

## 6 Tunnelbelysning

### 6.1 Vägtunnelbelysning

Med vägtunnlar avses här sådana tunnlar som från belysningsteknisk synpunkt kan betraktas som långa. Med långa tunnlar avses tunnlar längre än 100 m, eller tunnlar vars utfart och område bortom utfart inte kan ses från en punkt framför infarten som ligger på stoppsträckas avstånd framför tunnelmynningen.

Belysning i vägtunnlar kan indelas i:

- nattbelysning
- dagbelysning
- nödsystem (nödbelysning)/reservbelysning

Nattbelysning utformas enligt samma principer som vägbelysning.

Dagbelysning utformas vid infarten med höga luminansnivåer, som anpassas till dagsljusets variationer. För att minska behovet av artificiell belysning kan dagsljuset reduceras med hjälp av ljusskärmar (raster) över infarten.

Nödbelysning (nödsystem) anordnas för utrymning av tunneln.

Reservbelysning (del av nattbelysning) aktiveras vid spänningsbortfall.

#### 6.1.1 Nattbelysning

Belysning anordnas i tunneln även om anslutande vägbelysning saknas. Vid obelyst anslutande väg ska adaptationssträcka anordnas (se avsnitt 7.10). Nattbelysning ska utformas lika i hela tunnelns längd och ha minst de kvalitetskrav (belysningsstyrka) som gäller för vägen utanför tunneln, dock lägst belysningsklass CE2 Medelluminansnivå för nattbelysning i tunnlar bör vara minst hälften av i TABELL 6-1 angivna värden. Nattbelysning ska även anordnas under eventuella avskärmningar. Det är viktigt att avblända armaturen och belysa tunnelväggarna.

TABELL 6-1 Erforderlig medelluminans i inre zon beroende på referenshastighet

REFERENSHASTIGHET KM/H	MEDELLUMINANS CD/M <sup>2</sup>	LUMINANSJÄMNHET	LUMINANSJÄMNHET
		TOT	LÄNGS
50	3 – 6	0,4	0,6
70	3 – 6	0,4	0,6
90	5 – 10	0,4	0,6

### 6.1.2 Dagbelysning

Belysningen bör utformas så att en bilförare, alltid kan se eventuella hinder på och invid vägen i så god tid att det finns möjlighet att stanna framför hindret.

Ur visuell synpunkt kan problemen vid dagbelysning av vägtrafiktunnlar sägas vara:

- "mörka hålet" i tunnelmynningen
- "adaptationen" vid övergången från hög luminansnivå till låg
- "inre zonen" inne i tunneln

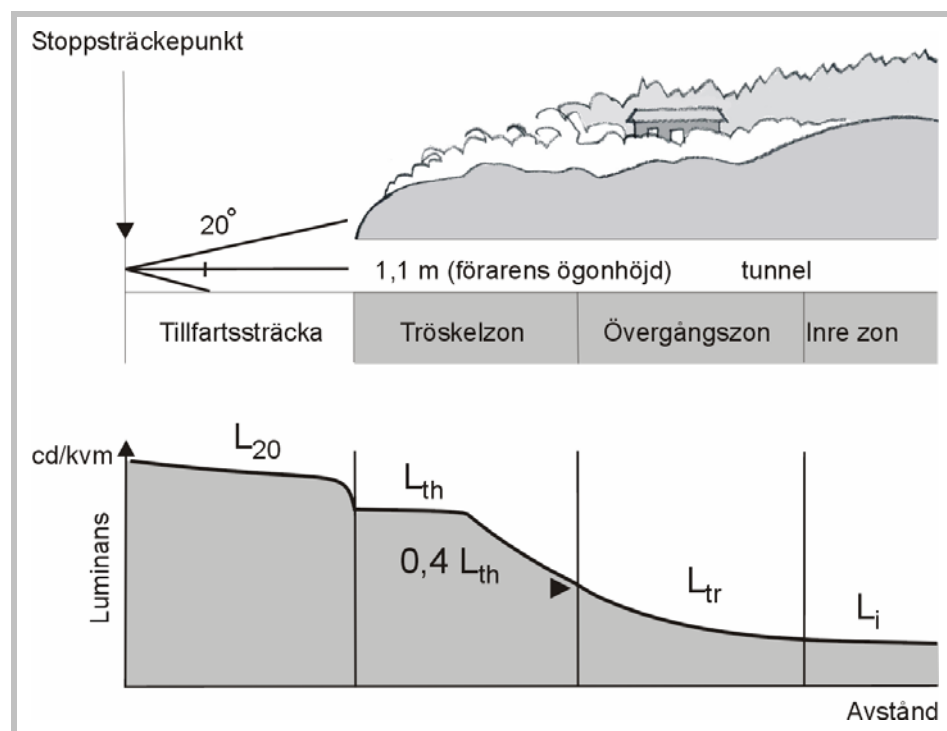
Med "mörka hålet" avses den mörka tunnelmynningen. Svårigheten är att utforma belysningen så att en bilförare som i dagsljus närmar sig en tunnel, då dennes ögon är adapterade till en hög luminansnivå, tillfredställande kan se hinder i mynningen.

