstersvängande fordon. Även vid korsningar av typen "ögla" (spansk sväng) där vänstersvängande fordon leds in på en separat väg kan belysning fylla en funktion, åtminstone om antalet svängande är stort. De visuella förhållandena och trafikflödet bör vägas in i bedömningen av huruvida en korsning med flera körfält ska belysas.

Korsningar med ett litet antal svängande, samt korsningar med låg grad av komplexitet behöver inte belysas.

⁸ Definitioner och beräkningsanvisningar finns i *Vägars och gators utformning – Begrepp och grundvärden*, Trafikverket publikation 2012:199.

Om man bedömer att en plankorsning på en i övrigt obelyst väg ska förses med belysning, är lämpliga belysningsklasser C3 för referenshastighet ≥ 70 km/h respektive C4 för referenshastighet ≤ 60 km/h. Belysningen ska i första hand arrangeras så att den skapar goda synbetingelser för trafikanter på primärvägen. Hur lång sträcka som ska belysas beror på vilken funktion belysningen ska fylla. Om syftet är att ge en visuell varning och förtydliga korsningens position är det ofta tillräckligt med en eller ett par stolpar eller eventuellt högmast. Om man vill synliggöra körfält för svängande fordon är det lämpligt att det belysta området åtminstone täcker in hela längden av det separata körfältet. I olycksdrabbade korsningar kan det vara lämpligt att utöver själva korsningen även belysa några hundra meter av primärvägen och åtminstone ett 20-tal meter sekundärvägen, för att underlätta förarnas bedömning av hastighet och position hos andra fordon. Stolphöjden bestäms utifrån förhållandena på platsen. För stolpplacering, se Bilaga 6. När enbart korsningen är belyst behövs vanligtvis ingen adaptationsträcka.

6.2.3 Cirkulationsplatser

VGU krav:

- *Cirkulationsplatser ska alltid förses med belysning.*
- *I cirkulationsplatser ska den belysningstekniska kvaliteten vara minst lika hög som den högsta av de anslutande vägarnas belysningstekniska kvalitet.*
- *I cirkulationsplatser där de anslutande vägarna är obelysta, ska belysningskvalitet C4 väljas.*
- *Vid planering av belysning ska helhetsintrycket av stolpar och master för belysning och vägmärken beaktas.*

Cirkulationsplatser ska alltid förses med belysning, oavsett om anslutande vägar är belysta eller inte. Ljuspunktsplaceringen beror på cirkulationsplatsens storlek, men en bra princip är att sträva efter så få stolpar som möjligt för att minska mängden ljusföroreningar, samt att placera ljuspunkterna så att cirkulationsplatsen blir synlig på avstånd (visuell varning). Förslag på stolpplacering finns i Bilaga 6.

Belysningen i cirkulationsplatsen ska synliggöra till- och frånfarter. Hur lång sträcka av de anslutande vägarna som ska belysas måste avgöras från fall till fall. Vid höga trafikflöden, framför allt på vägar med högre hastigheter, kan det vara lämpligt att belysa några hundra meter av de anslutande vägarna, för att förbättra synförhållandena vid köbildning. I annat fall kan det vara tillräckligt med några få stolpar.

Effektbelysning av rondellen kan, förutom att fungera som utsmyckning, bidra till att cirkulationsplatsen synliggörs på ett bättre sätt i mörker. Vid planering och anläggning av effektbelysning är det viktigt att beakta bländningsaspekter samt risken för att belysningen blir missledande eller kan förväxlas med fordonsbelysning. Hänsyn bör även tas till varierande väderförhållanden, såsom regn och snö.

6.2.4 Trafikplatser på belysta vägar

VGU krav:

- *Genomgående vägar inom trafikplats ska belysas med den belysningsklass som framgår av respektive tabell för vägtyp. Ramper samt av- och påfarter ska belysas med samma belysningsklass som primärvägen.*

När primärvägen är belyst ska trafikplatsen, inklusive ramper och av- och påfarter, belysas med samma belysningsklass, anläggningstyp och anläggningsgeometri som primärvägen. För att särskilja ramper, speciellt avfarter, kan man välja att använda en lägre stolpe för att tydliggöra förändringen i trafiksituationen. En lägre stolpe ger känslan av ett mindre vägrum där hastigheterna är lägre.

Att använda lågt placerade ljuspunkter, så kallat ledljus eller positionsljus, för att ge visuell ledning rekommenderas inte. Dels är det olämpligt av drifttekniska skäl, dels kan sådan belysning ge problem med bländning.

Förslag på stolpplacering för trafikplatser finns i Bilaga 6.

6.2.5 Trafikplatser på obelysta vägar

VGU krav:-

Om primärvägen är obelyst behöver trafikplatsens ramper inte belysas, såvida inte särskilda skäl föreligger. Faktorer som talar för belysning är till exempel:

- **Högt trafikflöde med stor andel avfart-/påfartstrafik:** Ju mer trafik, desto mer komplex tenderar trafiksituationen att bli. Både flödet på primärvägen och på sekundärvägen är relevant vid bedömningen.
- **Trafikplatser med svåra visuella förhållanden:** Om en trafikplats, trots adekvat markering med vägmärken och vägmarkeringar, är svår att upptäcka, förstå eller överblicka i mörker, eller om den är olycksdrabbad i mörker, bör belysning övervägas.
- **Risk för köbildning på ramperna:** Om det finns risk för köbildning på ramperna, till exempel beroende på trafiksignaler i anslutning till sekundärvägen, kan det vara lämpligt att belysa trafikplatsen.

Om man väljer att ha belysning är det lämpligt att belysa påfarter/avfarter, ramper och korsningar med sekundärvägen. Primärvägen behöver inte belysas.

Korsningar där ramperna ansluter till sekundärvägen kan punktbelysas, om de visuella förhållandena är dåliga.

Förslag på stolpplacering för trafikplatser finns i Bilaga 6.

6.2.6 Påfarter/avfarter på obelysta vägar

VGU krav:-

Med påfarter/avfarter avses påfarter/avfarter på motorväg, till exempel till och från rastplatser eller bensinstationer. För påfarter/avfarter gäller samma princip som för trafikplatser på obelysta vägar, dvs. påfarter/avfarter behöver i allmänhet inte belysas, såvida inte särskilda skäl föreligger (kapitel 6.2.5).

Om man väljer att belysa påfarter/avfarter, bör hela påfarten/avfarten belysas. Att belysa en påfart/avfart med enstaka stolpar rekommenderas inte, eftersom vägen bakom den belysta ytan – där det ofta är en kurva – blir mörk och syns dåligt.

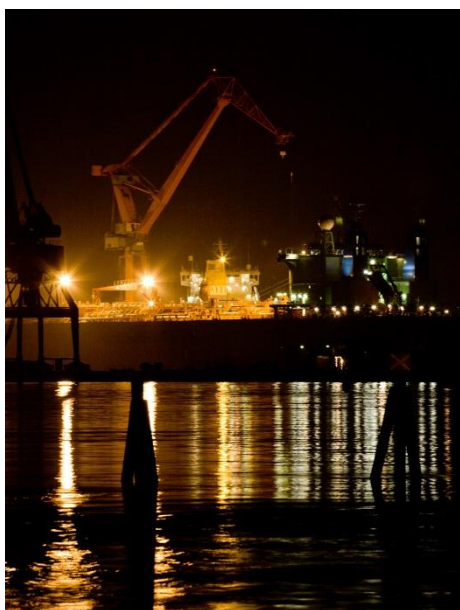
6.3 Broar

VGU krav: För broar gäller de regler som gäller för vägen i övrigt.

Om vägen är belyst används samma typ av belysning på bron. Stolpplaceringen kan dock behöva anpassas efter brons geometri. Om vägen är obelyst behöver bron i normalfallet inte förses med belysning. I vissa speciella fall kan det emellertid vara motiverat att överväga belysning av broar på i övrigt obelysta vägar, till exempel om bron i stor utsträckning används av GC-trafikanter, särskilt om vägen saknar vägren eller är smal. Det kan också vara motiverat att ha belysning om det finns faktorer som gör synförhållandena svåra, till exempel när det finns störande eller missledande ljus i stor omfattning, Figur 16.

I de fall man har belysning på en bro som går över en annan väg, över en järnväg eller över en farled för sjöfart bör man välja armaturer med minimal ljusspridning utanför körbanan, så att det inte uppstår störande skuggor för trafiken under bron. Även bländning bör beaktas, men är oftast ett mindre problem då ljuspunkterna är placerade relativt högt över trafiken under bron, samt har sin huvudsakliga spridningsriktning parallellt med bron.

Rörliga broar bör alltid förses med belysning. På svängbroar och lyftbroar kan belysningsstolpar normalt placeras på bron. Däremot får inte stolpar placeras på rörliga delar på klaffbroar eller rullbroar. Stolparna får istället placeras på brons fasta delar eller på fast mark. Vid längre broar kan eventuellt högmastbelysning användas, förutsatt att underhållsaspekter beaktas. Lämplig belysningsklass för belysning av rörliga broar på obelysta vägar är M3–M4, där den högre klassen kan användas vid mer komplexa trafikmiljöer. Se även *TRVK Bro*.



Figur 16: Störande och missledande ljus, till exempel från industrier, kan vara ett skäl till att belysta broar. Bild: Katja Kircher, VTI.

6.4 Övergångsställen

VGU krav: -

Huruvida övergångsställen på landsbygd ska belysas eller inte måste avgöras från fall till fall. Det kan vara motiverat att ha belysning då antalet fotgängare är stort och fordonstrafiken är tät. Om man väljer att ha belysning bör den utformas enligt principen för övergångsställen på obelysta gator, se kapitel 7.5.

6.5 Sidoanläggningar

6.5.1 Busshållplatser på belysta vägar

VGU krav: *Busshållplatser ska vid belysta vägar belysas med samma belysningsklass som vägen i övrigt. Busshållplats vid belyst väg ska belysas genom att ljuspunkter för den genomgående vägen anordnas så att även busshållplatsen blir belyst.*

Vid hållplatsen bör ljuspunkten/ljuspunkterna placeras så att väg ytan direkt till höger om bussen blir belyst, när bussen står på hållplatsen. Det vill säga, bussen ska inte skugga belysningen för de passagerare som stiger av och på bussen. Stolpar bör placeras minst 1 m från vägbanekanten.

6.5.2 Busshållplatser på obelysta vägar

VGU krav: -

Belysning på busshållplatser underlättar upptäckande av väntande passagerare. Belysningen bidrar också till upplevelsen av trygghet för dem som väntar på bussen, möjliggör läsning av tidtabell, samt synliggör väg ytan för dem som stiger av bussen. Av praktiska eller kostnadsmissiga skäl är det dock inte möjligt eller rimligt att alltid ha belysning, och man måste därför göra en bedömning utifrån situationen vid varje hållplats.

VGU rekommenderar att busshållplatser på landsbygden ska ha belysning då antalet fotgängare är stort och då fordonstrafiken är tät. Exakta kriterier för vad som är ett stort antal fotgängare och för vad som är tät trafik finns inte, utan måste bedömas från fall till fall. En ungefärlig rekommendation är att det kan vara lämpligt att ha belysning då antalet påstigande⁹ eller antalet avstigande per dygn är 20 eller fler. Belysning bör även övervägas då hållplatsen används av barn/skolskjuts. Länstrafikbolaget kan ge information om antalet resenärer.

Om man väljer att ha belysning på en busshållplats på en obelyst väg ska belysningsstyrkan vara låg för att inte störa eller blända den omgivande trafiken. Om det finns ett väderskydd kan det vara tillräckligt att enbart ha belysning inuti väderskyddet. Vid användandet av stolpar är lämplig belysningsklass C5 och armaturen ska helst ha avskärmningsklass G6. Stolphöjden bör vara förhållandevis låg, omkring 5–6 m, för att signalera att belysningen hör till en GC-miljö. En ljuspunkt räcker oftast för att belysa hållplatsen. Ljuspunkten bör placeras till höger om bussen, så att bussen inte skuggar väg ytan där passagerarna stiger av och på. Stolpen bör placeras minst 1 m från vägbanekanten. Belysningen kan släckas ner nattetid, under den tidsperiod då inga bussar trafikerar hållplatsen.

Ett alternativ då elnät saknas är att använda en solcellsdriven anläggning, antingen för belysning från en stolpe eller för belysning inuti ett väderskydd. En sådan anläggning kan gärna förses med närvarostyrning eller aktivering via en knapp.

6.5.3 Rastplatser

Rastplatser måste upplevas som trygga och trivsamma för att trafikanterna ska vilja använda dem, och belysning är därför önskvärd. En rekommendation är att rastplatser där det finns informationstavlor, toaletter eller andra byggnader, ska förses med

⁹ Se även TRVR *Vägars och gators utformning*, kapitel 5.1.5.

belysning. I de fall elnät saknas, samt vid enklare rastplatser, kan det vara motiverat att avstå från belysning.

Om man väljer att ha belysning ska belysningsstyrkan vara låg för att inte störa eller blända den omgivande trafiken. Lämplig belysningsklass är C5. Belysningen ska vara väl avskärmd från vägen och i första hand koncentreras till uppställningsplatser, bänkar/bord, toaletter och andra byggnader.

7 Tätort

Grundprincipen är att gator inom tätort alltid bör förses med belysning. På glest trafikerade gator i mindre tätorter eller i randbebyggelse kan det dock vara befogat att avstå från att installera belysning.

Belysningens grundläggande funktion är att göra trafikmiljön säker och trygg att vistas i, men inom tätort bör även estetiska aspekter vägas in. Ett väl genomtänkt val av belysning kan bidra till att förstärka platsens karaktär, skapa en trivsamt atmosfär och öka trygghetskänslan. Vid projektering bör därför belysningens inverkan på helhetsupplevelsen av platsen beaktas. Särskild hänsyn bör tas i känsliga miljöer, t ex vid unika byggnader eller fasader, vid förekomst av speciell utsmyckning eller i kulturhistoriska miljöer.

Ljusstilning och estetik ligger utanför syftet med VGU och berörs därför endast i begränsad omfattning nedan. Istället hänvisas till den utmärkta skriften *Nattens ljus* (Sveriges kommuner och Landsting, 2005) som innehåller många goda råd och exempel på ljusstilning i olika miljöer i tätort.

7.1 Vägsträckor

VGU krav: - (VGU anger krav på belysningsklasser baserat på svårighetsgrad, trafikflöde och vägtyp)

Gator i tätort bör normalt förses med belysning. En tätort definieras¹⁰ som ett område med sammanhängande bebyggelse med minst 200 invånare och med högst 200 m mellan husen.

Vid randbebyggelse och i tätortsnära områden kan det uppstå tveksamheter huruvida vägbelysning ska användas eller inte. Faktorer som kan tala för att belysning ska användas är att vägen används av oskyddade trafikanter, att trafikflödet är högt, att det finns flera korsningar eller cirkulationsplatser längs gatan, eller att det finns störande ljus, till exempel från närliggande industrier. Om någon del av vägen i hög utsträckning används av oskyddade trafikanter, t ex i anslutning till brevlådor eller busshållplatser, kan man överväga att ha belysning vid dessa platser.

Vilken belysningsklass som ska användas i tätort avgörs av trafikmiljöns svårighetsgrad. Trafikmiljöns svårighetsgrad delas in i tre nivåer: stor, normal eller liten. Svårighetsgraden bedöms vara **stor** om något av följande kriterier är uppfyllt:

- Det finns ett stort antal GC-trafikanter på vägbanan.
- Det finns störande eller missledande ljus.
- Det finns smala körfält, smala vägrenar, smal mittremsa eller korta avstånd mellan trafikplatser.
- Hastighetsbegränsningen är 90 km/h eller högre (gäller ej motorväg).
- Spårbunden trafik förekommer på vägen.

¹⁰ Detaljer ges av dokumentet *Beskrivning av statistiken – Tätorter; arealer, befolkning, MI0810*. Statistiska centralbyrån, 2011.

Om inte något av kriterierna ovan är uppfyllt, avgörs svårigheten av trafikflödet och tvärasektionen, enligt Tabell 9.

Tabell 9: Klassificering av trafikmiljöns svårighetsgrad, baserat på antalet körfält och trafikflöde.

Tvärasektion	Antal fordon vid dimensionerande timme (Dh)				
	< 300	300-999	1000-1499	1500-3499	≥ 3500
2 körfält	<i>liten</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>	<i>stor</i>	<i>stor</i>
Fler än 2 körfält	<i>liten</i>	<i>liten</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>	<i>stor</i>

Belysningsklass väljs utifrån vägtyp och trafikmiljöns svårighetsgrad, enligt Tabell 10.

Tabell 10: Belysningsklasser för vägsträckor i tätort, baserat på trafikmiljöns svårighetsgrad.

