

**Ieteikumi ceļu projektēšanai.
Tuneļu apgaismojums**

Rīga, 2009.gads

Saturs

1. Darbības mērķis.....	3
2. Normatīvās atsauces	3
3. Terminu, definīcijas un simboli.....	3
3.1. Terminu un definīcijas	3
3.2. Simboli.....	5
4. Apstākļi tuneļos.....	6
4.1. Vispārējie apsvērumi	6
4.2. Apstākļi dienā	6
4.3. Apstākļi naktī.....	7
4.4. Apgaismojums dažāda garuma tuneļos.....	7
5. Tuneļa apgaismojuma aprēķins	8
5.1. Apstāšanās redzamības attāluma noteikšana.....	8
5.2. Tuneļa apgaismojuma izvēle.....	8
5.3. Piekļuves zonas spožuma noteikšana.....	9
5.4. Apgaismojuma līmeņa noteikšana tuneļa zonai dienā	9
5.5. Spožuma un vienmērības vērtības.....	11
5.6. Tuneļa sienas.....	12
5.7. Apgaismojuma līmeņu noteikšana naktī	12
5.8. Ņirboņa	12
5.9. Apžilbinājums	13
5.10. Apgaismojuma regulēšanas līdzekļi.....	13
5.11. Apgaismojums elektroenerģijas padeves pārtraukumos	14
5.12. Luksoforu signāli	14
6. Aprēķini un mērījumi	14
6.1. Aprēķini	14
6.2. Mērījumi	14
Pielikums A. Tuneļa dizaina un uzturēšanas ietekme uz tuneļa apgaismojuma aprēķinu	15
A.1 Vadītāja komforts	15
A.2 Tuneļa dizains.....	15
A.3 Tuneļa uzturēšana.....	16
Pielikums B. Apgaismojuma sistēmas.....	17
B.1 Vispārēji.....	17
B.2 Simetriska apgaismojuma sistēmas.....	17
B.3 Pretgaismas apgaismojuma sistēmas	17
Pielikums C. Īsu tuneļu apgaismojums dienā	19
C.1 Caurskates indeksa noteikšana.....	19
C.2 Dienas laika apgaismojuma nepieciešamības noteikšana	21
Pielikums D. Piekļuves zonas spožuma noteikšana ar tiešu mērījumu.....	23
D.1 Ierīces	23
D.2 Procedūra esošiem tuneļiem	23
D.3 Procedūra no jauna projektētiem tuneļiem	23
Pielikums E. Piekļuves zonas spožuma noteikšana ar režģa metodi	24
Pielikums F. Piekļuves zonas spožuma novērtējums.....	27
Alfabētiskais rādītājs	29

1. Darbības mērķis

„Ieteikumi apgaismojuma projektēšanai 2.daļa:Tuneļu apgaismojums” sniedz ieteikumus autotransporta un jauktas satiksmes tuneļu apgaismojuma aprēķinam, kā arī apgaismojuma aspektiem, kas saistīti ar satiksmes drošību, piemēram, izvietojumu, apgaismojuma līmeni un citiem parametriem, ieskaitot dienasgaismu. Tas ir pielietojams visām autoceļu kategorijām, ieskaitot automaģistrāles.

Šī apgaismojuma ieteikumu daļa neietver gājējiem vai velosipēdistiem paredzētu pazemes pāreju vai tuneļu apgaismojumu, kas apskatīts 1.daļā „Ceļu apgaismojums”.

2. Normatīvās atsauces

Sekojošie dokumenti ir neatņemama sastāvdaļa šo apgaismojuma ieteikumu izmantošanai.

LVS CEN/TR 13201-1 2004	<i>Ceļu apgaisme – 1. daļa: Apgaismes klases izvēle</i>
LVS EN 13201-2 2004	<i>Ceļu apgaisme – 2. daļa: Veiktspējas prasības</i>
LVS EN 13201-3 2004 /AC:2007	<i>Ceļu apgaisme – 3. daļa: Veiktspējas rēķināšana</i>
LVS EN 13201-4 2004	<i>Ceļu apgaisme – 4. daļa: Ietaišu gaismotspējas mērīšana</i>

3. Terminu, definīcijas un simboli

3.1. Terminu un definīcijas

3.1.1. attālināšanās zona

vaļējā ceļa pirmā daļa tūlīt aiz tuneļa izejas portāla

Piezīme. Attālināšanās zona nav tuneļa daļa, bet ir cieši saistīta ar tuneļa apgaismojumu. Attālināšanās zona sākas pie tuneļa izejas portāla.