Med "adaptation" avses problemet att utforma en lämplig övergång från den höga luminansnivån utanför och omedelbart innanför mynningen till den lägre nivån inne i tunneln.

Med "inre zonen" avses problemet att fastställa lämplig luminansnivå inne i tunneln. Vid ljusskärmar, utanför mynningen bör sträckan under skärmen anses ingå i tunneln.

## 6.2 Belysningstekniska kvalitetsegenskaper

Belysningsanläggningen i trafiktunnlar utformas enligt FIGUR 6.2 och indelas i tillfartssträcka, tröskelzon, övergångszon och inre zon.



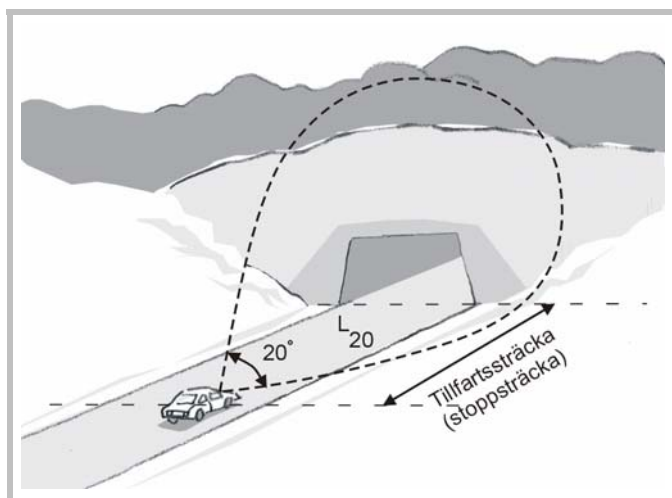
FIGUR 6-1 Principiell utformning av tunnelbelysning

De faktorer som avgör vilken belysningsteknisk kvalitet som bör väljas är:

- referenshastighet
- adaptationsluminansen i tillfartssträckan ( $L_{20}$ )

### 6.2.1 Tillfartssträckan

Längden av tillfartssträckan är lika med längden av stoppsträckan för den aktuella referenshastigheten, se FIGUR 6-2 och TABELL 6-2.



FIGUR 6-2 Förarens synfält i 20° från början av tillfartssträckan,  $L_{20}$  är medelluminans i synfältet.