Vägtyp	Trafikmiljöns svårighetsgrad		
	Stor	Normal	Liten
Motorväg, ÅDT ≥ 70000	M1	M2	M3
Motorväg, ÅDT < 70000	M3	M4	M5
Genomfarter, infarter	M2	M3	M4
Huvudgator	M3	M4	M5
Lokalnät: uppsamlingsgata och lokalgata 40 eller 50 km/h	M3	M4	*
Lokalnät: uppsamlingsgata och lokalgata 30 eller 40 km/h	M4	M5	*
Lokalnät: skola och daghem 30 km/h	M3	M4	*
Miljöprioriterad gata	C3	C4	*
Gårdsgata	C4	C4	*

*) Lämplig belysningsnivå bestäms av väghållaren

Det kan vara motiverat att göra avsteg från de rekommenderade belysningsklasserna i vissa fall. Om omgivningen är mycket ljusare än vad som kan betraktas som normalt för den aktuella vägtypen, till exempel beroende på skyltfönster, reklamskyltar eller närliggande belysningsanläggningar kan det vara lämpligt att välja en högre belysningsteknisk kvalitet (en klass högre) än vad som rekommenderas. Om omgivningen är mörkare än vad den vanligtvis är för den aktuella vägtypen kan det vara motiverat att välja en lägre belysningsteknisk kvalitet (en klass lägre) än vad som rekommenderas.

I tätorter ska belysningen bidra till att göra stadsrummet överskådligt, behagligt och trivsamt att vistas i. Den ska också samspela med annan ljussättning. Estetiken är därför särskilt viktig. En bra princip är att eftersträva att anläggningar inom samma område ska

ha ett liknande utseende, med avseende på armatur, färgtemperatur, stolphöjd (ska även anpassas efter vägtyp, Tabell 2), armlängd och stolplacering. Belysningen ska också anpassas till gatans karaktär så att belysningen på ett naturligt sätt blir en del av gaturummet. Det kan handla om att anpassa stolphöjden efter byggnader och träd, eller välja armaturer som passar ihop med byggnaders arkitektur, Figur 17.

Belysningsanläggningar längs genomfarts-, infarts- och huvudgator som inte används av GC-trafikanter kan med fördel dimras ned under natten, för att minska mängden ljusföroreningar och för att spara energi (se även kapitel 5.10).



Figur 17: Belysningen ska på ett naturligt sätt passa in i gatumiljön. Bild: Lennart Johansson.

7.2 Korsningar och cirkulationsplatser

7.2.1 Korsningar

VGU krav:

- *Trafiksignalreglerade korsningar ska vara belysta.*
- *I korsningar ska den belysningstekniska kvaliteten vara minst lika hög som den högsta av de anslutande vägarnas belysningstekniska kvalitet.*

Belysning i korsningar hjälper trafikanterna att få en överblick av trafiksituationen. Fordonsförare behöver kunna se körfältsmarkeringar, även i riktningar som inte täcks in av fordonsbelysningen. De behöver även kunna upptäcka oskyddade trafikanter som korsar eller avser att korsa gatan i anslutning till korsningen.

Korsningar i tätort ska, liksom vägar och gator i tätort, i allmänhet vara belysta. Den belysningstekniska kvaliteten ska i korsningen vara minst lika hög som på den

dimensionerande gatan. Som dimensionerande gata räknas den anslutande gata som har högst belysningstekniska kvalitet (högst belysningsklass). Om det finns övergångsställen eller cykelöverfarer i anslutning till korsningen bör man om möjligt placera stolparna så att ljus faller mot de oskyddade trafikanterna, sett från motortrafikens riktning.

Korsningar bör i normalfallet förses med samma typ av belysning som de anslutande vägarna, men extra ljuspunkter kan behövas för att uppfylla kraven på belysningsteknisk kvalitet. Förslag på stolpplacering i korsningar finns i Bilaga 6.

7.2.2 Cirkulationsplatser

VGU krav:

- *Cirkulationsplatser ska alltid vara belysta.*
- *I cirkulationsplatser ska den belysningstekniska kvaliteten vara minst lika hög som den högsta av de anslutande vägnas belysningstekniska kvalitet.*

Cirkulationsplatser ska alltid vara belysta. I cirkulationsplatser ska den belysningstekniska kvaliteten, vilken beskrivs med C-klassernas kriterier, dvs. horisontell medelbelysningsstyrka och belysningsstyrkejämnhet, vara minst lika hög som den högsta av de anslutande vägnas belysningstekniska kvalitet (omvandlingstabell mellan C-klass och M-klass finns i Bilaga 2). Belysningen vid cirkulationsplatser ska gärna avvika något från de anslutande gatornas belysning, t ex med avseende på stolpplacering, armaturtyp eller stolphöjd, för att trafikanterna lättare ska uppmärksamma cirkulationsplatsen. Förslag på stolpplacering finns i Bilaga 6.

Om det finns övergångsställen och cykelöverfarer i anslutning till cirkulationsplatsen bör man lägga stor vikt vid att belysningen anordnas så att GC-trafikanter synliggörs. Man bör sträva efter en hög vertikal belysningsstyrka (sett från fordonstrafikanternas position) både vid själva överfarten och vid sidan av vägen samt vid eventuella refuger där oskyddade trafikanter kan befinna sig. Se även avsnitt om belysning till övergångsställen (kapitel 7.5) och Bilaga 6 stolpplacering.

I små cirkulationsplatser (minirondeller) som kan vara svåra att upptäcka, bör om möjligt stolparna placeras så att cirkulationsplatsens runda form framhävs. Stolparna ska stå i cirkulationens ytterkant. Belysningsstyrkan på körbanan bör vara jämn runt hela cirkulationen.

7.3 Broar

VGU krav: -

Broar inom tätort ska belysas enligt samma principer som gatan i övrigt. Effektbelysning av en bro kan både bidra till att bron blir ett vackert inslag i stadsmiljön, och till att den visuella ledningen förbättras för de trafikanter som passerar under bron, Figur 18.



Figur 18: Effektbelysning av bro. Bild: Katja Kircher, VTI.

7.4 Öppna platser

7.4.1 Torg

VGU krav: -

På torg kan belysningen i stor utsträckning bidra till hur platsen upplevs. Särskilt vikt bör därför läggas vid att anordna belysningen så att den passar in, framhäver platsens karaktär och skapar trivsel. Speciellt viktigt är det att ljussättningen görs med varsamhet om miljön är känslig, dvs. om det till exempel finns unika fasader eller speciell utsmyckning. Förslag på ljusgestaltning för torg och stadsmiljöer finns i *Nattens ljus* (Sveriges kommuner och Landsting, 2005).

Lämpliga belysningsklasser för torg är, då biltrafik är tillåten men inte vanligt förekommande, C4 eller C5, beroende på omgivningens belysningsnivå. Om endast gång- och cykeltrafik är tillåten väljs klass P2 eller P3. För torg där endast biltrafik är tillåten väljs belysningsklass utifrån trafikmiljöns svårighetsgrad (Tabell 10). Graden av bländning bör beaktas. För öppna ytor såsom torg är GR-index tillämpligt.

7.4.2 Bussterminaler och busshållplatser

VGU krav:-

Belysning vid busshållplatser ska i första hand utformas efter de väntande resenärernas behov. Belysningen ska bidra till att busshållplatsen upplevs som trygg och trivsam, samt göra det möjligt att läsa tidtabeller och se markytan vid av- och påstigning. Bra belysning vid busshållplatser kan även underlätta för bussförare att upptäcka väntande passagerare. Vid bussterminaler, där oskyddade trafikanter kan röra sig över körbanorna, är det viktigt med bra allmänbelysning.

För bussterminaler rekommenderar VGU belysningsklass C1 eller C2. För busshållplatser används samma belysningsklass som för gatan i övrigt, dock ska belysningsstyrkan inte underskrida de värden som ges av klass C3 (motsvarar ungefär klass M3).

Belysning vid busshållplatser kan anordnas med gatans ordinarie belysning. Dock bör man försäkra sig om ljuspunkterna är placerade så att markytan där passagerare stiger

av och på blir belyst, dvs. bussen eller ett eventuellt väderskydd ska inte skugga belysningen. Om belysningsstolparna är placerade på motsatt sida om vägen, eller om de har en lång arm så att ljuspunkten hamnar ovanför eller till vänster om bussen bör man överväga en eller flera extra ljuspunkter vid hållplatsen. Stolpar vid hållplatser ska placeras minst 1 m från vägbanekanten (asfaltkant).

Man bör även se till att belysningen synliggör tidtabeller och annan information. Om det finns ett väderskydd kan belysning inuti väderskyddet fylla den funktionen.

7.4.3 Parkeringsplatser

VGU krav:-

På parkeringsplatser delas utrymmet av fordon och oskyddade trafikanter. Fordonstrafikanter behöver kunna se och upptäcka fotgängare och andra fordon både framför, bakom och vid sidan av det egna fordonet. Parkeringsplatser behöver därför ha en bra allmänbelysning. Vidare kan belysningen bidra till upplevelsen av trygghet och till att motverka kriminalitet. Parkeringsplatser, speciellt sådana som är fria från insyn eller ligger lite avskilt till, kan ofta vara brottsutsatta.

VGU rekommenderar belysningsklass C4 för parkeringsplatser. Om behovet av god belysning är särskilt stort, till exempel på grund av stor trafik i mörker (centrumanläggningar, köpcentrum) eller på grund av trygghets- eller brottsförebyggande skäl, kan belysningsklass C3 väljas. På parkeringsplatser där behovet av belysning är litet (få fordon, låg användningsgrad i mörker, låg risk för brottslighet) kan belysningsklass C5 användas. Stolphöjden anpassas efter platsens karakteristik (storlek, höjd på träd och byggnader, osv.).

Vid brottsutsatta parkeringsplatser bör belysningsnivån vara minst lika hög eller högre än i omgivningen. Det gör att parkeringsplatsen upplevs som övervakad och iögonfallande, och mindre attraktiv för brottslig verksamhet.

På stora parkeringsplatser som i princip inte används nattetid (t ex vid arbetsplatser där inte skiftarbete förekommer) kan belysningen dimras eller släckas ned. Vid behov kan man bibehålla den ordinarie belysningsnivån på ett mindre område närmast bebyggelsen.

7.5 Övergångsställen

VGU krav: För övergångsställen i korsningar och cirkulationsplatser ska en belysningsklass högre¹¹ (högre belysningsteknisk kvalitet) än vad som gäller för den dimensionerande gatan användas.

Belysningens funktioner vid övergångsställen – att synliggöra fotgängare för fordonstrafikanter samt att synliggöra väg ytan för fotgängare – är självklara och viktiga, men i praktiken är det många gånger svårt att anordna belysning vid övergångsställen så att trafikanternas behov helt tillgodoses. De visuella förhållandena är ofta komplexa (Figur 19) där möjligheterna att upptäcka en fotgängare beror på ett flertal faktorer, däribland fotgängarens storlek och kontrast mot bakgrunden (luminans och färg), samt fordonsförarens position och synförmåga. Med belysning kan man i viss mån påverka luminans- och/eller färgkontrast mellan fotgängare och bakgrund. Hur belysningen ska anordnas för att uppnå största möjliga kontraster är till stor del

¹¹ I VGU används begreppet "en belysningsklass lägre" vilket syftar på klassens nummer och inte på kravnivå.

beroende av hur bakgrunden ser ut. Det finns därför ingen standardlösning för utformning av belysning vid övergångsställen, utan belysningen måste anpassas efter förhållandena på platsen.



Figur 19: I tätortsmiljöer är bakgrunden ofta visuellt komplex, vilket gör att fotgängaren framträder dåligt. Bild: Sara Nygårdhs, VTI.

Trafikförordningen föreskriver att *förare har väjningsplikt mot gående som gått ut på eller just ska gå ut på övergångsstället* ("zebralagen"). Det innebär att belysningen bör anordnas så att fotgängare synliggörs både när de befinner sig på vägen och när de står intill vägen med avsikt att gå över.

VGU föreskriver att synbarheten vid övergångsställen vid korsningar och cirkulationsplatser ska vara särskilt god. Även vid andra typer övergångsställen, till exempel vid skolor eller där många fotgängare passerar, kan det vara motiverat att eftersträva särskilt god synbarhet. I VGU ges riktlinjer för belysning vid övergångsställen i form av belysningsklasser (den belysningstekniska kvaliteten ska vara en nivå högre än för den dimensionerande gatan). Att öka den allmänna ljusnivån vid ett övergångsställe är bra, om inte annat för att fotgängarna ska kunna se vägytan på ett bra sätt, men för att belysningen ska förbättra möjligheterna att upptäcka en fotgängare krävs ofta en del eftertanke kring placeringen av ljuspunkterna. Avsnitten nedan beskriver principer för att förbättra synbarheten vid övergångsställen i olika typer av visuella miljöer, både med hjälp av belysning och genom andra åtgärder.

7.5.1 Synbarhetsförbättrande åtgärder vid övergångsställe

En bra grundprincip när man vill förbättra synbarheten vid ett övergångsställe är att börja med att se över de visuella förhållandena på ett generellt plan:

- Ta om möjligt bort eller flytta träd, buskar, skyltar eller andra föremål som kan skymma en fotgängare som väntar på att passera gatan. Sikten mot fotgängaren

bör vara fri när fordonsföraren befinner sig inom det avstånd från övergångsstället som motsvarar dubbla stoppsikten¹².

- Se till att utmärkningen av övergångsstället är tydlig och i bra skick. Vägmärken för övergångsställe bör placeras nära körbanan, strax ovanför huvudhöjd, så att de inte skymmer, men samtidigt syns bra i halvljus. Stolpar till vägmärkena kan gärna förses med blåvit stolpreflex för att förstärka synbarheten.

Bakgrunden har stor betydelse för möjligheterna att upptäcka en fotgängare. I tätortsmiljöer består bakgrunden för en väntande fotgängare ofta av en blandning av trottoar/GC-väg, vegetation, byggnader, skyltar och ljuspunkter (Figur 19). Ett sätt att skapa en mer homogen bakgrund är att förse övergångsstället med en insnävning, så att den belysta väg ytan bakom övergångsstället utgör bakgrund, Figur 20. Den förhållandevis ljusa väg ytan gör att fotgängaren framträder i negativ kontrast och syns på ett bra sätt. Förutsatt att vägens kurvatur och lutning är sådan att vägen utgör en bakgrund till fotgängaren, är en insnävning ett mycket bra sätt att förbättra synbarheten av väntande fotgängare på belysta vägar.



Figur 20: En insnävning gör att bakgrunden till stor del utgörs av den belysta väg ytan bakom övergångsstället, vilket gör att åtminstone halva fotgängaren framträder i negativ kontrast. Övergångsstället på bilden är dessutom försett med extra belysning som framhäver fotgängarens huvud och överkropp mot den mörka vegetationen i bakgrunden. Bild: Sara Nygårdhs, VTI.

7.5.2 Belysning med ordinarie vägbelysning

Vid övergångsställen där inte gångtrafiken är särskilt stor, eller där man redan har tillfredsställande visuella förhållanden, kan övergångsstället belysas med den ordinarie vägbelysningen. Genom valet av stolplacering kan man i viss mån påverka hur fotgängare syns. Figur 21 visar hur fotgängaren framträder då belysningsstolpen står strax framför respektive strax bakom övergångsstället. När belysningsstolpen står framför övergångsstället faller ljus på fotgängaren, vilket gör att färger och strukturer

¹² Definitioner och beräkningsanvisningar finns i *Vägars och gators utformning – Begrepp och grundvärden*, Trafikverket publikation 2012:199.

synliggörs. När belysningsstolpen står bakom övergångsstället syns fotgängaren som en mörk silhuett. I exemplet är synbarheten ungefär lika i de två fallen, men om bakgrunden hade varit mörk hade sannolikt fotgängaren i den vänstra figuren synt bättre.



Figur 21: Fotgängaren framträder på olika sätt beroende på om belysningsstolpen står framför (vänstra bilden) eller bakom (högra bilden) övergångsstället. Bild: Joel Rosdahl.

Vilken stolpplacering som är bäst beror på förhållandena på platsen, men i allmänhet är det en bra princip att placera stolpen strax framför övergångsstället så att ljus faller vertikalt på fotgängaren. Om vägen har dubbla stolprader kan man placera stolparna diagonalt vid övergångsstället, så att ljus faller på fotgängaren i båda köriktningarna. Om vägen har en stolprad får man göra en bedömning av vilken placering som är mest fördelaktig. Ett alternativ kan vara att sätta upp en extra stolpe på den motsatta sidan av vägen. Att placera stolparna så att övergångsstället hamnar långt ifrån ljuspunkterna är mindre lämpligt eftersom en sådan placering gör att väg ytan blir förhållandevis mörk för fotgängaren.

7.5.3 Intensivbelysning

Förstärkt belysning, eller så kallad intensivbelysning, vid övergångsställen används ofta för att förbättra synbarheten. Många olika varianter förekommer, där en eller flera extra ljuspunkter placeras över eller i nära anslutning till övergångsstället.

Att intensivbelysa ett övergångsställe med en armatur som placeras rakt ovanför övergångsstället synliggör väg ytan för fotgängarna och kan på så sätt skapa trygghet, framför allt för äldre som kan ha svårt att se ojämnheter och kanter. Om ljuspunkten avviker från gatans övriga belysning, med avseende på färg eller höjd, kan den också fungera som en visuell varning för fordonstrafikanter, förutsatt att inte omgivningen är alltför visuellt komplex. Däremot är det inte säkert att en sådan belysning på ett väsentligt sätt bidrar till att synliggöra fotgängaren.