3.1.2. caurskates indekss

tuneļa izejas redzamās daļas laukuma attiecība pret redzamo ieejas laukumu, skatoties pirms ieejas no apstāšanās redzamības attālumā esoša punkta, izteikta procentos

3.1.3. dienas gaismas aizslietnis

ierīce, kas laiž cauri daļu no apkārtējās dienas gaismas

Piezīme. Dienas gaismas aizslietņus var pielietot tuneļa ieejas zonas apgaismošanai.

3.1.4. ieeja

tuneļa konstrukcijas daļa, kas ir tuneļa segtās daļas sākums vai, ja tiek lietoti dienas gaismas aizslietņi, tad sākot no dienas gaismas aizslietņiem.

3.1.5. ieejas zona

tuneļa pirmā daļa tūlīt aiz tuneļa ieejas līdz pārejas zonai

3.1.6. ieejas zonas apgaismojums

tuneļa ieejas zonas apgaismojums, kas vadītājiem dod iespēju ieskatīties tunelī, atrodoties piekļuves zonā

3.1.7. ieejas zonas spožums

vidējais ceļa virsmas šķērsvirziena spožums tuneļa ieejas zonā

3.1.8. ieejas zonas spožuma attiecība

ieejas zonas spožuma noteiktā tuneļa punktā attiecība pret piekļuves zonas spožumu

3.1.9. iekšējā zona

tuneļa daļa, kas atrodas tūlīt aiz pārejas zonas

Piezīme. Iekšējā zona sniedzas no pārejas zonas beigām līdz izejas zonas sākumam.

3.1.10. iekšējās zonas spožums

vidējais ceļa virsmas šķērsvirziena spožums tuneļa iekšējā zonā

3.1.11. izeja

tuneļa segtās daļas beigas vai, ja tiek lietoti dienas gaismas aizslietņi, dienas gaismas aizslietņu beigas

3.1.12. izejas zona

tuneļa daļa, kurā, dienas laikā, piebraucoša transportlīdzekļa vadītāja redze tiek ietekmēta galvenokārt ar spilgtumu tuneļa ārpusē

Piezīme. Izejas zona sniedzas no iekšējās zonas beigām līdz tuneļa izejai.

3.1.13. kontrasta atklāšanas koeficients

attiecība starp ceļa virsmas spožumu pret tuvojošos satiksmi vērsta vertikālas virsmas apgaismojumu 0,2 m augstumā virs ceļa virsmas noteiktā tuneļa punktā

3.1.14. pārejas zona

tuneļa daļa, kas atrodas tūlīt aiz ieejas zonas

Piezīme. Pārejas zona sniedzas no ieejas zonas beigām līdz iekšējās zonas sākumam. Pārejas zonā apgaismojuma līmenis tiek samazināts no līmeņa, kāds ir ieejas zonas beigās, līdz iekšējās zonas līmenim.

3.1.15. pārejas zonas spožums

vidējais ceļa virsmas šķērsvirziena spožums tuneļa pārejas zonā

3.1.16. piekļuves zona

Daļa no atklātā ceļa tieši tuneļa ieejas ārpusē (priekšā), kas atbilst attālumam, no kura piebraucoša transportlīdzekļa vadītājam jāspēj saskatīt tuneļa iekšpusi.

3.1.17. piekļuves zonas garums

Zona pirms tuneļa ieejas, kas ir vienāda ar apstāšanās redzamības attālumu.

3.1.18. piekļuves zonas spožums

vidējais spožums koniskā redzes laukā, ko aptver 20° leņķis ar virsotni piebraucoša transportlīdzekļa vadītāja acu skatupunktā, kas vērsts pret tuneļa ieejas centru.

Piezīme. Piekļuves zonas spožumu novērtē no apstāšanās redzamības attālumā esoša punkta, brauktuves vai satiksmes joslas vidū.

3.1.19. pretgaismas apgaismojums

apgaismojums ar gaismekļiem, kuru gaismas intensitātes sadalījums tuneļa asij paralēlā plaknē ir asimetrisks un kuru galvenais kūlis tunelī ir vērsts pret tuvojošos satiksmi

3.1.20. projektētais ātrums (V_{pr})

tehniski un ekonomiski pamatots normatīvs lielums, kurš ir pieņemts, ievērojot vides apstākļus un plānoto ceļa funkciju. Atbilstoši projektētam ātrumam nosaka ceļa plāna un garenprofila robežparametrus.