TABELL 6-2 Stoppsträcka för olika referenshastigheter

VR km/h	Omgivning	VÄGSTANDARD		
		Låg	Mindre god	God
50	Tätort	50 m	40 m	35 m
70	Tätort	110 m	85 m	70 m
	Landsbygd	110 m	95 m	85 m
90		165 m	150 m	135 m

Belysningen i tunnlar dimensioneras med utgångspunkt från adaptationsluminansen  $L_{20}$ . Den är summan av de olika medelluminanserna i bilförarens synfält sett från början av tillfartssträckan. Adaptationsluminansen för respektive tillfartsmiljö väljs enligt TABELL 6-3. Om tillfartsmiljön är svår att specificera kan särskild utredning göras enligt SIS Tunnelbelysning teknisk rapport.




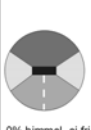
### 6.2.2 Tröskelzon

Sträckan omedelbart innanför tunnelmynningen kallas tröskelzon.

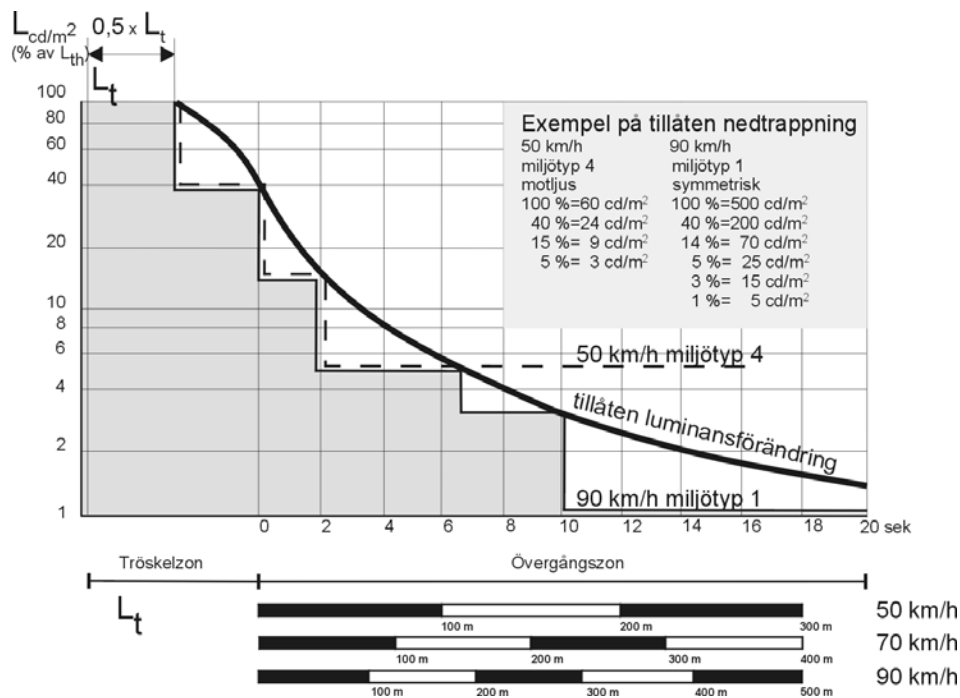
Tröskelzonens längd är lika med längden av stoppsträckan för den aktuella referenshastigheten enligt TABELL 6-2. Erforderlig medelluminansnivå ( $L_{th}$ ) i tröskelzonen bestäms av medelluminansnivån  $L_{20}$  på tillfartssträckan, vilken framgår av TABELL 6-3 för olika typer av tillfartssträckor och referenshastigheter. Medelluminansnivån ( $L_{th}$ ) ska vara konstant till halva

tröskelzonens längd räknad från tunnelmynningen, därefter måste luminansnivån sänkas enligt den teoretiska adaptionskurvan i FIGUR 6-3 till  $0,4 L_{th}$  i tröskelzonens slut.