Intensivbelysning kan ha mycket god effekt på synbarheten där bakgrunden är förhållandevis mörk, förutsatt att ljuspunkterna placeras på ett adekvat sätt (se avsnitt

nedan). I mycket ljusa miljöer, å andra sidan, fyller intensivbelysning oftast ingen större funktion. Intensivbelysning av ett övergångsställe medför att områdena närmast bakom och vid sidan om övergångsstället kan upplevas som mycket mörka. Intensivbelysning bör därför inte användas där fotgängare kan förväntas snedda över vägen framför eller bakom övergångsstället.

När man väljer att förstärka belysningen vid ett övergångsställe, gäller följande grundprinciper:

- Eftersträva hög vertikal belysningsstyrka, dvs. se till att ljus faller på fotgängaren *snett* ovanifrån, från den sida av övergångsstället fordonstrafiken kommer.
- Använd vitt ljus.
- Belys även det område där fotgängaren står och väntar på att kunna gå över gatan.

Mer detaljer för hur belysningen kan förstärkas i olika miljöer finns i avsnitten nedan.

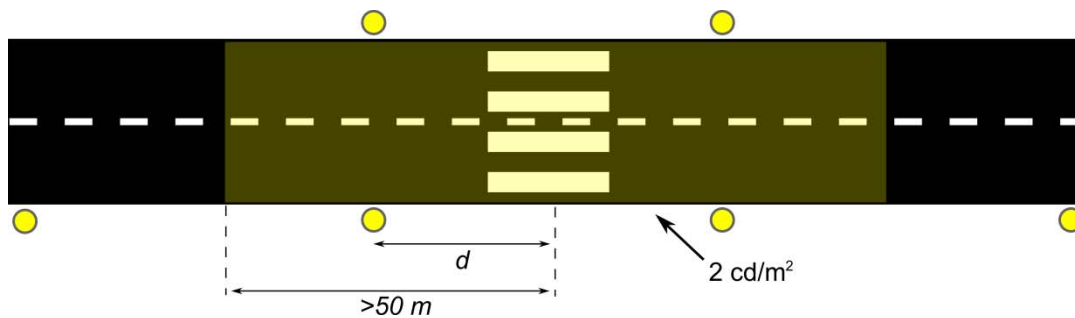
7.5.4 Övergångsställen med ljus bakgrund

Stadsmiljöer kan i vissa fall vara förhållandevis ljusa, särskilt där det finns ljusa fasader och där vägen har ljus beläggning (t ex gatsten). I sådana miljöer framträder fotgängaren i negativ kontrast, Figur 22. Om fotgängaren syns bra både när hen befinner sig på och intill övergångsstället är extra belysning *vid* övergångsstället inte till så stor nytta. Mer (vertikalt) ljus på fotgängaren kan göra att färger framträder tydligare, men å andra sidan riskerar man att försämma luminanskontrasten.



Figur 22: I ljusa miljöer framträder fotgängaren i negativ kontrast. Bild: Sven-Olof Lundkvist (vänstra bilden) och Carina Fors (högra bilden).

Den negativa kontrasten kan vid behov förstärkas, genom att man längs en sträcka om minst 50 m före respektive efter övergångsstället ökar vägyteluminansen till 2 cd/m^2 , antingen med extra ljuspunkter eller genom att använda ljuskällor/armaturer med högre ljusstyrka. Luminansjämnheten bör vara hög och belysningen bör anordnas så att även sidoområdet blir belyst. Om gatan är bred kan man behöva ha dubbelsidig stolpplacering för att uppnå en god jämnhet. De stolpar som står närmast övergångsstället placeras på ett avstånd från övergångsstället som minst motsvarar ljuspunktshöjden. Det gör att relativt lite ljus faller på fotgängaren, vilken då upplevs som mörk mot den ljusa väg ytan. Principen visas i Figur 23.



Figur 23: Förstärkning av negativ kontrast. Väg ytan på ett område om minst 50 m i vardera riktningen från övergångsstället belyses så att vägyteluminansen blir minst 2 cd/m^2 . Stolparna placeras på ett avstånd (d) från övergångsstället som minst är lika med stolphöjden.

Om den ljusa bakgrunden i huvudsak utgörs av väg ytan, kan det vara bra att beakta hur vägytan ser ut i vått väglag, eftersom väta gör ytan mörkare.

7.5.5 Övergångsställen med mörk bakgrund

I tätorters ytterområden, samt där det inte finns bebyggelse i direkt anslutning till vägen är bakgrunden ofta förhållandevis mörk. Sedd mot en mörk bakgrund syns en fotgängare ofta dåligt, även då vägen är försedd med belysning, Figur 24. Genom att belysa den sida av fotgängaren som är riktad mot trafiken (dvs. eftersträva hög vertikal belysningsstyrka), utan att belysa bakgrunden, kommer fotgängaren framträda i positiv kontrast.

Intensivbelysning kan medföra att vägen bakom övergångsstället upplevs som mycket mörk, och det kan därför vara svårt att upptäcka oskyddade trafikanter som befinner sig där. Intensivbelysning är därför olämplig att använda där fotgängare kan förväntas gå bakom övergångsstället.



Figur 24: Om bakgrunden är mörk syns en väntande fotgängare dåligt. Bild: Sara Nygårdhs, VTI.

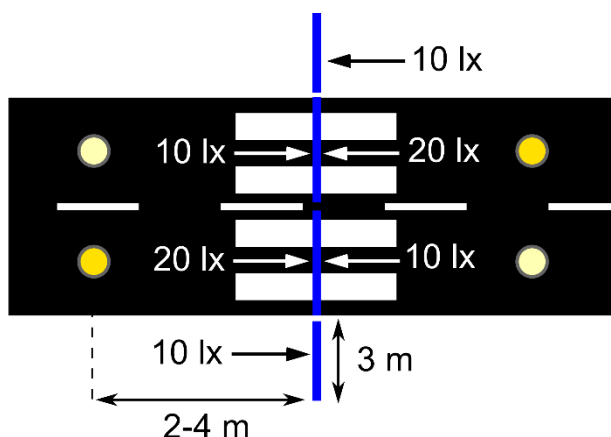
Statens vegvesen¹³ har tagit fram en modell för intensivbelysning, som lämpar sig särskilt väl där bakgrunden är förhållandevis mörk:

- Övergångsstället ska belysas med vitt ljus för god färgåtergivning (Ra-index minst 65, men gärna över 80).
- Den vertikala belysningsstyrkan på ett 2 m högt plan mitt på övergångsstället och orienterat vinkelrätt mot körriktningen, ska vara minst 20 lx (i mörkaste punkten) i körfältet som leder mot övergångsstället och minst 10 lx i motsatt körfält.
- Minsta horisontella belysningsstyrka på övergångsstället ska vara 80 lx.
- Området närmast till höger om övergångsstället (för båda riktningarna), där väntande fotgängare befinner sig, ska ha en minsta vertikal belysningsstyrka på 10 lx på ett 2 m högt och 3 m långt plan.

Riktlinjerna för belysningsstyrka är anpassade efter att vägyteluminansen på körbanan före och efter övergångsstället är omkring 1 cd/m² eller mer. Om vägen och omgivningen är väsentligt mörkare kan man minska belysningsstyrkan något för att inte anläggningen ska upplevas som bländande.

Ljuspunktshöjd, stolpplacering och armaturtyp bestäms med hjälp av belysningstekniska beräkningar. En skiss över beräkningsplan och ungefärlig ljuspunktsplacering finns i Figur 25. Vart och ett av de fyra beräkningsplanen (blå linjer i Figur 25) ska vara 2 m höga och ha ett rutnät med 5 beräkningspunkter i vertikalled och minst 6 beräkningspunkter i horisontalled. Det är lämpligt att använda specialarmaturer med assymmetrisk ljusfördelning. Bländning bör beaktas vid val av armatur och ljuspunktsplacering.

¹³Teknisk planlegging av veg-, gate- og tunnelbelysning. Håndbok 264, Statens vegvesen, Norge.



Figur 25: Principen för intensivbelysning där bakgrunden är mörk. Belysning anordnas med två ljuspunkter (mörkgula cirklar), eller om vägen är bred, 4 ljuspunkter (mörkgula och ljusgula cirklar). Den vertikala belysningsstyrkan ska uppgå till minst 10 respektive 20 lx i de beräkningsplan (blå) som visas i figuren.

Figur 26 visar ett exempel på asymmetriskt placerad intensivbelysning i en förhållandevis mörk miljö. Både en ljusklädd och en mörklädd fotgängare blir synlig mot den mörka bakgrunden.



Figur 26: Asymmetriskt placerad intensivbelysning ger en god synbarhet av både ljusklädda (vänstra bilden) och mörklädda (högra bilden) fotgängare, då bakgrunden är mörk. Bild: Sara Nygårdhs.

7.5.6 Övergångsställen med visuellt komplex bakgrund

I bebyggda områden och vid korsningar och cirkulationsplatser är bakgrunden ofta visuellt komplex, med både ljusa och mörka områden i form av fasader, växtlighet, skyltar, ljuspunkter, människor, fordon och andra föremål. Mot en sådan bakgrund är det svårt att synliggöra en fotgängare enbart genom luminanskontrast. Istället får man sträva efter att öka den generella belysningsnivån så att fotgängaren blir synlig med hjälp av färg, textur eller rörelse, samt se över andra möjligheter att förbättra synbarheten.

Om omständigheterna tillåter är intensivbelysning i kombination med insnävning förmodligen den allra bästa utformningen för övergångsställen i visuellt komplexa miljöer, Figur 20. Insnävningen gör att en väntande fotgängare åtminstone delvis

framträder i negativ kontrast. Intensivbelysningen gör att fotgängarens övre del tydligare framträder mot den komplexa bakgrunden.

Belysningen ska i visuellt komplexa miljöer ha bra färgåtergivning, dvs. vitt ljus, gärna med Ra-index över 80. Oavsett om övergångsstället förses med insnävning eller ej, bör man eftersträva en hög vertikal belysningsstyrka mot fotgängaren, antingen med den ordinarie vägbelysningen eller genom extra ljuspunkter enligt kapitel 7.5.5. Om det finns ljusstarka ljuskällor i omgivningen kan man öka den vertikala belysningsstyrkan från 20 lx (Figur 25) till 30 lx.

Om omgivningen i huvudsak är mycket ljus kan det vara bättre att sträva efter att förstärka fotgängarens negativa kontrast mot bakgrunden, istället för att rikta ljus mot fotgängaren. Belysningen kan då anordnas enligt principen i avsnitt 7.5.4.

Eftersom det i visuellt komplexa miljöer kan vara svårt att skapa bra visuella förhållanden enbart med hjälp av belysning bör man även i möjligaste mån sträva efter att framhäva och tydliggöra själva övergångsstället på ett bra sätt. Exempel på åtgärder kan vara att måla om slitna vägmärkingar, använda annan vägbeläggning, ta bort vegetation eller andra skymmande föremål, belysa en del av GC-vägen om den är obelyst, samt se över placeringen av vägmärken, speciellt i anslutning till korsningar och cirkulationsplatser där vägmärken måste vara synliga även för svängande fordonstrafikanter.

I visuellt komplexa miljöer bör man ta extra hänsyn till helhetsintrycket när man planerar belysning eller andra åtgärder för att förbättra synbarheten. Ytterligare ljuspunkter eller annan vägutrustning ska passa in i den befintliga miljön.

7.5.7 Belysning av övergångsställen på obelysta gator

Att belysa övergångsställen på obelysta vägar kan vara lämpligt när:

- Gångtrafiken är stor i mörker
- Gångvägen som leder fram till övergångsstället är belyst

Rekommendationen är att man belyser omkring 50 m före och 50 m efter övergångsstället, samt om möjligt 5 m av trottoaren eller gångvägen på vardera sidan av körbanan. En sådan belysning uppmärksammar fordonstrafikanterna på att något "händer" i trafikmiljön, den ökar adaptationsnivån vilket minskar synbarhetsproblem till följd av bländning från mötande fordon, samt gör att åtminstone en del av fotgängaren framträder i negativ kontrast.

Lämplig belysningsstyrka för övergångsställen på obelysta vägar ges av Tabell 11.

Tabell 11: Belysningsstyrka för övergångsställen på obelyst väg.

Typ av gata	Belysningsstyrka		
	\bar{E} [min]	E_{\min} [min]	E_v [min]
Huvudgata	20	4	7,5
Lokalgata, 50 km/h	20	4	7,5
Lokalgata, 30 km/h, vid skola, daghem	20	4	7,5
Lokalgata, 30 km/h, ej vid skola eller daghem	15	3	5

8 Gång- och cykelvägar

Fotgängare och cyklister behöver vägbelysning för att kunna förflytta sig under dygnets mörka timmar. Belysningen ska göra det möjligt för trafikanterna att se väg ytan och eventuella ojämnheter, kanter och hål. Den ska synliggöra andra trafikanter, skyltar och vägens sträckning. Vägbelysning i GC-miljöer är dessutom viktig för att skapa en känsla av trygghet.

Att belysa GC-vägar bör vara prioriterat i stadsplaneringsprocessen. Nyttan med belysning är i många fall större på GC-vägar än på vägar för motorfordon. Bra belysning uppmuntrar också till ökad cykel- och gångtrafik.

8.1 Gång- och cykelvägar

VGU krav:

- *Belysningen ska vara utformad så att miljön känns trygg.*
- *Belysningen bör vara speciellt god vid olika typer av "hinder" och där vägen ändrar karaktär, till exempel vid trappor, där vägen ändrar riktning, vid korsningar samt vid buskage och övrig vegetation.*

Vägbelysning bör finnas på GC-vägar i större tätorter. För GC-vägar utanför större tätorter får man göra en bedömning från fall till fall, utifrån nyttan för trafikanterna i förhållande till kostnaderna. Skäl som talar för att ha belysning på GC-vägar utanför större tätorter kan till exempel vara att vägen används för cykelpendling till och från arbetet, att den används av barn på väg till och från skolan, eller att den ligger i anslutning till någon serviceinrättning eller fritidsverksamhet som besöks av GC-trafikanter under den mörka delen av dygnet.

Av miljöhänsyn kan det ibland finnas skäl till att avstå från att använda belysning på GC-vägar. Dels kan det handla om känsliga miljöer där djur och natur riskerar att störas. Dels kan det handla om vägar där nyttan är tveksam i förhållande till energiåtgången och kostnaden. Ett sådant exempel är gångvägar som inte ligger i nära anslutning till bebyggelse, och som i huvudsak används för rekreation och inte för förflyttning mellan två punkter. Även med belysning är det sannolikt att en sådan väg inte upplevs som särskilt attraktiv att använda i mörker, och det kan därför vara motiverat att avstå från belysning.

Vid utformning av belysningsanläggningar för GC-vägar bör man eftersträva följande principer och egenskaper:

- **God belysning av väg ytan:** God synbarhet av väg ytan uppnås genom lämpligt val av belysningsklass (se nedan), samt genom att eftersträva en god belysningsjämnhet.
- **God belysning av den närmaste omgivningen:** Att omgivningen är belyst bidrar till känslan av trygghet. VGU rekommenderar att 3–6 m av området närmast vägen ska vara belyst. Särskilt viktigt är detta i parkmiljöer och där det inte finns bostadshus i direkt anslutning till vägen, Figur 27.
- **God belysningsjämnhet inom området:** Att anläggningar inom samma område har ungefär samma belysningsnivå skapar enhetlighet, samt bra och stabila synförhållanden, eftersom ögat kan bibehålla samma adaptationsnivå.