3.1.21. simetrisks apgaismojums

apgaismojums ar gaismekļiem, kuru gaismas intensitātes sadalījums tuneļa asij paralēlā plaknē ir simetrisks

3.1.22. vispārējā vienmērība

ceļa virsmas vismazākā spožuma attiecība pret vidējo spožumu

3.1.23. vizuālā informācija

optiskie un ģeometriskie līdzekļi vadītāju informēšanai par ceļa virzienu tunelī

3.2. Simboli

Pielietoti šādi simboli:

A	tuneļa ieejas perspektīvā skata segmenta laukums;
f	fotokameras objektīva fokusa garums milimetros (mm);
H	tuneļa ieejas augstums metros (m);
h	filmas negatīvā attēla augstums milimetros (mm);
k	ieejas zonas spožuma attiecība pret piekļuves zonas spožumu;
L	spožums kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2);
L_{in}	iekšējās zonas spožums kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2);
L_{th}	ieejas zonas spožums kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2);
L_{tr}	pārejas zonas spožums kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2);
L_v	ekvivalentais apžilbināšanas spožums kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2);
L_{20}	piekļuves zonas spožums kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2);
LTP	caurskates indekss
MF	gaismekļa (spuldzes un armatūras koeficientu reizinājums) nolietojuma koeficients
q_c	kontrasta atklāšanas koeficients;
SD	apstāšanās redzamības attālums (m);
TI	sliexsnis (%);
t	laiks sekundēs (s)
U_1	garenvirziena vienmērība;
U_o	ceļa virsmas spožuma vispārējā vienmērība;
V_{pr}	projektētais ātrums;
α_i	tuneļa ieejas vertikālā projekcija, izteikta grādos ($^\circ$);
α_u	tuneļa izejas vertikālā projekcija, izteikta grādos ($^\circ$);
β_i	tuneļa ieejas horizontālā projekcija, izteikta grādos ($^\circ$);
β_u	tuneļa izejas horizontālā projekcija, izteikta grādos ($^\circ$);
Θ_H	leņķis, ko ierobežo tuneļa augstums, grādos ($^\circ$);
Θ_P	attēla leņķiskais augstums grādos ($^\circ$).

4. Apstākļi tuneļos

4.1. *Vispārējie apsvērumi*

Satiksmes apstākļi tuneļos var ievērojami atšķirties no tiem, kas ir pārsvarā uz atklāta autoceļa. Aprēķinot tuneļa apgaismojumu, ir jāievēro šie atšķirīgie apstākļi, sevišķi attiecībā uz satiksmes drošību.

Apgaismojuma ierīkošanas mērķis autoceļa tunelī ir plūsmas ātruma, drošības un komforta nodrošināšana tādā pat mērā, kā uz pieejošiem ceļiem.

Šo mērķi var sasniegt vizuāli informējot ceļa lietotājus par priekšā esošiem transportlīdzekļiem, brauktuvi, tās stāvokli un iespējamo šķēršļu esamību.

Braukšanas komforts ir svarīgs autoceļu tuneļu apgaismojuma kvalitātes aspekts. Nenodrošinot atbilstošus redzamības apstākļus tuneļa ieejā, pastāv iespēja, ka autovadītāji samazinās braukšanas ātrumu šajā posmā. Pēkšņi ātruma samazinājumi pazemina satiksmes caurlaides spēju un var novest pie satiksmes sastrēgumiem, kā arī satiksmes negadījumiem. Pareizi uzstādīts apgaismojums palīdz pārvarēt diskomforta sajūtu tuneļa ieejā vai izejā, tādejādi panākot satiksmes plūsmas vienmērīgumu, uzlabojot satiksmes drošību un palielinot ceļa caurlaidību un braukšanas komfortu.

Braukšanas komforta mazināšanos tuvojoties tunelim un braucot pa to, ietekmē ātrums, satiksmes intensitāte, tās sastāvs, kā arī ceļa, tuneļa un to tuvākās apkārtnes plānojums.

Tuneļa apgaismojuma klasi un apgaismojuma līmeni ietekmē satiksmes intensitāte, veids un sastāvs. To nosaka saskaņā ar 5. punktu.