TABELL 6-3 Tröskel- och övergångszonens längd för fyra typanläggningar

Tillfartssträcka				Tröskelzon						Övergångszon					
Miljö inom synfältet	Typ av armatur	Tillfartssträckans riktning	Adaptionsluminans $L_{20}$ ( $cd/m^2$ )	50 km/h		70 km/h		90 km/h		50 km/h	70 km/h	90 km/h			
				Tröskelzonens längd vid horisontell väg									Från $0,4 L_{th}$ till $10 cd/m^2$		
				70 m		110 m		165 m							
				Langd i meter											
				$L_{th}$	$0,4 L_{th}$	$L_{th}$	$0,4 L_{th}$	$L_{th}$	$0,4 L_{th}$						
	Symmetrisk	syd	6250	-	-	375	150	625	250	-	260	350			
		öst-väst	5000	-	-	300	120	500	200	-	210	280			
		norr	4500	-	-	270	110	450	180	-	190	250			
	Motljus	syd	6250	-	-	315	125	435	175	-	225	260			
		öst-väst	5000	-	-	250	100	350	140	-	180	210			
		norr	4500	-	-	225	90	315	125	-	160	190			
	Symmetrisk	syd	5000	250	100	300	120	500	200	135	210	285			
		öst-väst	4000	200	80	240	95	400	160	110	170	230			
		norr	3600	180	70	215	85	360	145	100	155	205			
	Motljus	syd	5000	200	80	250	100	350	135	110	185	210			
		öst-väst	4000	160	65	200	80	280	110	90	150	170			
		norr	3600	145	60	180	70	250	100	80	135	155			
	Symmetrisk	syd	3750	185	75	225	85	375	150	100	150	225			
		öst-väst	3000	150	60	180	70	300	120	80	130	180			
		norr	2700	135	54	160	65	210	110	70	115	160			
	Motljus	syd	3750	150	65	190	75	260	106	75	135	150			
		öst-väst	3000	120	50	150	60	210	85	60	110	130			
		norr	2700	110	45	135	55	190	75	55	100	115			
	Symmetrisk	syd	1875	95	35	110	45	190	75	50	95	110			
		öst-väst	1500	75	30	90	35	150	60	40	75	90			
		norr	1350	70	25	80	30	135	55	35	70	81			
	Motljus	syd	1875	75	30	95	35	130	50	35	65	95			
		öst-väst	1500	60	25	75	30	105	40	30	50	75			
		norr	1350	55	20	70	25	90	35	25	45	70			

1. Luminansjämnheten i alla zoner ska vara större än  $0,4$
2. Vid  $300 cd/m^2$  och högre medelluminans kan ljusskärmar anordnas
3.  $50 km/h$  miljötyp1 ( $\geq 35\%$  himmel) kan ej uppstå pga att stoppsträckans startpunkt är så nära tunnelmynningen att endast en liten del av synfältet upptas av himmel.
4. Angivna värden avser driftvärden
5. Vid hög- resp låg vägstandard höjs resp sänks luminansnivån som funktion av skillnaden i stoppsträcka.



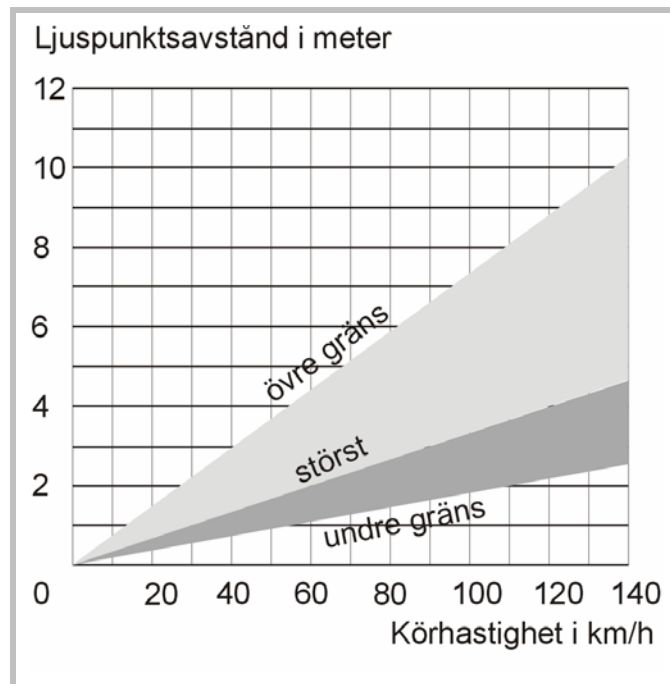
FIGUR 6-3 Tillåten luminansförändring i tröskelzon och övergångszon samt övergångszonens längd för referenshastigheter