- **Vitt ljus:** Vitt ljus ger bra färgåtergivning, vilket har flera positiva effekter. Omgivningen framträder tydligare och det blir lättare att se ansikten. Belysning på GC-vägar bör alltid ha ett Ra-index på minst 60, men ännu hellre 80 eller högre. Vitt eller varmvitt ljus upplevs som trivsammare och är därför att föredra före kallvitt ljus.
- **Låga stolpar:** Låga stolpar bidrar till en trivsam känsla. Stolphöjden på GC-vägar ska vara 4–6 m och väljas så att den överensstämmer med platsens skala, dvs. den ska anpassas efter vägens egenskaper, samt till eventuella byggnader, träd eller andra objekt som bidrar till platsens karaktär.
- **Genomtänkt stolpplacering:** Belysning längs GC-vägar bör placeras enkelsidigt. Ett lagom stolpavstånd är omkring 25 m, men det kan behöva anpassas efter situationen. Stolpavståndet bör aldrig vara större än att man vid varje stolpe kan se nästa ljuspunkt. Vid korsningar eller andra platser där vägen ändrar karaktär är det extra viktigt med god belysning. Vid sådana platser kan man behöva minska ner stolpavståndet, eller komplettera med ytterligare stolpar. Förekomst av träd och annan vegetation ställer vissa krav på stolpplaceringen. Om det finns en trädallé intill GC-vägen är rekommendationen att placera stolparna i trädlinjen, av estetiska skäl. Samtidigt får inte träden skugga belysningen. Problem med skuggning från trädgrenar kan i bästa fall minimeras genom att man redan vid projekteringen av grönytor väljer sådana trädsorter och en sådan trädplacering att inte belysningen påverkas negativt. Om det redan finns träd på platsen kan man minska problem med skuggningen genom att undvika att placera stolpar nära intill träd, samt genom att anpassa höjden på stolparna efter trädets höjd. Viktigt att tänka på är att trädets höjd och utbredning ofta förändras över tid. Stolparna bör placeras omkring 0,5 m från asfaltskanten.
- **Låg grad av bländning:** Låg stolphöjd gör att ljuspunkterna kan upplevas som bländande. Belysning på GC-vägar ska därför ha väl avskärmade armaturer, speciellt i känsliga miljöer. VGU ställer inga egentliga krav på avskärmningsklass eller bländtalsindex för GC-vägar, men i de fall man vill minimera graden av bländning kan det vara lämpligt att välja avskärmningsklass G6 (synnedsättande bländning). Samtidigt ska man komma ihåg att bländning är komplext (se kapitel 4.4) och att det inte alltid är möjligt beräkna G-klass. Att göra en subjektiv bedömning av graden av bländning, till exempel genom platsbesök vid referensanläggningar, är ett bra alternativ eller komplement till bländningsberäkningar.
- **Robust mot vandalisering:** Att belysningen fungerar och är fri från klotter eller annan skadegörelse bidrar till att skapa en känsla av trygghet. I särskilt utsatta miljöer bör man välja robusta armaturer, samt placera dem på en sådan höjd eller plats att de inte är lätt åtkomliga.
- **Enkel att underhålla:** Träsiga lampor eller skadegörelse bör åtgärdas så snart som möjligt. Att ljuskällor och armaturer går att byta på ett enkelt sätt samt att reservdelar finns tillgängliga, även på längre sikt, är viktigt för att anläggningen ska kunna hållas i bra skick.



Figur 27: Belysning av GC-vägar ska av trygghetsskäl även omfatta området intill vägen. Bild: Lennart Johansson.

Tabell 12 ger en vägledning över lämpliga belysningsklasser för GC-vägar. Klasserna P2 och P3 ger en rimlig belysningsnivå för de flesta typer av GC-miljöer.

Tabell 12: Rekommendationer för vägbelysningsklass för GC-vägar.

P-klass	Plats
P2	GC-vägar med tät trafik, t ex "huvudvägar" genom bostadsområden och i anslutning till stadsdelscentrum.
	Områden med upplevd otrygghet, till exempel på grund av vegetation (skymd sikt) eller frånvaro av andra människor.
	Vid trappor och ramper.
	Vid lek ytor där det finns vegetation eller andra objekt som skymmer sikten.
	GC-vägar i anslutning till tunnelmyningar (belysningen utanför tunneln anpassas så att inte ytorna vid mynningen upplevs som alltför mörka i förhållande till tunnelbelysningen).
P3	GC-vägar i nära anslutning till bostadsbebyggelse.
	GC-vägar på öppna fält eller där vegetationen är minst 4 m från vägen.
	Vid lek ytor i öppna områden.
P4-P5	Dimrad anläggning. E_{\min} bör dock inte underskrida 1 lx när någon nyttjar vägen.

Belysning på GC-vägar kan dimras nattetid, men bör inte släckas ned helt. Rimlig nivå för dimrad belysning är klass P4–P5, men nivån kan givetvis behöva anpassas efter platsen. Ett alternativ till att dimra belysningen vissa tider är att förse anläggningen med närvarostyrning, dvs. att belysningen dimras ned när ingen trafikant finns i närheten. Vid närvarostyrning bör ett förhållandevis stort/långt område kring trafikanten tändas

upp – omkring 3 stolpar i vardera riktningen är rimligt. Genom att tända upp flera ljuspunkter blir det knappt märkbart för trafikanten att anläggningen är närvarostyrd, samtidigt som trafikanten inte blir så exponerad mot omgivningen (om endast en ljuspunkt belyser trafikanten ser andra personer trafikanten, men trafikanten kan inte se någon). Ljuspunkterna bör vara tända ett par minuter efter att trafikanten passerat, innan de dimras ned igen. Det kan vara lämpligt att inte dimra ned "ändarna" på GC-vägar med närvarostyrd belysning, eftersom vägen då kan upplevas som mörk och otrygg av den som närmar sig.

Lågt placerade ljuspunkter, i form av pollarbelysning eller belysning infälld i murar eller räcken, används ibland i GC-miljöer, antingen som komplement till en vanlig vägbelysningsanläggning eller som enda ljuskälla, Figur 28. En sådan belysning används ofta för att skapa effekter och en trivsamt atmosfär. En lågt placerad belysning som är väl avskärmd kan ge en mycket bra synbarhet av väg ytan. Den ger också betydligt mindre ljusföroreningar än en konventionell anläggning. Däremot syns ansikten dåligt i en sådan belysning. Pollarbelysning och infälld belysning som inte är avskärmd kan skapa stora problem med bländning, eftersom ljuspunkterna tenderar att hamna i det centrala synfältet. En lågt placerad belysning som är bländande gör att väg ytan blir mycket svår att se. Användandet av pollarbelysning eller infälld belysning kräver därför en del eftertanke. Utöver synbarhetsaspekter bör man även beakta risken för vandalisering.



Figur 28: Belysning infälld i broräcken på GC-väg. Bild: Henrik Gidlund.

Det är inte lämpligt att, av kostnadsskäl eller miljöskäl, använda ledljus (dvs. ljuspunkter som markerar vägens sträckning) istället för konventionell vägbelysning på GC-vägar. Ledljus bidrar i mycket begränsad utsträckning till att uppfylla GC-trafikanters behov av belysning.

8.2 Gång- och cykelvägar intill körbanor

VGU krav: *Belysningen ska vara utformad så att miljön känns trygg (allmänt krav för GC-vägar).*

I tätortsmiljöer, där både körbana och GC-väg i normalfallet ska förses med belysning, kan anläggningen utformas enligt tre principer:

- Belysningen placeras längs med körbanan, men anordnas så att även GC-vägen blir belyst med lämplig belysningsklass.
- Belysningen placeras längs med GC-vägen, men anordnas så att även körbanan blir belyst med lämplig belysningsklass.
- Separata anläggningar placeras längs med körbanan respektive längs med GC-vägen.

Vilken utformning som är mest lämplig beror på förhållandena på platsen. Av estetiska och miljömässiga skäl är det givetvis en fördel om körbanan och GC-vägen kan förses med en gemensam anläggning, men om vägen består av flera körfält och/eller om avståndet mellan körbana och GC-väg är stort är det inte alltid möjligt. Likaså om det finns träd, större buskage eller andra objekt mellan körbana och GC-väg kan det vara nödvändigt med separata anläggningar. Ett alternativ till separata anläggningar vid förekomst av träd är att använda gemensamma stolpar men placera armaturerna på olika höjd för GC-väg respektive för körbana, Figur 29. På så vis undviker man att träden skuggar belysningen på GC-vägen. Belysningsklasser väljs enligt rekommendationer för respektive vägtyp.



*Figur 29: Stolpar med olika höjd för armaturerna över GC-väg respektive körbana.
Bild: Joel Rosdahl.*

Det kan ibland finnas skäl till att belysa GC-vägar som går längs med körbanor som inte är belysta. Ett exempel är där en GC-väg går parallellt med en körbana som leder till ett bostadsområde en bit utanför en tätort. Om man vill möjliggöra eller uppmuntra till att en sådan GC-väg används även under dygnets mörka timmar, till exempel av cyklister för resor till och från jobbet, behöver den förses med belysning. Att belysa GC-vägen kan medföra att synbarhetsförhållandena för fordonsförare försämras något. Dels kan GC-vägens belysning göra att körbanan och omgivningen uppfattas som mörkare (ögat adapterar till GC-vägens belysning), dels kan den visuella ledningen från ljuspunkterna eventuellt uppfattas som förvirrande om de inte följer körbanans sträckning. Samtidigt innebär en belyst GC-väg att risken för att GC-trafikanter befinner sig på körbanan

minskar. Såvida det inte finns särskilda faktorer, t ex korsande GC-trafikanter, förekomst av GC-trafikanter på motsatt sida om vägen, korsningar med risk för köbildning etc. som gör att man vill uppnå särskilt goda synförhållanden längs körbanan är det därför godtagbart att enbart belysa GC-vägen, Figur 30. För att skapa bästa möjliga synbarhetsförhållanden för fordonsförarna ska GC-vägen ha väl avskärmade armaturer – helst avskärningsklass G6 – samt en låg belysningsklass. P3-P4 är lämplig. Kantlinjer och kantstolpar bör hållas i bra skick. Det kan vara lämpligt att ha heldragen¹⁴ kantlinje längs körbanan eftersom den tydligare än en intermittert kantlinje framhäver vägens sträckning.

Att enbart belysa körbanan när det finns en GC-väg intill är mindre lämpligt, eftersom man då riskerar att GC-trafikanterna använder körbanan istället för GC-vägen.



Figur 30: Belyst GC-väg intill obelyst körbana. Bild: Joel Rosdahl.

¹⁴ VGU föreskriver att heldragen kantlinje kan användas på tvåfältsväg där det är olämpligt med biltrafik utanför körfältet, samt där man vill öka synbarheten.

9 Checklista för projektering

Beslut om anläggning

- Beslut om huruvida platsen ska förses med belysning eller ej.
- Anläggningstillhörighet: vem ska äga? Klargörande av gränsdragningar.

Utformning av anläggning

- Inhämtande av information från platsen genom platsbesök:
 - Omgivningar, omgivningsljus
 - Förekomst av träd eller andra skymmande/skuggande objekt
 - Förekomst av skyltar, övergångsställen etc.
 - Förekomst av infarter, entréer, fönster, balkonger etc.
- Inhämtande av dokumentation om platsen:
 - Ritningar
 - Anslutande/intilliggande anläggningar (belysningsklass, armatur etc.)
 - Samlingskarta ledningar
 - Beläggningstyp (relevant för M-klasserna)
- Inhämtande av information från regelverk och riktlinjer:
 - VGU
 - Trafikverkets tekniska kravdokument (TDOK)
 - Handboken del 2
 - Övriga relevanta riktlinjer (hänvisningar finns i kapitel 1)
- Dimensionering av belysningssystem
 - Val av belysningsklass
 - Val av placeringsprincip (enkel/dubbel/mitt/sicksack)
 - Stolpavstånd (valfritt av leverantör eller bestämt av beställare)
 - Armaturhöjd (valfritt av leverantör eller bestämt av beställare)
 - Överhäng/tiltning (valfritt av leverantör eller bestämt av beställare)
 - Övrigt formspråk (t ex planglas, storlek etc.)
 - System för styrning (CLO, dimring/nattsänkning)
- Belysningstekniska beräkningar
- LCC-kalkyl
- Placering av stolpar på ritning utifrån fasta hinder och befintlig anläggning med beräknat stolpavstånd som maxavstånd.
- Elektrisk dimensionering utifrån utlösningvillkor och spänningsfall
- Inritning av kablage och bestämning av kopplingsbild.

Plan för besiktning

- Skall-krav inför besiktning (beräkningar, mätningar, egenkontroller mm)

Plan för förvaltning

- Anvisningar för hur uppdatering av anläggningsuppgifter för förvaltning av anläggning ska ske (dvs. vad ska ingå i entreprenörens åtagande att redovisa till upphandlande enhet)
- Samråd med förvaltningsorganisation över materialval, gränsdragningar befintliga anläggningar osv.

Bilaga 1 – Ordförklaringar och förkortningar

Belysningsklass	Se kapitel 3.3 och Bilaga 2. <i>Högre/lägre</i> belysningsklass syftar i det här dokumentet på kravnivå (dvs. inte på klassnummer).
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i> . Europeisk standardiseringsorganisation
CIE	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i> . Internationella belysningskommissionen.
Dimensionerande gata	I belysningsssammanhang: Den gata vars belysning har högst belysningsteknisk kvalitet.
Dimensionerande timme	Den eller de timmar under en trafikanläggnings förväntade livstid som den dimensioneras för. Kan exempelvis vara den 200:e mest belastade timmen.
Fotopiskt seende	Dagsljusseende.
Genomfart, genomfartsled	Väg/gata för trafik genom tätort.
Huvudgata	Gata inom tätort på vilken det ställs höga krav på framkomlighet.
Illuminans	Synonym till belysningsstyrka.
Infart, infartsled	Väg/gata för trafik till och från tätort.
Körbana	En del av en väg som är avsedd för trafik med fordon, dock inte en cykelbana eller en vägren. Uppställningsfält ingår inte heller i körbana.
LED-ljus	Lysdioder.
Ledljus	Ljuspunkter som markerar vägens sträckning, men som inte på ett väsentligt sätt gör vägytan eller omgivningen ljusare. Kan även benämnas positionsljus.
Lokalgata	Länk i lokalnät för biltrafik. Merparten av trafiken har start- eller målpunkt vid gatan.
Mesopiskt seende	Blandning av fotopiskt och skotopiskt seende.
Miljöprioriterad gata	Gata där man strävat efter att förbättra säkerheten och upplevelsen genom till exempel upphöjda övergångsställen, ny vägbeläggning, nya gångstråk, långsgående parkeringsplatser och nya träd eller andra planteringar.
Skotopiskt seende	Mörkerseende.
Uppsamlingsgata	Lokalgata som har en uppsamlande funktion.
VGU	<i>Vägar och gators utformning</i> . Regelverk utgivet av Trafikverket.
Vägbana	Körbana och eventuella vägrenar och uppställningsfält och cykelfält.
ÅDT-0	Årscygnstrafik under öppningsåret (motorfordon/dygn)

För förklaringar av allmänna väg- och trafikrelaterade termer hänvisas till publikationen *Vägar och gators utformning – Begrepp och grundvärden* (Trafikverkets publikation 2012:199) som finns tillgänglig via Trafikverkets webbplats.

Bilaga 2 – Belysningsklasser

Kraven anges som minsta [min] eller högsta [max] tillåtna värde. Kriterier märkta med * tillämpas i vissa fall.

Samtliga kriterier för luminans och belysningsstyrka avser driftvärden, dvs. nyvärdet multiplicerat med bibehållningsfaktorn. För bländning (*TI*) avser kriterierna nyvärdet.

M-klasser

M-klasser tillämpas på vägar för motorfordon där siktsträckan är mer än 60 m, dvs. M-klasser gäller för i princip alla vägtyper för motorfordon. Kriterierna för M-klasserna utgörs främst av krav på väg ytans luminans, Tabell 13. För torra vägbanor ställs krav på lägsta medelluminans, luminansjämnhet och luminanslikformighet, medan kriterierna för våta vägbanor begränsas till krav på luminansjämnhet. M-klasserna omfattar även krav för maximal *TI* och lägsta omgivningsljus (*EIR*). Det sistnämnda kriteriet tillämpas endast när det inte finns angränsande trafikerade ytor med egna belysningskrav.

Tabell 13: M-klasserna.

M-klasser						
Klass	Luminans, torra vägbanor			Luminans, våta vägbanor	Bländning	Omgivningsljus*
	\bar{L} [min]	U_o [min]	U_l [min]	U_o [min]	<i>TI</i> [max]	<i>EIR</i> [max]
M1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
M2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
M4	0,75	0,40	0,50	0,15	15	0,50
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,50
M6	0,30	0,35	0,35	0,10	20	0,50

C-klasser

C-klasser tillämpas i vägmiljöer för motorfordon där vägyteluminansen inte kan definieras eller beräknas (när siktavståndet är kortare än 60 m eller när det finns flera relevanta observatörspositioner), såsom i korsningar eller i cirkulationsplatser. De kan även användas för miljöer med gående och cyklister. C-klassernas kriterier utgörs av krav på lägsta horisontella medelbelysningsstyrka och belysningsstyrkejämnhet, Tabell 14. Om synbarheten är viktig tillämpas även krav på maximal *TI*. I detta sammanhang används en modifierad version av *TI*, dels eftersom väg ytans luminans inte kan beräknas/definieras, dels eftersom flera observatörspositioner är möjliga. Man måste i detta fall själv avgöra vilken eller vilka observatörspositioner som är relevanta.

Tabell 14: C-klasserna.

C-klasser				
Klass	Horisontell belysningsstyrka		Bländning*	
	\bar{E} [min]	E_{min}/\bar{E} [min]	TI [max], > 80 km/h	TI [max], ≤ 80 km/h
C0	50	0,4	10	15
C1	30	0,4	10	15
C2	20	0,4	15	15
C3	15	0,4	15	20
C4	10	0,4	15	20
C5	7,5	0,4	20	25

Omvandlingstabell för M-klasser och C-klasser

Vid bestämning av C-klass för till exempel korsningar och cirkulationsplatser behöver man omvandla de anslutande vägarnas M-klasser till C-klasser. Tabell 15 anger vilken C-klass som motsvarar en viss M-klass, för olika värden på Q_0 (se Bilaga 3).

Tabell 15: Omvandlingstabell för M-klass till C-klass, för olika Q_0 -värden.