Piezīme. Informācija par dažādām apgaismojuma sistēmām ir dota pielikumā B.

4.2. *Apstākļi dienā*

Tuneļa apgaismojums, atšķirībā no parasta ceļa apgaismojuma ir nepieciešams arī diennakts gaišajā laikā. Transportlīdzekļa vadītājam ir jāspēj pārskatīt zināmu ceļa posmu savā priekšā, lai parādotos negaidītām situācijām, vadītājs spētu reaģēt un šī ceļa posma robežās apstāties. Ja ceļa posms iestiepjas tunelī, tā iekšienē ir jābūt pietiekami augstam apgaismojuma līmenim, lai saglabātu redzamību. Ja apgaismojuma līmenis tuneļa ieejā vai pašā tunelī būs nepietiekošs, transportlīdzekļa vadītāja orientēšanās tunelī būs apgrūtināta, un veidosies tā saucamais “melnā cauruma” efekts.

Tuvojoties un iebraucot tunelī, vadītāja acis adaptējas tumšākai apkārtnē. Šī adaptācija ir nepārtraukts process, kā rezultātā, ja tunelis ir pietiekami garš, tā tālākajā daļā apgaismojuma līmeni var vienmērīgi samazināt, līdz tas sasniedz konstantu līmeni tuneļa iekšējā zonā. Izbraucot no tuneļa dienasgaismā, acs daudz ātrāk adaptējas augstākam apgaismojuma līmenim.

Līdzīgi, ir jā saglabā redzamība uz aizmuguri, izbraucot no tuneļa, lai atvieglotu drošus manevrus attālināšanās zonā.

Tuneļa apgaismojumam ir jābūt pietiekamam, lai:

- izvairītos no “melnā cauruma” efekta, (situācija, kad straujas apgaismojuma intensitātes maiņas rezultātā vadītājs nespēj orientēties tunelī);
- samazinātu sadursmes iespējamību ar citiem satiksmes dalībniekiem (transportlīdzekļiem, velosipēdistiem vai gājējiem);
- nodrošinātu nepieciešamam reakcijas laikam un attālumam atbilstošu apstāšanās redzamības attālumu (SD) (skat. 5.1);
- sniegtu vizuālo informāciju.

4.3. *Apstākļi nakstī*

Nakts laikā neeksistē “melnā cauruma” efekts, jo ārējā spožuma vērtības ir mazas. Saglabājot visas zonas iepriekšējā veidā, tunelī ir vajadzīgs zemāks apgaismojuma līmenis nekā dienā. (Skat. 5.7.)

4.4. *Apgaismojums dažāda garuma tuneļos*

Apgaismojuma aprēķins gariem un īsiem tuneļiem atšķiras no transportlīdzekļa vadītāja iespējas saskatīt caur tunelī tā izeju, no punkta pirms tuneļa ieejas, kura attālums ir vienāds ar apstāšanās redzamības attālumu.

Vadītāja spēja redzēt cauri tunelī galvenokārt atkarīga no tuneļa garuma, lai gan to ietekmē arī citi aprēķina parametri (platums, augstums, plāna un garenprofila līknes u.c.).

Viens no galvenajiem apgaismojuma projektēšanas kritērijiem ir vai piebraucošie vadītāji var redzēt transportlīdzekļus, citus ceļa lietotājus vai šķēršļus, kad viņu attālums no tuneļa ieejas ir mazāks vai vienāds ar apstāšanās redzamības attālumu SD (skat. 5.1). Kad tuneļa izeja ir liela daļa no cauri tunelī redzamās ainas, citus ceļa lietotājus un objektus var viegli saskatīt kā siluetus pret gaišāko fonu aiz tuneļa izejas. No otras puses, ja izeju aptver relatīvi liels tumšs fons, kurā var slēpties objekti, ir nepieciešams mākslīgais apgaismojums. Tas notiek situācijās, kad tunelis ir relatīvi garš attiecībā pret platumu, vai arī tunelis ir izliekts tā, ka var redzēt tikai daļu no izejas vai izeju nevar redzēt nemaz.

Tuneļiem, kas ir īsāki par 25 m, parasti nevajag apgaismojumu dienā.

Lai novērstu ceļa lietotāju adaptācijas problēmas, tuneļiem, kas garāki par 200 m, vienmēr vajadzīgs mākslīgais apgaismojums dienā.