Vid sådana tunnlar där hög medelluminans (>300 cd/m<sup>2</sup>) erfordras på tröskelzonen, kan ljusskärmar (raster) anordnas över tunnelinfarter. Därigenom minskas det naturliga dagsljuset vid tunnelinfarten, och man kan reducera behovet av artificiell belysning. Längden av ljusskärmar inräknas i den totala längden av tröskelzonen.

Ljustransmissionen ska vara sådan att kraven på medelluminans i tröskelzonen uppfylls. Ljusskärmerna bör dessutom utformas så att direkt solljus inte kan komma ner på vägbanan eller på ljusskärmväggarna. Korrosions-, åldrings- och nedsmutsningsegenskaperna är viktiga, bl.a. för att de med tiden kan påverka belysningen under ljusskärmerna. Genomsläppligheten för snö bör vara sådan att snö inte lägger sig över skärmen och hindrar dagsljuset. Avståndet mellan rastelementen bör därför vara större än 0,2 m. Utformningen ska vara sådan att istappsbildning undviks.

### Flimmereffekt

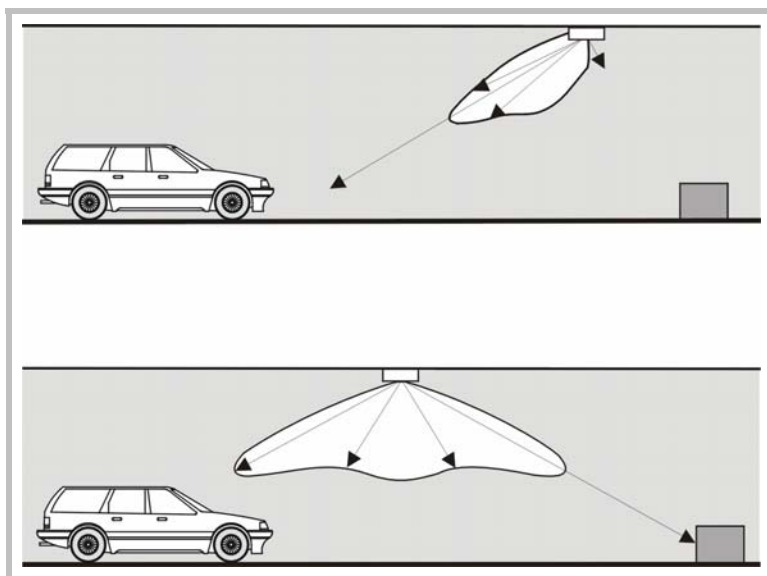
Avståndet mellan samtliga tända ljuspunkter i inre zonen måste väljas så att störande flimmer inte kan uppstå. För tunnlar där körtiden är kortare än 30 sekunder gäller ej FIGUR 6.4.



FIGUR 6-4 **Flimmerstörningar vid olika ljuspunkter och körhastigheter (Obehagligt flimmer inom det tonade området)**

### Motljusprincipen

För att öka kontrasten i tunnelns tröskelzon kan den s.k. motljusprincipen användas. Den innebär att man riktar tröskelzonens armaturer så att dess ljusflöde riktas mot färdriktningen, vilket ökar luminansnivån och luminanskontrasten. Som framgår av TABELL6-3 krävs därför lägre luminans i motljusanläggningar, ca 15-30 % beroende på referenshastighet. Motljusarmaturen har en asymmetrisk ljusfördelning och bör placeras mitt över körfälten. Se FIGUR 6-5.