Omvandlingstabell för M-klasser och C-klasser		
M-klass	C-klass	
	$Q_0 = 0,08$	$Q_0 = 0,10$
M1	C1	C2
M2	C2	C3
M3	C3	C4
M4	C4	C5
M5	C5	C5
M6	C5	C5

P-klasser

P-klasser tillämpas på GC-vägar. Kriterierna utgörs av krav på lägsta horisontella medelbelysningsstyrka och minsta belysningsstyrka, Tabell 16. För att uppnå en god jämnhet hos belysningen får det verkliga värdet på medelbelysningsstyrkan inte överstiga 1,5 gånger den valda klassens värde på medelbelysningsstyrka \bar{E} . Exempel: för klassen P3 får den verkliga medelbelysningsstyrkan inte överstiga $1,5 \times 7,5 = 11,3$ lx.

Tabell 16: P-klasserna.

P-klasser		
Klass	Horisontell belysningsstyrka	
	\bar{E} [min]	E_{\min} [min]
P1	15,0	3,0
P2	10,0	2,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	2,0	0,4
P7	Egenskaper ej bestämda	Egenskaper ej bestämda

Avskärningsklasser (G-klasser)

G-klasserna kan användas för att ställa krav på graden av synnedsättande bländning från armaturer. G-klasserna tillämpas där man vill minimera bländning och störande ljus, samt på GC-vägar, där TI inte kan beräknas. G-klassernas kriterier utgörs av krav på maximal ljusintensitet, uttryckt i cd/klm (fås från armaturens ljusfördelningskurva), i riktningarna 70, 80 och 90 grader från lodlinjen, Tabell 17. Kraven på ljusintensitet gäller alla riktningar från lodlinjen.

Tabell 17: Avskärningsklasser (G-klasser).

G-klasser				
Klass	Ljusintensitet [max]			Andra krav
	Vid 70°	Vid 80°	Vid 90°	
G1		200	50	Inga
G2		150	30	Inga
G3		100	20	Inga
G4	500	100	10	Ljusintensiteten över 95° ska vara 0
G5	350	100	10	Ljusintensiteten över 95° ska vara 0
G6	350	100	0	Ljusintensiteten över 90° ska vara 0

Bländningsklasser baserade på GR-index

GR-index kan användas för att ställa krav på graden av synnedsättande bländning i trafikmiljöer där C-klassen tillämpas, men där ingen motortrafik förekommer.

Bländningsklasser baserade GR-index som är relevanta för trafik (GR-index används även i andra utomhusmiljöer) är indelade i två områden: trygghet och säkerhet, samt rörelse och säkerhet. Klasserna anger krav på maximalt GR-index, vilket beräknas för alla möjliga positioner för betraktaren, inom det aktuella området, Tabell 18.

Tabell 18: Bländningsklasser baserade på GR-index.

GR-index		
Område	Nivå	GR-index [max]
Trygghet och säkerhet	Låg risk	55
	Medelrisk	50
	Hög risk	45
Rörelse och säkerhet	Endast gående	55
	Långsamtgående trafik	50
	Normal trafik	45

Bländningsklasser baserade på bländtalsindex

Bländtalsindex kan användas för att ställa krav på graden obehagsbländning från armaturer avsedda för GC-vägar. Klasserna anger krav på maximalt bländtalsindex, vilket är ett mått på graden bländning i en riktning av 85 grader från lodlinjen, Tabell 19. Om själva ljuskällan är synlig från denna riktning kan inte bländtalsindex beräknas. Sådana armaturer tillhör klassen D0.

Tabell 19: Bländningsklasser baserade på bländtalsindex.

Klass	Bländtalsindex [max]
D0	-
D1	7000
D2	5500
D3	4000
D4	2000
D5	1000
D6	500

Ljutföroreningsklasser

Ljutföroreningsklasserna ges av standarden SS-EN 12464-2. Dessa klasser avser ljutföroreningar för människor och natur i fyra olika miljözoner:

E1: utgörs av mörkaområden, som landsbygdsområde eller nationalparker och andra skyddade områden med inget eller väldigt svagt omgivningsljus

E2: utgörs av områden med allmänt svagt omgivningsljus, såsom industri- eller bostadsområden på landsbygden

E3: utgörs av områden med medelstarkt omgivningsljus, till exempel samhällen, industri- eller bostadsområden i förorter

E4: utgörs av områden med starkt omgivningsljus, såsom stadskärnor och handelsområden

Kriterierna baseras på följande parametrar:

Vertikal belysningsstyrka, E_v [lx]: Maximala vertikala belysningsstyrkan på fastigheter

Ljusstyrka, I [lx]: Ljusstyrkan hos varje ljuskälla i aktuell riktning

Uppriktat ljus, ULR [%]: Andel av armaturens ljusflöde som är riktat över horisontallinjen, när armaturen är monterad på avsett vis

Fasadluminans, L_b [cd/m²]: Maximala medelluminansen för fasader

Skyltluminans, L_s [cd/m²]: Maximala medelluminansen för skyltar

För vertikal belysningsstyrka och ljusstyrka från ljuskälla anges både ett maxvärde och ett rekommenderat gränsvärde. För uppåtriktat ljus, fasadluminans och skyltluminans anges maxvärden.

Tabell 20: Maximala värden för störande ljus. För belysningsstyrka på egendom (E_v) och ljusstyrka från ljuskälla (I) anges även rekommenderade gränsvärden.

Miljözon	Belysningsstyrka på fastigheter		Ljusstyrka från ljuskälla		Uppåtriktat ljus	Fasadluminans	Skyltluminans
	E_v		I		ULR	L_b	L_s
	[max]	[rek.]	[max]	[rek.]	[max]	[max]	[max]
E1	2	0	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000

Bilaga 3 – Vägbeläggnings reflexionsegenskaper

Information om vägbeläggnings reflexionsegenskaper krävs vid beräkning av vägyteluminans. Tabell 21 anger N-klass, W-klass och Q0 för asfaltsbeläggningar på olika gatu- och vägtyper. Tabellen omfattar de vanligaste typerna av beläggning, se även Figur 31–Figur 34 nedan:

- **ABS** (skelettasfalt): Asfaltbetong med hög andel grovt stenmaterial
- **ABT**: Tät asfaltbetong
- **TSK**: Tunnskiktsbeläggning

Mer detaljerad information, inklusive egenskaper för andra typer av beläggning än asfalt, finns i 2004 års utgåva av VGU¹⁵.

Tabell 21: N-klass, W-klass och Q0 för asfaltsbeläggningar på olika gatu- och vägtyper.

Gatu-/vägtyp	Typ av beläggning	N-klass	W-klass	Q0
Landsbygdsväg,	Ljus granit eller ljus kvartsit (ABS, TSK)	N1	W2	0,10
ÅDT > 4000	Mörk granit, mörk kvartsit (ABS, TSK)	N2	W2	0,08
	Porfyr (ABS, TSK)	N2	W3	0,08
Landsbygdsväg,	Ljus granit eller ljus kvartsit (TSK)	N1	W3	0,10
ÅDT < 4000	Mörk granit eller mörk kvartsit (TSK)	N2	W3	0,08
	Tät med mycket bitumen (ABT)	N2	W3	0,08
Genomfartsled	Ljus granit eller ljus kvartsit (ABS, TSK)	N1	W2	0,10
Huvudled	Mörk granit, mörk kvartsit (ABS, TSK)	N2	W2	0,08
Huvudgata, ÅDT > 6000	Porfyr (ABS, TSK)	N2	W3	0,08
Huvudgata, ÅDT < 6000	Ljus granit eller ljus kvartsit (TSK)	N1	W3	0,10
Lokalgata	Mörk granit eller mörk kvartsit (TSK)	N2	W3	0,08
	Tät med mycket bitumen (ABT)	N2	W3	0,08

ABS (skelettasfalt): Asfaltbetong med hög andel grovt stenmaterial.

ABT: Tät asfaltbetong.

TSK: Tunnskiktsbeläggning.

¹⁵ Vägars och gators utformning: Väg- och gatubelysning, Bilaga 3 Vägbeläggnings reflexionsegenskaper. VV publikation 2004:80. Kan laddas ned från www.trafikverket.se



Figur 31: ABT – tät asfaltbetong. Stenmaterialets ljushet är av mindre vikt eftersom stenar på ytan endast förekommer i mindre omfattning. Bild: VGU 2004.



Figur 32: ABS – stenrik asfaltbetong med relativt ljus stenmaterial. Stenarnas ljushet är viktig för ljusreflexionen eftersom de förekommer rikligt på ytan. Bild: VGU 2004.



Figur 33: ABS – stenrik asfaltbetong med relativt mörkt stenmaterial. Stenarnas ljushet är viktig för ljusreflexionen eftersom de förekommer rikligt på ytan. Bild: VGU 2004.



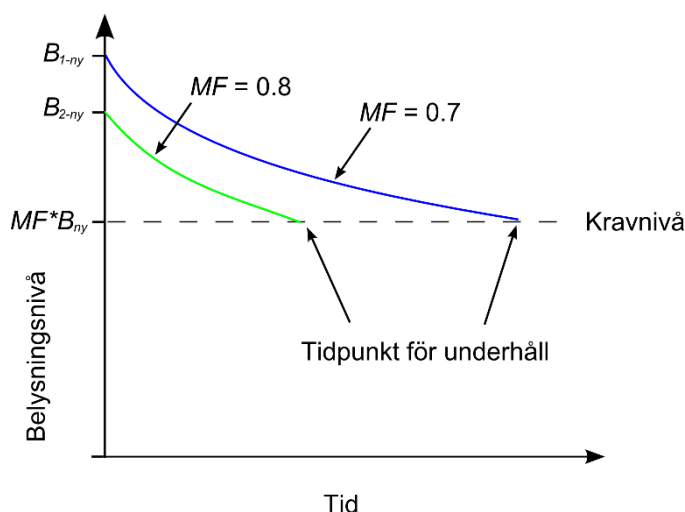
Figur 34: TSK – tunnskiktbeläggning. Stenarnas ljushet är viktig för ljusreflexionen eftersom de förekommer rikligt på ytan. Materialet på bilden är porfyr. Bild: VGU 2004.

Bilaga 4–Bibehållningsfaktor

Bibehållningsfaktorn används för att kompensera för den försämring i belysningsnivå som sker över tid, till följd av ljuskällans nedgång i ljusflöde, nedsmutsning och lampbortfall. Bibehållningsfaktorn beräknas dels utifrån ljuskällans och armaturens egenskaper, dels utifrån det planerade underhållsintervallet.

Bibehållningsfaktorn anges som en parameter i de datorprogram med vilka man gör belysningstekniska beräkningar. Om man anger en bibehållningsfaktor på till exempel 0,8 så innebär det att programmet gör alla beräkningar utifrån att ljusflödet från lampan är 80 % av vad det är när lampan är ny och ren. Man försäkrar sig på så vis om att anläggningen kommer att klara kraven även då belysningsnivån har minskat med 20 %.

Bibehållningsfaktorn har en direkt koppling till underhållsintervallet. En lägre bibehållningsfaktor gör att man kan ha ett längre underhållsintervall, men å andra sidan innebär det att belysningen måste ha en högre nivå initialt, Figur 35.



Figur 35: Med en lägre bibehållningsfaktor blir underhållsintervallet längre, men å andra sidan krävs en högre initial nivå (blå kurva) än då bibehållningsfaktorn är högre (grön kurva).

Bibehållningsfaktorn beräknas enligt¹⁶:

$$MF = LLMF * LMF * LSF$$

där

LLMF = Ljuskällans ljusnedgång (*lamp lumen maintenance factor*)

LMF = Armaturens bibehållningsfaktor (*luminaire maintenance factor*)

LSF = Andel fungerande lampor (*lamp survival factor*)

LLMF och *LSF* ska enligt ekodesigndirektivet anges av ljuskälla tillverkaren, som procentvärden av nyvärdet efter 2000, 4000, 6000, 8000, 12000, 16000 och 20000 timmar. För ljuskällor som är försedda med CLO-funktionalitet är *LLMF* = 1. *LMF* beskriver graden av nedsmutsning, vilken dels beror på miljön armaturen är placerad i, dels på armaturens motståndskraft mot smuts (kapslingsklass). Standardvärden för *LMF*

¹⁶ Beräkningsanvisningar ges av CIE-rapporten 154:2003.

ges av CIE 154:2003, för olika IP-klasser och rengöringsintervall. Dock tyder nyare undersökningar på nedsmutsningen är mindre än vad standardvärdena anger, sannolikt beroende på att mängden luftföroreningar har minskat till följd av skärpt lagstiftning, samt att moderna armaturer är mer motståndskraftiga mot smuts. För Trafikverkets anläggningar, vilka rengörs vart sjätte år, används $LMF = 0,9$. För andra rengöringsintervall kan ungefärliga värden fås från Tabell 22, som bygger på en brittisk studie¹⁷ från 2008 där LMF väljs utifrån typ av miljö och stolphöjd. Från tabellvärdena framgår att ljusnedgången till följd av nedsmutsning är förhållandevis liten för moderna IP6X-armaturer. I speciella miljöer som till exempel tunnlar eller då ljuspunkterna monteras mycket lågt (ledljus/positionslys) kan nedsmutsningen däremot ha en mycket stor inverkan på ljusflödet.

Tabell 22: Uppskattade värden för armaturens bibehållningsfaktor (LMF) för olika typer av miljöer, stolphöjder och rengöringsintervall. Tabellen gäller för IP6X.

Miljözon	Stolphöjd	Tid (år)			
		1	2	3	4
E1-E2	4–6 m	0,98	0,96	0,95	0,94
E1-E2	> 6 m	0,98	0,96	0,95	0,94
E3-E4	4–6 m	0,94	0,92	0,90	0,89
E3-E4	> 6 m	0,97	0,96	0,95	0,94

E1–E2: Landsbygdsmiljöer: landsbygd, byar, ytterområden, nationalparker och andra skyddade områden

E3–E4: Stadsmiljöer: samhällen, industriområden, bostadsområden, stadskärnor, handelsområden

Ljuskällans ljusnedgång ($LLMF$) och armaturens nedsmutsning (LMF) ger en gradvis försämring i ljusflöde, som kan antas vara ungefär lika för hela anläggningen. Lampbortfall (LSF) ger däremot ett totalt bortfall i ljusflöde vid vissa punkter. Att inkludera LSF i beräkningen av MF innebär att man kompenserar för punktvisa bortfall genom att varje lampa initialt får ett högre ljusflöde, så att medelvärdet av hela anläggningens ljusflöde uppfyller kravnivån, även då bortfall har skett. Att göra på det viset medför att nivån hos de lampor som fortfarande lyser alltid kommer att vara onödigt hög, samtidigt som ljusnivån blir onödigt ojämn där det finns bortfall. Ett bättre sätt att hantera lampbortfall är att planera underhållet (lampbyte) utifrån ett visst värde på LSF och beräkna MF för den tidpunkt x då lampbytet ska ske:

$$MF = LLMF_x * LMF_y$$

Tvättning kan ske antingen med samma intervall som för lampbytet eller oftare (y), Figur 36.

Lämpliga värden för LSF är 0,95 eller 0,90, dvs. lampbyte ska ske då bortfallet är 5 eller 10 %.

Procedur för att bestämma bibehållningsfaktorn

1. Välj ljuskälla och armatur
2. Bestäm intervall för lampbyte, x , baserat på LSF
3. Inhämta värde för $LLMF$ vid tidpunkten x från tillverkarens produktinformation

¹⁷Sanders, A., Scott, A. *Review of luminaire maintenance factors*. Transport for London Road Network Development, 2008.

4. Bestäm rengöringsintervall y
5. Inhämta värde för LMF från Tabell 22 för den valda tiden y
6. Beräkna $MF = LLMF * LMF$
7. Repetera eventuellt steg 1–6 med andra värden på x och y , för att få flera alternativ att välja bland

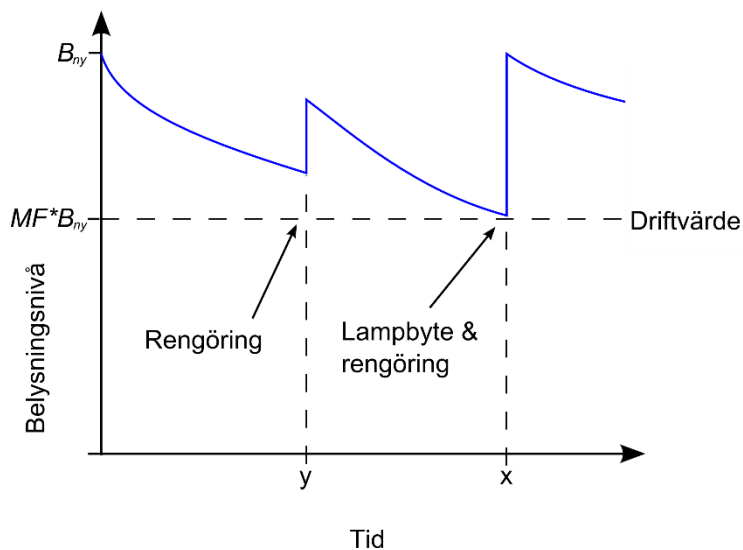
Exempel:

Antag att man vill beräkna bibehållningsfaktor för en anläggning med följande egenskaper:

- Plats: Huvudgata i tätort (miljözon E3–E4)
- Ljuskälla och armatur: Högtrycksnatrium, kapslingsklass IP65
- Stolphöjd: 10 m
- Brinntid per år: 4000 h
- Underhållsschema: Rengöring vartannat år, lampbyte då bortfallet är 10 % ($LSF = 0,9$)

I tillverkarens produktinformation anges att bortfallet är 10 % efter 16000 h, dvs. intervallet för lampbyte blir 4 år. $LLMF$ är enligt produktinformationen 0,86 efter 16000 h. LMF är enligt Tabell 22 0,96. MF blir därmed $0,86 * 0,96 = 0,83$.