Tuneļiem, kuru garums ir 25 līdz 200 m, apgaismojuma nepieciešamību dienā ir jānosaka ar metodi, kas aprakstīta pielikumā C. Ja ir nepieciešams pilnīgs apgaismojums dienā, tam ir jāatbilst prasībām, kas dotas 5. punktā.

Ja tuneļiem, kuru garums ir 25 līdz 200 m, nav nepieciešams pilnīgs apgaismojums dienā, tuneļiem, kuru satiksmes intensitāte ir klasificēta kā “augsta” (skat. 5.2), var nodrošināt ierobežotu apgaismojumu dienā, kad spožuma līmenis tunelī ir zems, un laikā tieši pirms krēslas un pēc ausmas, sevišķi, kad dienas ir apmākušās. Lēmumu par šāda ierobežota apgaismojuma nodrošināšanu pieņem *autoceļa īpašnieks*.

Piezīme. Šim nolūkam var izmantot nakts laika apgaismojumu, kas aprakstīts 5.7. To var kontrolēt ar fotoelementu, kas ieslēdz šo apgaismojumu. Alternatīvi, var izmantot spožuma mērinstrumentu, kā tas aprakstīts 5.10. 2. piezīmē.

5. Tuneļa apgaismojuma aprēķins

5.1. Apstāšanās redzamības attāluma noteikšana

Apstāšanās redzamības attāluma SD lielumi jāņem no 1. tabulas, atkarībā no ātruma tunelī.

1. tabula — Apstāšanās attālumi dažādiem projektētiem ātrumiem

Projektētais ātrums (V_{pr}) km/h	Apstāšanās redzamības attālums (SD) m
120	250
100	170
90	140
70	85
60	65
50	50

5.2. Tuneļa apgaismojuma izvēle

Tuneļa apgaismojuma izvēle ir jāpamato uz jau zināmiem eksistējošiem vai projektētiem tuneļa ekspluatācijas raksturojumiem (jauniem tuneļiem).

Galvenie ietekmējošie faktori ir šādi:

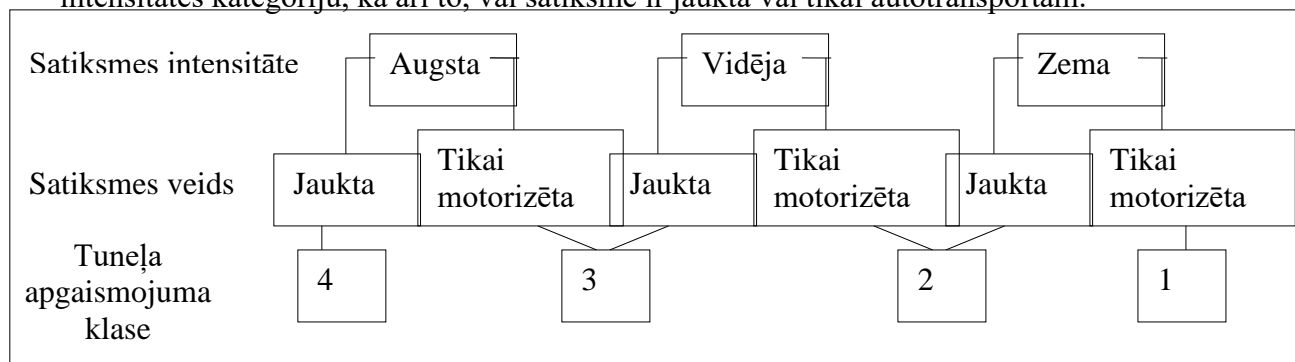
- satiksmes intensitāte;
- satiksmes veids un sastāvs;
- vizuālā informācija.

Izmantojot 2. tabulu, satiksmes intensitāti klasificē kā augstu, vidēju vai zemu.

2. tabula — satiksmes intensitāte

Satiksmes intensitātes kategorija	Satiksmes intensitāte maksimumstundā uz joslu	
	Vienvirziena satiksme	Divvirzienu satiksme
Augsta	>1500	>400
Vidēja.	500 līdz 1500	100 līdz 400
Zema	<500	<100

Piemēroto tuneļa apgaismojuma klasi ir jānosaka atbilstoši 1. attēlam, kas ievēro satiksmes intensitātes kategoriju, kā arī to, vai satiksme ir jaukta vai tikai autotransportam.