FIGUR 6-5 **Motljusprincipen, ljusfördelning från en motljusarmatur resp. en symmetrisk armatur**

### 6.2.3 Övergångszon

Tunneldelen närmast efter tröskelzonen kallas övergångszon. I den sker anpassning från den relativt höga luminansnivån i tröskelzonen till den lägre nivån i inre zonen.

Längden på övergångszonen för de fyra typanläggningarna framgår av TABELL 6-3. Den tillåtna luminansförändringen i övergångszonen bör följa kurvan i FIGUR 6-3.

### 6.2.4 Inre Zon

Inre zonen är den delen mellan övergångszonen och utfarten ur tunneln, som ska belysas. Belysningstekniska krav framgår av TABELL 6-1

#### Tunnelväggar

Tunnelväggarna ska vara belysta 2 meter upp från körbanan för att skapa en god visuell ledning. Belysningsnivån bör vara mer än 40 % av den som är på körbanan. Bästa resultatet uppnås genom att utforma väggarna med ljus material typ klinkers eller likvärdigt.

#### Reservbelysning

Tunnlar längre än 300 meter eller där man inte kan se igenom tunneln ska förses med reservbelysning. Vid strömavbrott ska en fjärdedel av grundbelysningen kunna tändas över avbrottsfri kraft. Reservbelysningen utförs lämpligast som en del av belysningen i inre zonen (grundbelysningen).

### Nödsystem (nödbelysning)

Vägtunnlar ska förses med nödsystem och nödutröstning för alarmering och utrymning av tunneln enligt krav från brandförsvarsmyndigheter.

### 6.2.5 Övrigt

Förändringen i luminansnivån på tröskel- och övergångszoner erhålls genom att armaturerna kopplas in i olika steg. Skillnaden i luminansnivåer i efter varandra följande steg får inte vara större än 3:1 samt måste följa adaptionskurvan enligt FIGUR 6-3.

Belysningsstyrkan i tröskel- och övergångszonen ska följa förändringar av dagsljuset genom att de olika stegen kan styras med en luminansmätare som mäter den sfäriska luminansen i 20 grader, placerad på samma avstånd som stoppsträckan från mynningen och riktad mot mynningen. För mindre tunnlar kan även ljusdetektor för de olika stegen monteras utanför tunneln.

### Montage av utfartsbelysning

Om starkt ljus kan förekomma vid utfarten kan man innan utfarten i tunneln (ca 200 meter) placera en skylt med informationen ”Starkt solljus”. Skylten kan styras av ett ljusrelä som placeras i tunnelns utfart, eller en luminansmätare i infartszonen.

### Beräkning och mätpunkter

Se bilaga ”Beräkningsförutsättningar”.

### Bländtalsbegränsning

Bländningsgraden TI (Threshold Increment) för belysningen får vara max 15 %, oberoende av belysningsnivåer, plats i tunneln och tider på dygnet. Se vidare bilaga Beräkningsförutsättningar.

### Bibehållningsfaktorn

För tunnel- och vägportsbelysning kan bibehållningsfaktorn normalt förutsättas vara 0,5. För tunnlar med periodisk rengöring, kan bibehållningsfaktorn höjas.

Tunnelbelysningens bibehållningsfaktor kan fastställas med två parametrar, dels hur ofta man rengör armaturer, dels trafikflödet i tunneln. (se bil. driftvärde)

TABELL 6-4 **Bibehållningsfaktorn som funktion av rengöring och ådt**

	RENGÖRING AV KUPA 1 GÅNG/ÅR	RENGÖRING AV KUPA 2 GÅNGER/ÅR
≥ 50.000 ådt	0,5	0,7
< 50.000 ådt	0,6	0,8



## 6.3 Vägportsbelysning

Med vägport avses här sådana tunnlar som från belysningsteknisk synpunkt kan betraktas som korta. Med korta tunnlar avses tunnlar kortare än 100 m, vid vilka utfarten och området bortom utfarten kan ses på stoppsträckas avstånd framför infarten, se kapitel 6.1.4. Belysning i vägportar kan indelas i:

- nattbelysning
- dagbelysning

### 6.3.1 Nattbelysning

Vägport vid belyst väg bör förses med nattbelysning om:

- luminansnivån i vägporten i annat fall blir nämnvärt lägre än utanför vägporten
- om störande skuggor i annat fall uppkommer vid vägportens mynningar

Nattbelysning utformas enligt samma principer som vägbelysning. Detta innebär att behovet av nattbelysning bestäms av vägportens längd, och dess placering av vägbelysningsarmaturerna utanför vägporten. Nattbelysning behöver inte anordnas om samtliga följande förutsättningar är uppfyllda:

- avståndet mellan vägbelysningspunkterna på ömse sidor om vägporten är lika med eller mindre än det som normalt tillämpas för vägen.
- vägportens längd är mindre än 4 ggr vägportens fria höjd.
- det horisontella avståndet mellan vägportens mynning och närmaste vägbelysningsljuspunkt är större än  $1,5$  ggr differensen mellan ljuspunktshöjd och vägportens fria höjd ( $> 1,5 \cdot (H-h)$ , där  $H$  = ljuspunktshöjd och  $h$  = vägportens fria höjd.)

I övriga fall bör nattbelysning anordnas. Vägport vid obelyst väg bör inte förses med nattbelysning. Vid vägportar med gång- och cykeltrafik, kan dock nattbelysning övervägas.

### 6.3.2 Dagbelysning

Dagbelysning utformas med höga luminansnivåer, som anpassas till dagsljusets variationer. För att minska behovet av dagbelysning kan denna utformas som ett ljusband tvärs över vägbanan, mot vilket objekt kan avteckna sig. Detta ljusband kan åstadkommas antingen genom artificiell belysning eller genom att ljusschakt upptas i vägportens mitt.

De faktorer som avgör om vägportar bör förses med dagbelysning är:

- adaptationsluminansen före vägporten
- vägens typ och funktion
- trafikmiljöns svårighetsgrad
- vägportens längd, höjd och bredd

Vägport bör förses med dagbelysning vid kortare längd om trafikflödet i förhållande till typsektionen är mycket stort. På motsvarande vis kan man klara sig utan dagbelysning vid längre tunnel, om trafikflödet är mycket lågt i förhållande till typsektionen.

TABELL 6-5 Maximal vägportslängd utan dagbelysning

TYPFALL ENLIGT TABELL 6-3	BLANDAD TRAFIK, I RAKLINJE*	BLANDAD TRAFIK, I KURVA**	EJ BLANDAD TRAFIK, I RAKLINJE	EJ BLANDAD TRAFIK, I KURVA
1	30 m	20 m	45 m	25 m
2	35 m	25 m	50 m	30 m
3	40 m	30 m	55 m	35 m
4	45 m	35 m	60 m	40 m

\* Vid öppen vägport kan längden ökas med 10 m. Med öppen vägport avses vägport där trafikutrymmet inte begränsas av hela väggar (massiv brostöd).

\*\* Vägportslängden avser här det fall där vägen ligger i horisontalkurva med radie mindre än 1,5 ggr normal minimiradie för respektive referenshastighet. Vid större radie bör interpolation göras mellan raklinje och kurva. Vid öppen vägport kan längden i kurva ökas med 15 m.