Om man istället väljer att rengöra vart fjärde år blir LMF 0,94 vilket ger $MF = 0,86 * 0,94 = 0,81$.



Figur 36: Bibehållningsfaktorn beräknas utifrån intervall för rengöring (y) och lampbyte (x).

Ovanstående beräkningsspecifikation gäller konventionella ljuskällor, dvs. högtrycksnatrium, metallhalogen och lysrör. LED-lampor skiljer sig lite från de konventionella ljuskällorna, med avseende på hur de förändras över tid. En gradvis ljusnedgång kan ske både till följd av att materialet åldras och på grund av att enstaka dioder slutar fungera. Dessutom kan lampor slockna helt, beroende på att någon elektrisk komponent går sönder. I dagsläget saknas en definition för hur

bibehållningsfaktorn ska beräknas för LED-lampor, men det är sannolikt att en sådan kommer inom kort.

Bilaga 5 – Adaptationssträckor

Ögats anpassning från ljus till mörker är förhållandevis långsam. På vägar med hög luminansnivå ska därför en adaptationssträcka anordnas vid övergång från belyst till obelyst vägsträcka, för att ögat ska hinna anpassa sig till den lägre ljusnivån.

Medelluminansen på adaptationssträckan bör vara omkring 15–25% av den belysta vägens medelluminans. Stolphöjd, stolpavstånd och armaturtyp bör om möjligt vara samma på adaptationssträckan som på den belysta sträckan. Där belysningen upphör bör vägen förses med kantstolpar på en sträcka av minst dubbla adaptationssträckan, dock minst 300 m.

I de fall man har en dubbelsidig ljuspunktsplacering kan det vara möjligt att anordna adaptationssträckan genom att låta belysningen övergå i enkelsidig ljuspunktsplacering längs den motsatta körbanan.

Övergång mellan belyst och obelyst väg ska ske där trafikmiljön är okomplicerad, dvs. på en rak vägsträcka eller i en kurva med stor radie. Minimiradier ges av Tabell 23. Om kurvan har mindre radie bör adaptationssträckan i första hand avslutas efter kurvan. I andra hand bör adaptationssträckan avslutas på ett avstånd före kurvan som är minst lika med adaptationssträckans längd.

Tabell 23: Minimiradie för anordnande av adaptationssträcka.

Referenshastighet (km/h)	Kurvradie (m)
120	1050
110	940
100	840
90	750
80	635
70	525
60	430

Längden på adaptationssträckan anpassas efter hastigheten. Tabell 24 anger kortaste adaptationssträcka för olika referenshastigheter. På vägar med belysningsklass M4–M6 behöver ingen adaptationssträcka anordnas.

Tabell 24: Kortaste adaptationssträcka (m) för olika referenshastigheter.

Referens- hastighet (km/h)	Belysningsklass		
	M1	M2	M3
120	200	150	100
110	180	140	90
100	170	120	-
90	150	110	-
80	130	100	-
70	120	90	-
60	100	-	-
50	-	-	-

För separat belysta plankorsningar utförda med högmast eller enstaka stolpar behövs normalt ingen adaptationssträcka.

Bilaga 6 – Stolpplacering

Allmänna principer för stolpplacering ges i kapitel 5.6. Specifika anvisningar för stolpplacering i cirkulationsplatser, korsningar och trafikplatser ges nedan.

Cirkulationsplatser

Stolpar ska i mindre och medelstora cirkulationsplatser i första hand placeras runt cirkulationens yttersida. En sådan placering gör att ljus faller på de fordon som befinner sig i cirkulationen, sett från de fordon som befinner sig på tillfarterna. Dessutom faller ljus på rondellytans kant, vilket tydliggör körbanans kurvatur. Det kan vara mindre lämpligt att placera stolpar längs cirkulationens innersida (dvs. i ytterkanten av rondellen) i mindre rondeller, dels eftersom de riskerar att bli påkörda, dels för att de kan skymma sikten eller ge en felaktiga visuell ledning. Om man ändå väljer att placera stolpar i rondellen, till exempel som en del i utsmyckningen av cirkulationsplatsen, bör stolphöjd och armaturtyp avvika från belysningen på anslutande vägar.

En variant som kan användas i mindre och medelstora rondeller är att placera en stolpe eller högmast med flera armaturer mitt i rondellen. Fördelar med en sådan placering är att körbanan blir jämnt belyst, antalet stolpar blir litet och graden av bländning blir låg om ljuspunkterna placeras högt. Driftsaspekter samt risk för påkörning bör dock beaktas vid stolpplacering mitt i rondellen.

I mycket stora cirkulationsplatser (rondelldiameter omkring 80 m eller mer), där hastigheten kan förväntas vara lite högre, kan det vara lämpligt att ha stolparna längs cirkulationens innersida, enligt grundprincipen att stolpar ska undvikas i ytterkurvor. Om man väljer en sådan stolpplacering bör stolparna i rondellen skilja sig från tillfartsvägarnas stolpar, t ex genom att vara högre eller ha ett annat antal armaturer, för att undvika felaktig visuell ledning.

Man bör eftersträva en stolpplacering som matchar cirkulationsplatsens och de anslutande vägarnas geometri och storlek. Stolpar kan, förutom att placeras längs cirkulationens ytterkant, placeras på refuger vid cirkulationens till- och frånfarter, förutsatt att refugerna är tillräckligt stora. Om man har möjlighet är det dock bra att undvika refugplacering, eftersom sådana stolpar tenderar att bli påkörda oftare än stolpar i cirkulationens ytterkant. Stolpar ska inte placeras på målade trafiköar.

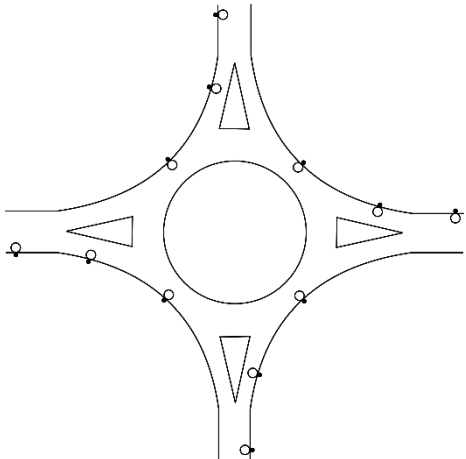
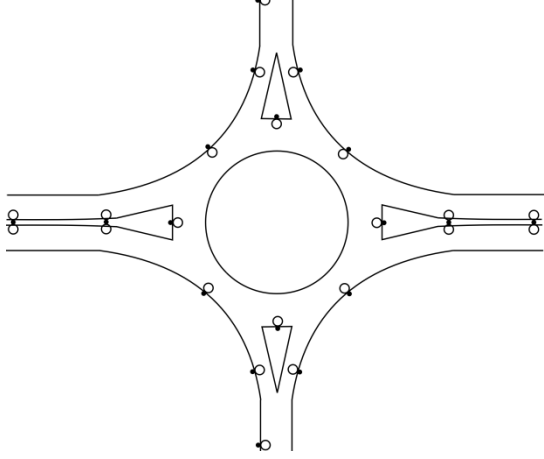
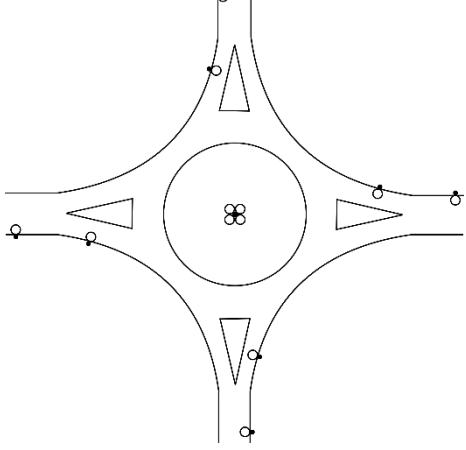
Belysningen bör arrangeras med så få stolpar som möjligt, för att undvika ett visuellt rörigt intryck. Ett sätt att minimera antalet stolpar är att ha flera armaturer på en och samma stolpe. Armaturerna ska monteras direkt på stolpen eller sitta på en kort arm. Stolparna bör ha samma höjd eller vara högre än stolparna på anslutande vägar.

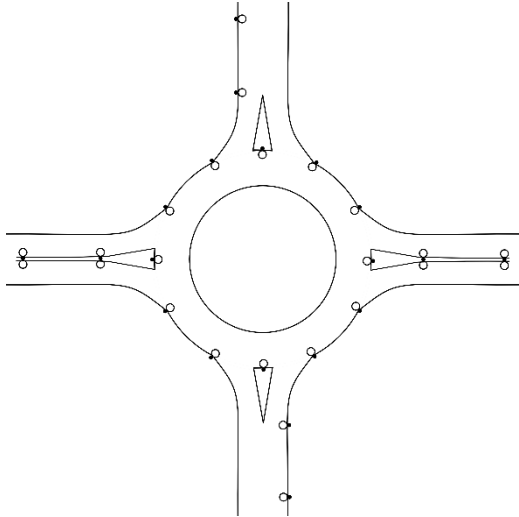
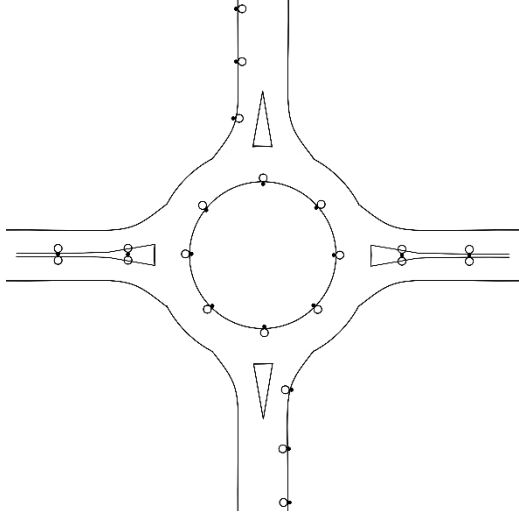
Oeftergivliga stolpar får inte placeras inom det sidoområde som motsvarar primärvägens säkerhetszon. I rondellen får oeftergivliga stolpar placeras endast om det finns refuger i samtliga tillfarter som framtvingar riktningsförändring, och placering får då endast ske i rondellens mitt¹⁸.

Tabell 25 visar olika principer för stolpplacering i cirkulationsplatser. Den exakta stolpplaceringen och stolphöjden för en specifik rondell tas fram med hjälp av belysningstekniska beräkningar.

¹⁸ Definition för området där oeftergivliga stolpar tillåts ges av *TRVK Vägars och gators utformning*, kapitel 4.1.3.8

Tabell 25: Principer för stolpplacering i cirkulationsplatser.

	<p>I mindre cirkulationsplatser går det ofta att arrangera adekvat belysning med åtta stolpar: en stolpe vid varje infart samt fyra stolpar längs med cirkulationens yttersida.</p> <p>Om de anslutande vägarna är belysta kan man låta stolparna vid in- och utfart placeras enligt de anslutande vägarnas stolpplacering.</p>
	<p>Stolpar kan placeras på refugerna, såvida de är tillräckligt stora. Om man har möjlighet är det dock bra att undvika refugplacering på grund av risken för påkörning.</p> <p>Om körbanan är bred vid in- och utfarterna, så att inte adekvat belysningsstyrka uppnås för båda körfälten med en armatur, kan stolpar placeras vid både in- och utfart.</p>
	<p>Ett alternativ i mindre och medelstora cirkulationsplatser är att placera en stolpe eller högmast med flera armaturer i mitten av rondellen. Vid en sådan placering bör driftsaspekter beaktas.</p>

	<p>I stora cirkulationsplatser kan det behövas flera stolpar längs med cirkulationens ytterkant.</p> <p>Ett alternativ till att ha flera stolpar är att ha flera armaturer på varje stolpe.</p>
	<p>I mycket stora cirkulationsplatser (rondelldiameter > 80 m) med lite högre hastigheter, kan man placera stolparna längs cirkulationens innerkant, enligt principen för stolpplacering i kurvor.</p> <p>Antalet stolpar avgörs av rondellens storlek.</p>

Om det finns övergångsställen vid cirkulationsplatsens in- och utfarter är det om möjligt bra att arrangera belysningen så att ljus faller på fotgängaren från den riktning fordonstrafiken kommer. Eftersom det område som utgör bakgrund till fotgängaren vid en cirkulationsplats ofta är visuellt komplext med både ljusa och mörka områden är det svårt att få fotgängaren att framträda i positiv eller negativ kontrast. Istället får man sträva efter att synliggöra fotgängaren med hjälp av färgkontrast eller rörelse, genom att rikta ljus mot den sida av fotgängaren som är vänd mot trafiken.

Korsningar

Följande exempel ger vägledning för hur stolpar kan placeras i olika typer av korsningar. Skisserna visar olika principer för stolpplacering. Exakt stolpplacering för en specifik korsning tas fram med hjälp av belysningstekniska beräkningar.

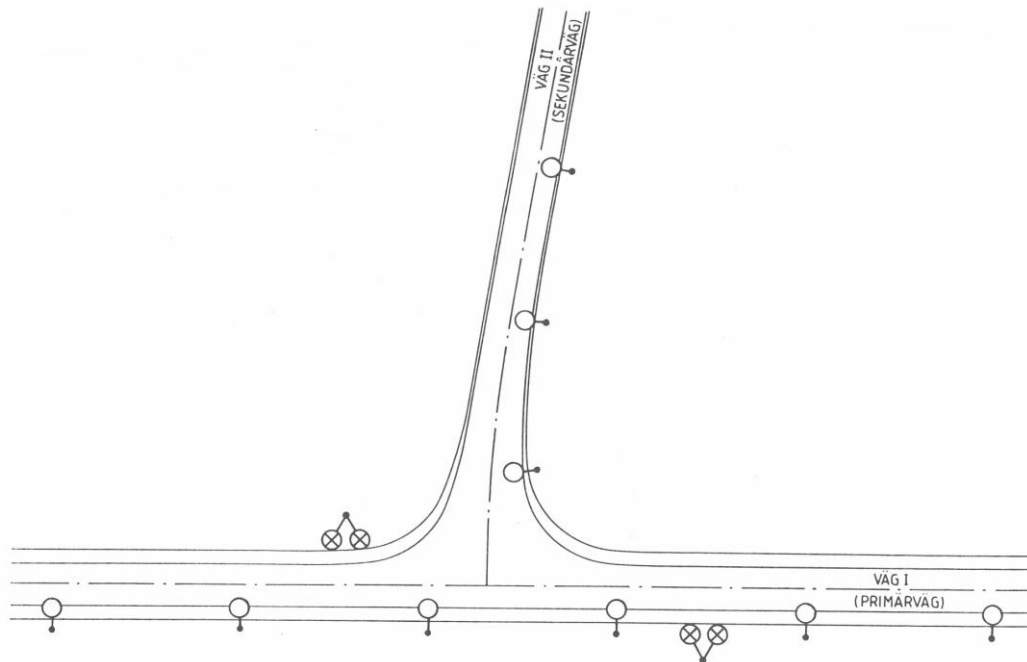
En generell princip är att stolpar inte ska placeras där de riskerar att bli påkörda:

- Nära svängande fordons körspår, till exempel nära kanten på refuger eller i innerkurvan vid högersväng
- Mittemot den anslutande vägen i T-korsningar

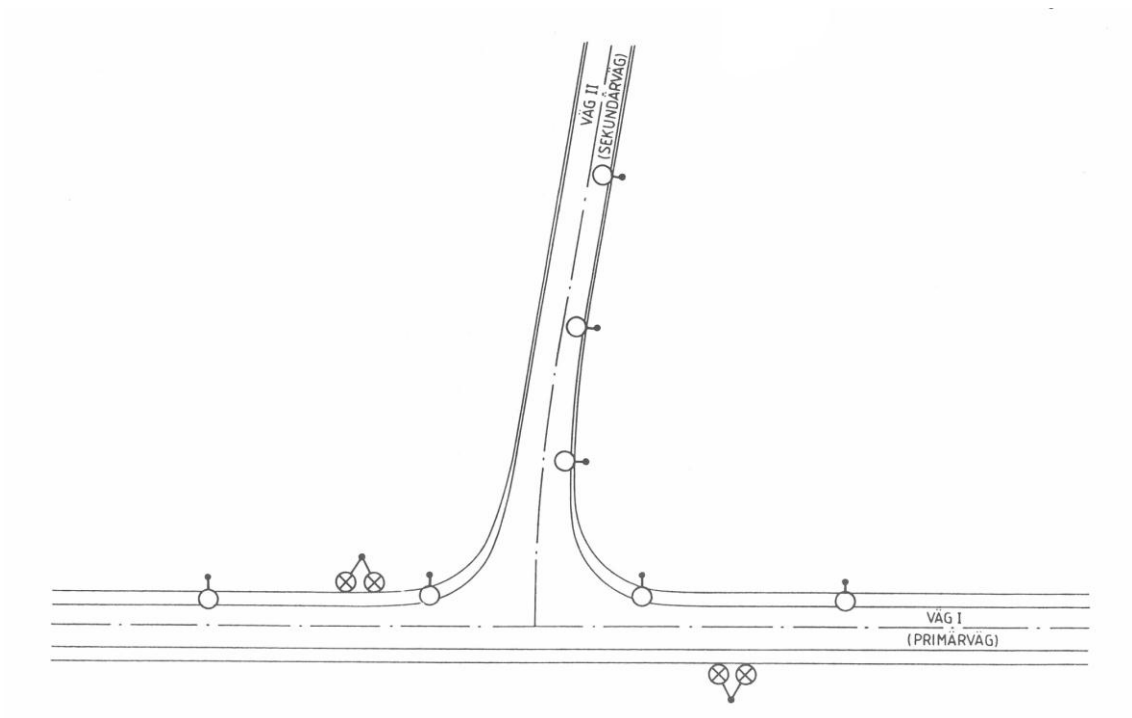
Några av skisserna visar två alternativa placeringar av stolpar: antingen med vanliga stolpar eller med högmast. Vanligtvis används vanliga stolpar i tätort, medan högmast används på landsbygd.

Teckenförklaring:

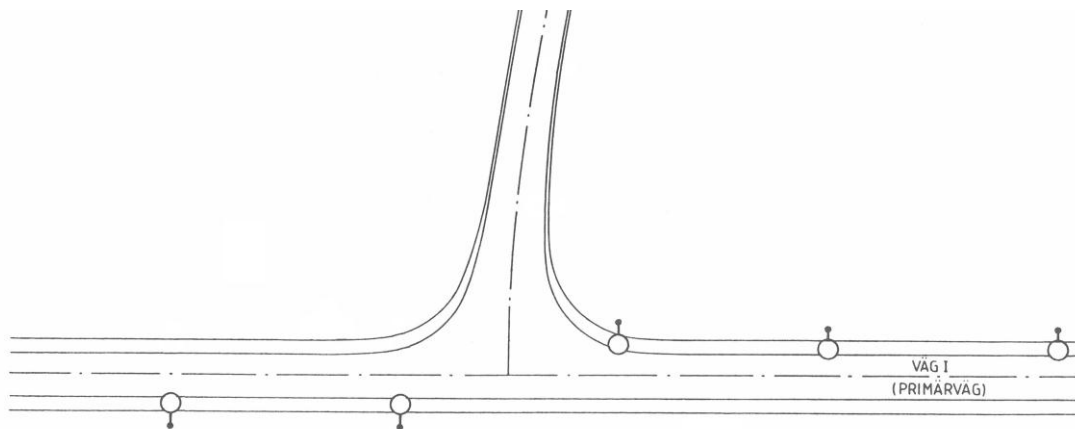
- = stolpe med armatur
- ⊗ = högmast med armatur



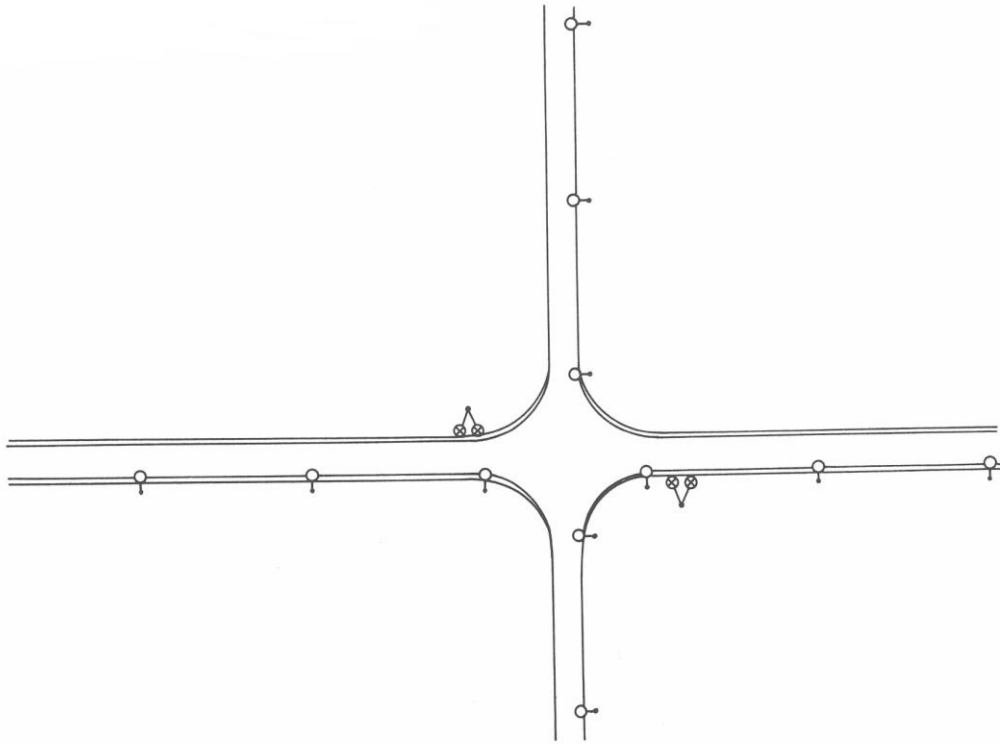
Figur 37: Stolpplacering i T-korsning: antingen stolpar eller högmast. Vid T-korsning bör stolpar inte placeras mitt för T-anslutningen på grund av påkörningsrisken. Bild: REBEL 91.



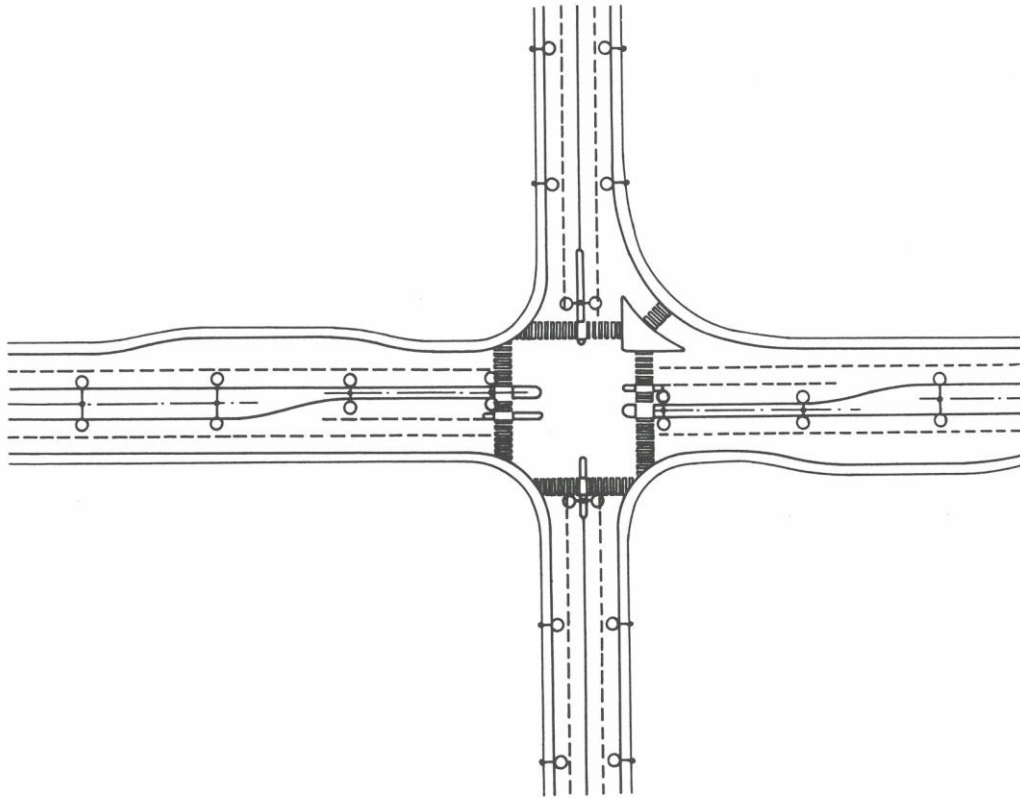
Figur 38: Stolpplacering i T-korsning: antingen stolpar eller högmast. Vid T-korsning bör stolpar inte placeras mitt för T-anslutningen på grund av påkörningsrisken. Bild: REBEL 91.



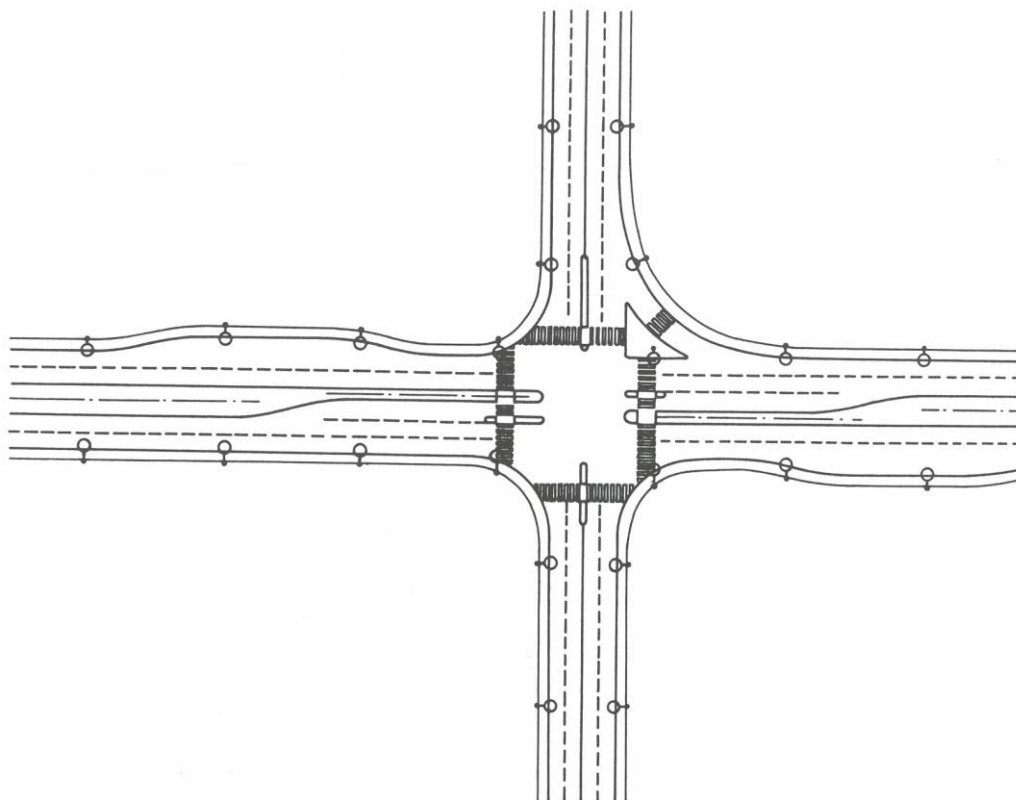
Figur 39: Vid belysning av korsning på obelyst väg kan man placera stolparna längs med de körfält som leder mot korsningen. På så vis skapas en adaptationssträcka för de körfält som leder från korsningen.



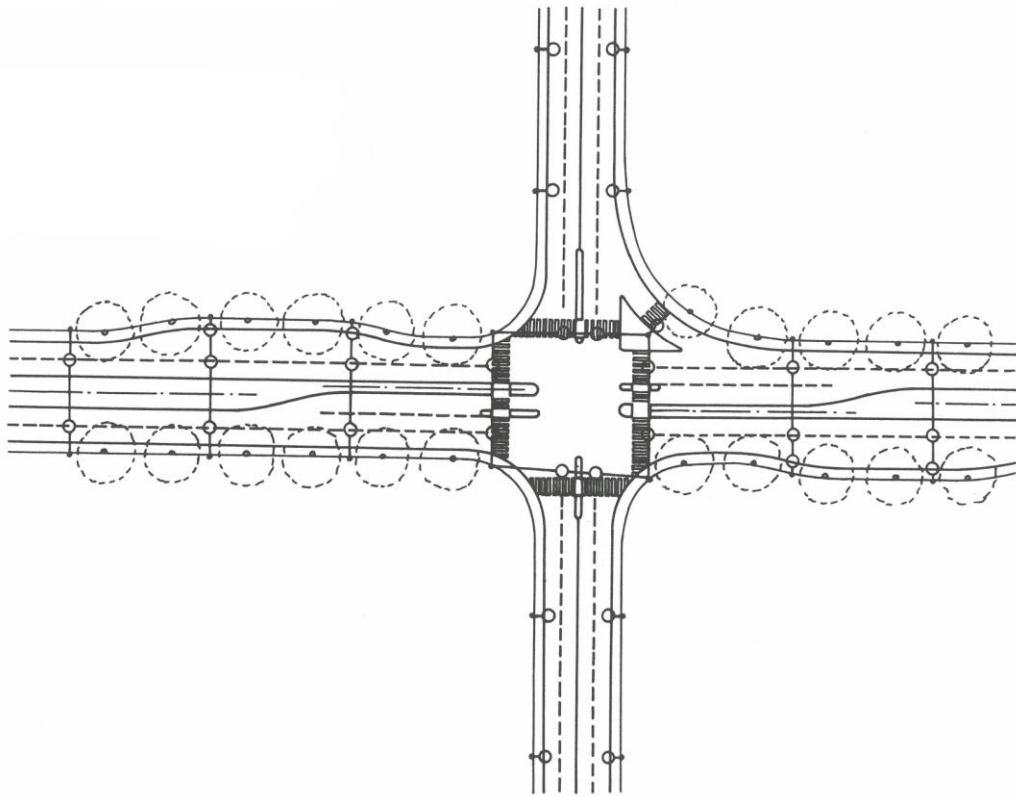
Figur 40: Stolpplacering i enkel okanaliserad fyrvägskorsning: antingen stolpar eller högmastar. Bild: REBEL 91.



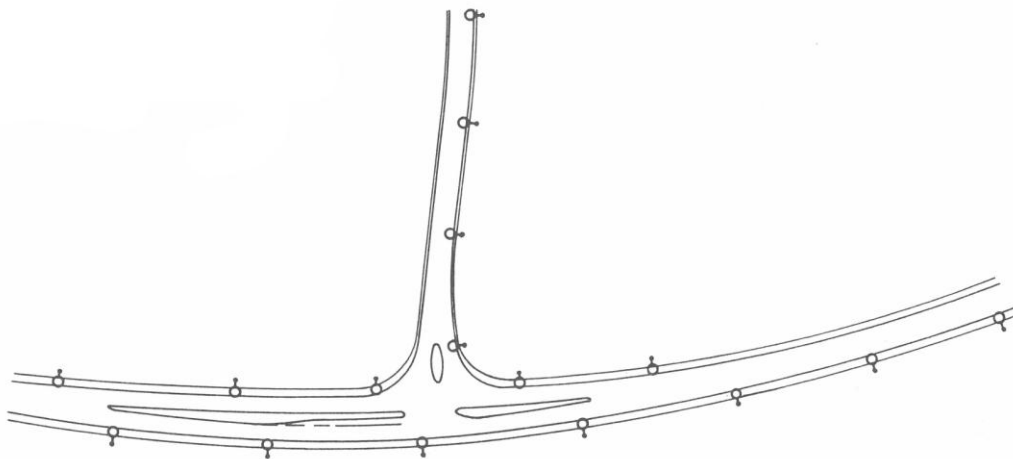
Figur 41: Stolpplacering i korsningar där de anslutande till- och frånfarterna har flera körfält. Om mittplacerade stolpar placeras långt fram mot korsningens mittpunkt, blir själva korsningen effektivt upplyst. Stolpar ska dock inte stå så nära mittpunkten att de riskerar att bli påkörda. Bild: REBEL 91.