Den belysningstekniska kvalitén beror främst av följande:

- ljusbandets medelluminans och längden av ljusbandet
- luminansjämnheten ( $L_{min}/L_{med}$ )

Den erforderliga medelluminansen i ljusband för olika typfall framgår av FIGUR 6-3, där tröskelzonens värde för Lth gäller. För väg med mycket lågt trafikflöde i förhållande till typsektionen kan 20 % lägre värden användas. För väg med mycket högt trafikflöde i förhållande till typsektionen bör värdena ökas med 20 %. Längden av ett "ljusband" bör uppgå till minst de värden som anges i TABELL 6-5.

TABELL 6-6 Minsta längd av "ljusband" i vägens längdriktning vid olika referenshastighet

REFERENSHASTIGHET KM/H	LJUSBANDETS LÄNGD (M)
90	17
70	10
50	6

Medelluminansen i ljusbandet bör automatiskt anpassas till dagsljusets variationer. Detta bör ske genom att belysningen anordnas med 2-3 belysningssteg. Kvoten mellan stegen bör inte vara större än 3:1.

Luminansjämnheten ska vara större än 0,4. Motljusarmaturer är lämpligt att använda. Dock ska bländning från armaturerna begränsas.

#### Gång- och cykeltunnelbelysning

Belysning i GC-tunnlar kan indelas i:

- nattbelysning
- dagbelysning

Avgörande för trygghetskänslan i en gångtunnel är möjligheten till genomsikt. För att inte motverka genomsikten är det viktigt att armaturerna är väl avbländade i blickriktningen in genom tunneln. Armaturerna bör placeras i taket eller högt upp på väggen. Genom att lysa upp väggarna tillräckligt, minskar kontrasten mot synliga ljuspunkter och mellan tunnelvägg och vingmur. Ytorna direkt utanför mynningen är ofta dåligt belysta i kontrast till inbelysningen.

Är det ljusst ut behövs mer ljus i tunneln. För mycket ljus i tunneln nattetid fördunklar omgivningen och gör det svårt att se bortom ingången.

Idealet ur säkerhets- och underhållssynpunkt är en bred rak tunnel utan invändiga prång och rena öppna entreer. En regelbunden tillsyn av tunnlar krävs för att minimera vandalisering och förstörelse. Armaturerna bör vara slagtåliga och enkla att tvätta. Blir glas eller kupa sönderslaget bör det inte finnas lätt åtkomliga spänningsförande delar bakom.

### 6.3.3 Nattbelysning

Nattbelysning ska utformas så att den minst uppfyller de kvalitetskrav som gäller för belysningsklassen i området utanför tunneln, dock lägst belysningsklass CE 4.

Det är lämpligt att avblända armaturen och belysa tunnelväggarna. I breda tunnlar kan passande pollarbelysning installeras.

### 6.3.4 Dagbelysning

Dagbelysning utformas med högre belysningsnivå än nattbelysning. De faktorer som avgör om GC-tunnlar bör förses med dagbelysning är:

- GC-tunnelns längd, höjd och bredd
- GC-vägens linjeföring
- trafikflödets storlek

GC-tunnel bör förses med dagbelysning om tunnelns längd överstiger 5 till 6 ggr bredden eller om tunneln är längre än 25 m. Dagbelysning bör finnas också vid kortare längd, om tunnelhöjden är låg, tunnelsträckningen krökt eller om reflexionsförmågan hos tunnelväggarna är speciellt låg. Om GC-tunneln är utformad med speciellt stor höjd behöver belysning anordnas först vid större längd än vad som angivits ovan.

Medelbelysningsstyrkan på väggen från 1,2 m och uppåt bör vara minst 250 lux. Den horisontella medelbelysningsstyrkans driftvärde ska vara minst 100 lux och belysningsstyrkejämnheten ska vara minst 0,4 ( $E_{h_{min}}/E_{h_{med}}$ ). Tunnlar med dagbelysning bör dämpas under natten, dels för att spara energi och dels för att balansera ljusnivån i och utanför tunneln.

Belysning i tunnlar med få GC-trafikanter kan närvarostyras.

Mikrovågsdetektor i plastkapsling minskar då risken för vandalisering.