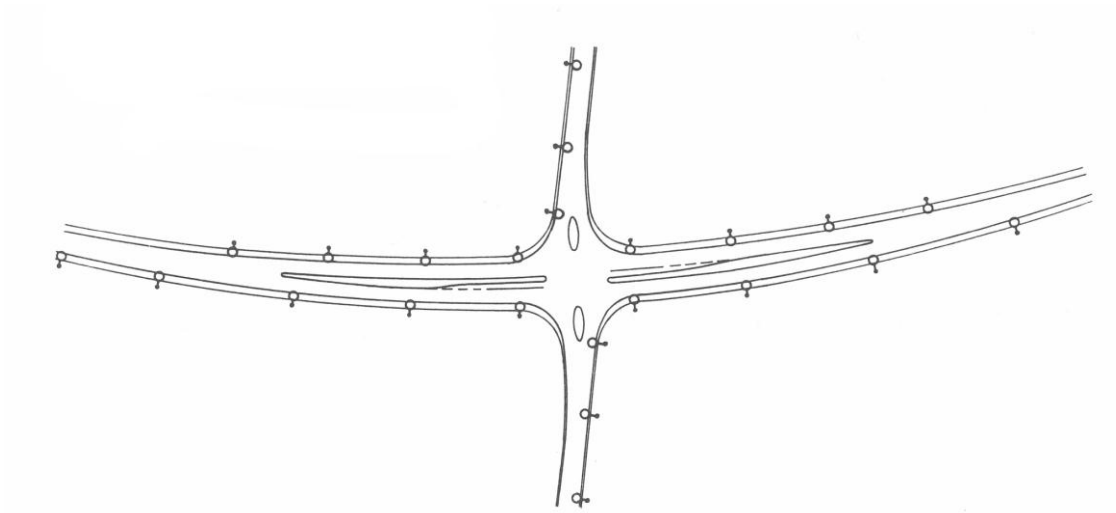
Figur 42: Stolpplacering i korsningar där de anslutande till- och frånfarterna har flera körfält. Vid korsningar där stolpar inte kan placeras på refugerna kan dubbelsidig placering väljas. I det här exemplet har man valt att ha längre arm vid busshållplatserna. Bild: REBEL 91.



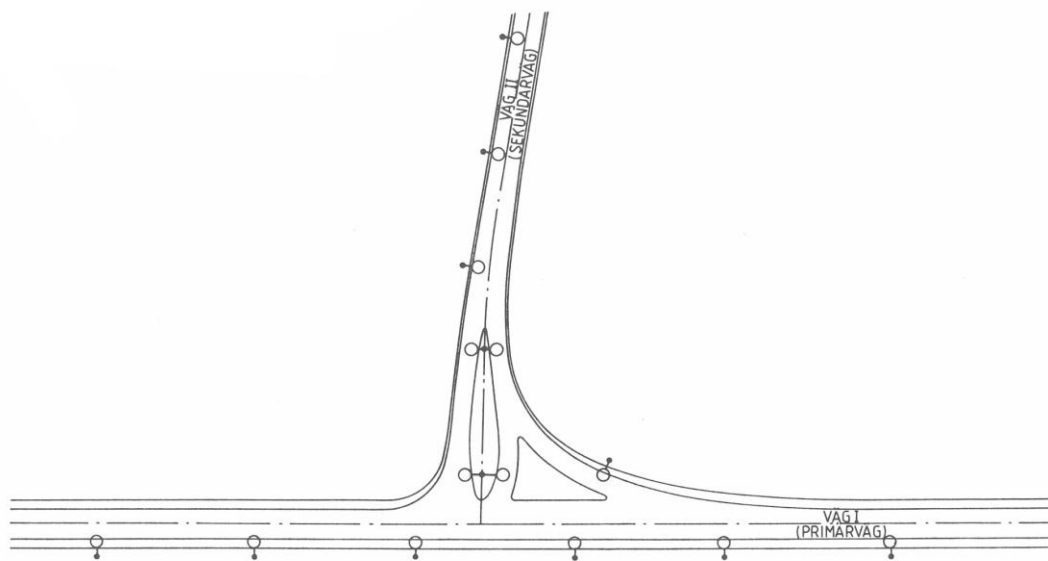
Figur 43: Vid vägar med träd och gator med smala trottoarer kan linspänn vara ett lämpligt alternativ. Bild: REBEL 91.



Figur 44: Stolpplacering i trevägskorsning med breddad sektion. Enkelsidig placering kan i korsningen övergå i sicksackplacering med successiv anpassning av ljuspunktsavstånden. Bild: REBEL 91.

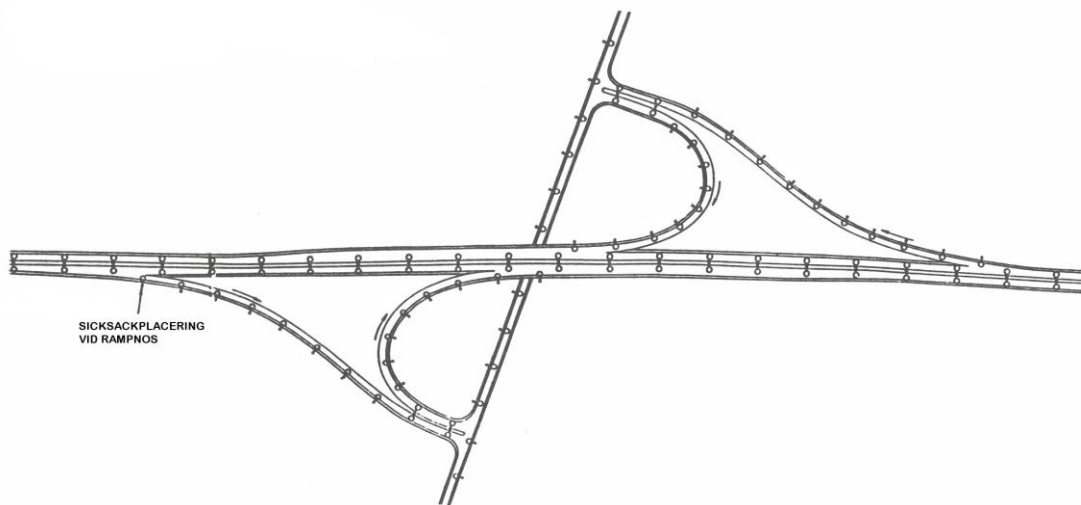


Figur 45: Stolpplacering i fyrvägskorsning med breddad sektion. Enkelsidig placering kan övergå i sicksackplacering och därefter dubbelsidig placering. Bild: REBEL 91.

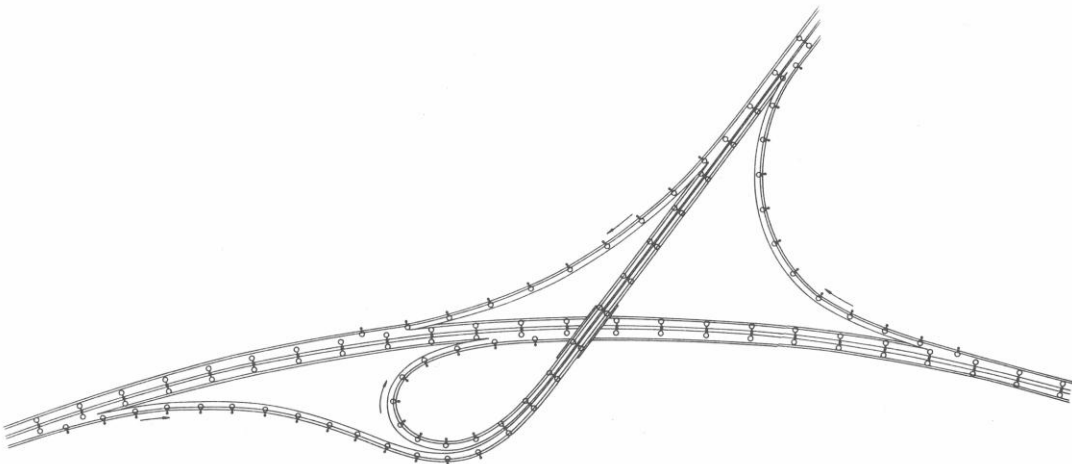


Figur 46: I kanaliserade korsningar med stora refuger kan dessa ibland utnyttjas för stolpplacering. Bild: REBEL 91.

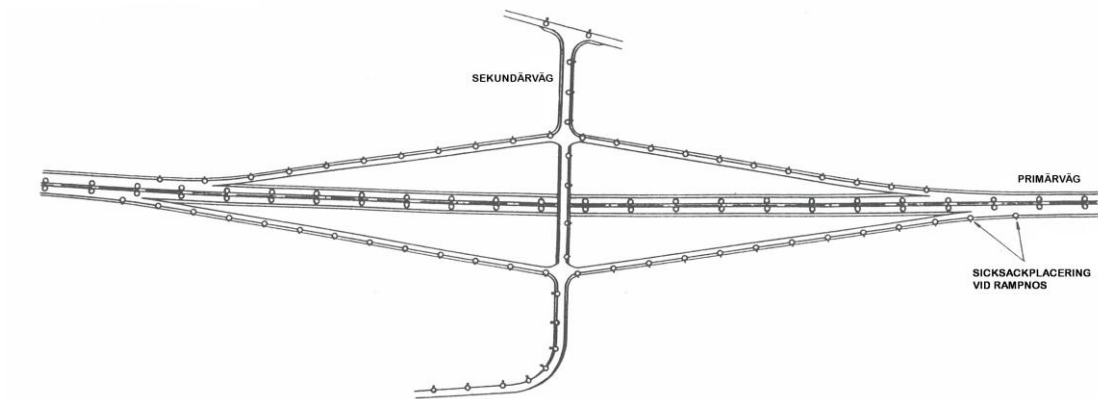
Trafikplatser



Figur 47: Stolpplacering vid trafikplats av klövertyp. Stolpar bör placeras i innerkurva. Bild: REBEL 91.



Figur 48: Stolpplacering vid trafikplats av trumpettyp. Stolpar bör placeras i innerkurva. Bild: REBEL 91.



Figur 49: Stolpplacering vid trafikplats av rutertyp. Ljuspunkter och stolpar bör placeras med obrutna ljuspunktslinjer utefter rampernas utsidor. Bild: REBEL 91.

Bilaga 7 – Relaterade publikationer och länkar

Standarder och regelverk

Boverkets författningssamling BFS 2011:5 ALM 2. Boverket. Kan laddas ned från Boverkets webbplats: www.boverket.se.

CEN-standarder:

- *Val av belysningsklasser*, SS-EN 13201-1
- *Krav på prestanda*, SS-EN 13201-2
- *Beräkning av prestanda*, SS-EN 13201-3
- *Metoder för mätning av belysningsprestanda*, SS-EN 13201-4
- *Belysning av arbetsplatser – Part 2: Arbetsplatser utomhus*, SS-EN 12464

Kan beställas från Swedish Standards Institute: www.sis.se.

CIE-standarder. Kan beställas från Swedish Standards Institute: www.sis.se.

Belysningsarmaturer (TDOK 2013:0651). Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

TRVK Bro. Trafikverket publikation 2011:085. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

TRVK Styrssystem för belysningsanläggningar för väg. Trafikverket TDOK 2013: 0580. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

TRVK Tunnel. Trafikverket publikation 2011:087. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

TRVK Vägars och gators utformning. Trafikverket publikation 2012:179. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

TRVR Vägars och gators utformning. Trafikverket publikation 2012:180. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

TRVÖK Vägars och gators utformning. Trafikverket publikation 2012:181. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

Vägars och gators utformning – Begrepp och grundvärden. Trafikverket publikation 2012:199. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

Ekodesigndirektivet: information tillhandahålls av Energimyndigheten: www.energimyndigheten.se, samt av Europeiska kommissionen: ec.europa.eu.

Handböcker, rådgivande dokument och rapporter

Gatubelysning på entreprenad. Upphandling – uppföljning – utvärdering. Utgiven av SKL Kommentus Media AB och Sveriges Kommuner och Landsting, 2012. Kan laddas ned från SKL:s webbplats: www.skl.se.

Nattens ljus. Belysningsstrategier i tätort – från vision till verklighet. Utgiven av Sveriges Kommuner och Landsting, 2005. Kan beställas via SKL:s webbplats: www.skl.se.

Plats för trygghet. Inspiration för stadsutveckling. Utgiven av Boverket, 2010. Kan laddas ned från Boverkets webbplats: www.boverket.se.

Träds inverkan på belysningseffekt på gång- och cykelvägar. VTI rapport 723. Kan laddas ner från VTI:s webbplats: www.vti.se.

Vägbelysningens påverkan på djur och växter samt rekommendationer för val av ljus. Rapport författad av Calluna AB. Kan laddas ned från Trafikverkets webbplats: www.trafikverket.se.

Vägledning för miljöanpassad utomhusbelysning. Utgiven av Miljöstyrningsrådet, 2009. Kan laddas ned från MSR:s webbplats: www.msr.se.

Facklitteratur och läroböcker

Boyce, P. *Lighting for driving. Roads, vehicles, signs, and signals.* Utgiven av CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2009.

Schreuder, D. *Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception.* Utgiven av Springer förlag, 2008.

Sørensen, K. *Road lighting.* Utgiven av Nordiskt möte för förbättrad vägutrustning (NMF), 2013. Kan laddas ned från NMF:s webbplats: www.nmfv.dk.

Forskning

Centrum för energieffektiv belysning (CEEBEL): Tillhandahåller information om pågående forskning och utveckling av energieffektiv belysning. Webbplats: www.ceebel.se.

Portalen för transportforskning: www.transportportal.se.

Nordiskt möte för förbättrad vägutrustning (NMF): Tillhandahåller nordiska rapporter och artiklar inom vägbelysningsområdet. Webbplats: www.nmfv.dk.

Programvara för belysningstekniska beräkningar

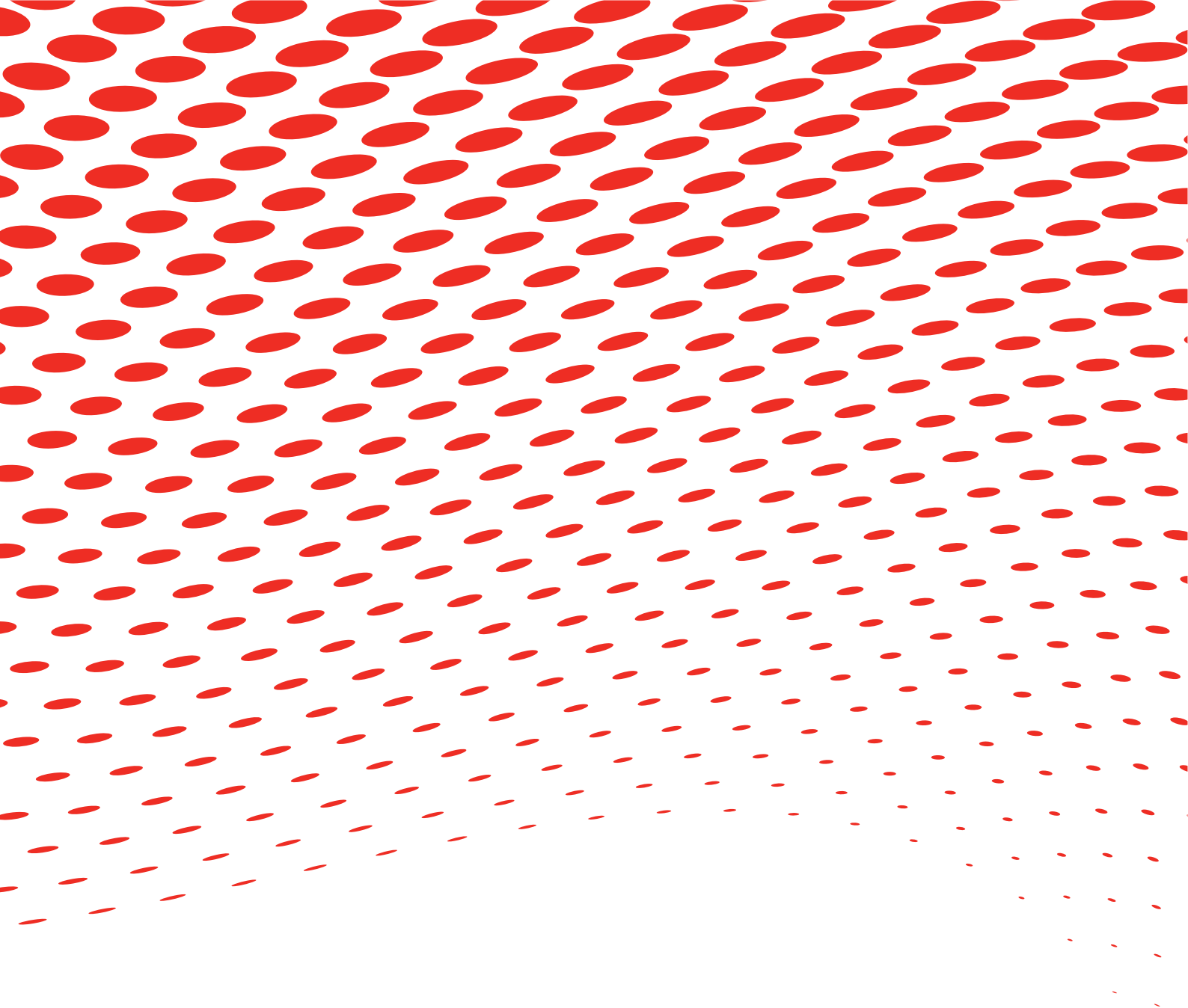
DIALux: Kan laddas ned från www.dial.de.

Relux: Kan laddas ned från www.relux.biz.

Verktyg för beräkning av livscykelkostnader

Miljöstyrningsrådets LCC-kalkyl:

<http://www.msr.se/sv/Upphandling/LCC/Kalkyler/Utomhusbelysning/>



TRAFIKVERKET, JUNI 2014. FOTO: MOASTFOTOS. TRYCK: NEKO AB.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 781 89 Borlänge, Besöksadress: Röda vägen 1
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se