1. attēls – Tuneļa apgaismojuma klases izvēle

5.3. Piekļuves zonas spožuma noteikšana

Lai noteiktu nepieciešamo apgaismojuma līmeni tunelī dienas laikā, vispirms ir jānosaka piekļuves zonas spožums, lai tālāk noteiktu ieejas zonas un citu zonu spožumu (skatīt Attēlu 2).

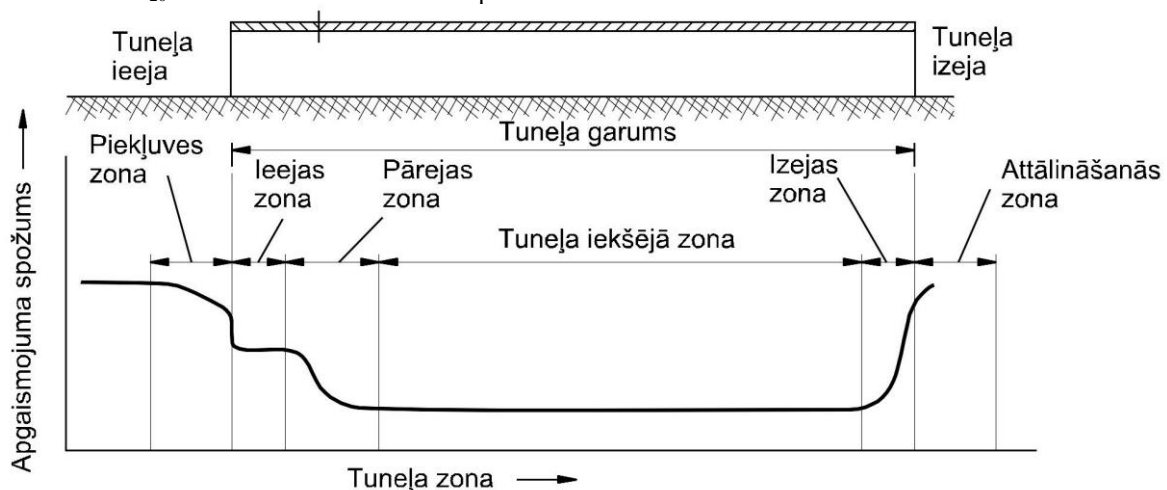
Piekļuves zonas spožuma L_{20} noteikšanai ir divas metodes. Ja vien iespējams, ir jālieto tiešs mērījums uz vietas, kā aprakstīts pielikumā D.

Ja tiešs mērījums nav iespējams, jālieto režģa metode, kā aprakstīts pielikumā E.

Provizorisks aprēķins vajadzībām var izmantot L_{20} novērtēšanas metodi, kas dod pagaidu vērtību, bet to nedrīkst izmantot galīgajam aprēķinam.

1. *Piezīme.* Priekšroka dodama metodei, kas aprakstīta pielikumā D, sevišķi, ja sagaidāms, ka tuneļa orientācija dos dažādus rezultātus katrai pieejai.

2. *Piezīme.* L_{20} novērtēšanas metode ir dota pielikumā F.



2. attēls – Tuneļa apgaismojuma zonas

5.4. Apgaismojuma līmeņa noteikšana tuneļa zonai dienā

5.4.1. Ieejas zona

Ceļa virsmas spožums ieejas zonai būs atkarīgs no piekļuves zonas apgaismojuma dienā. Ieejas zonas garums ir vienāds ar apstāšanās redzamības attālumu SD .

Dienā ieejas zonas spožums L_{th} ir jānodrošina no ieejas zonas sākuma līdz $0,5 SD$ attālumam (skat. 2.att.). No 3. tabulas ir jāizvēlas piemērota k vērtība, un jāaprēķina ieejas zonas spožums L_{th} , izmantojot vienādojumu (5.4).

$$L_{th} = k \times L_{20} \quad (5.4)$$

Piezīme. Tā kā ieejas zonas relatīvais lielums redzes laukā ir atkarīgs no piekļuves zonas garuma, kas, savukārt, ir atkarīgs no aprēķina ātruma, k vērtība ir atkarīga no aprēķina ātruma. Turklāt, lai atspoguļotu dažādus satiksmes apstākļus tunelī, k ir atkarīgs arī no satiksmes intensitātes un tipa, kas ietekmē tuneļa apgaismojuma klasi, kā tas parādīts 5.2.

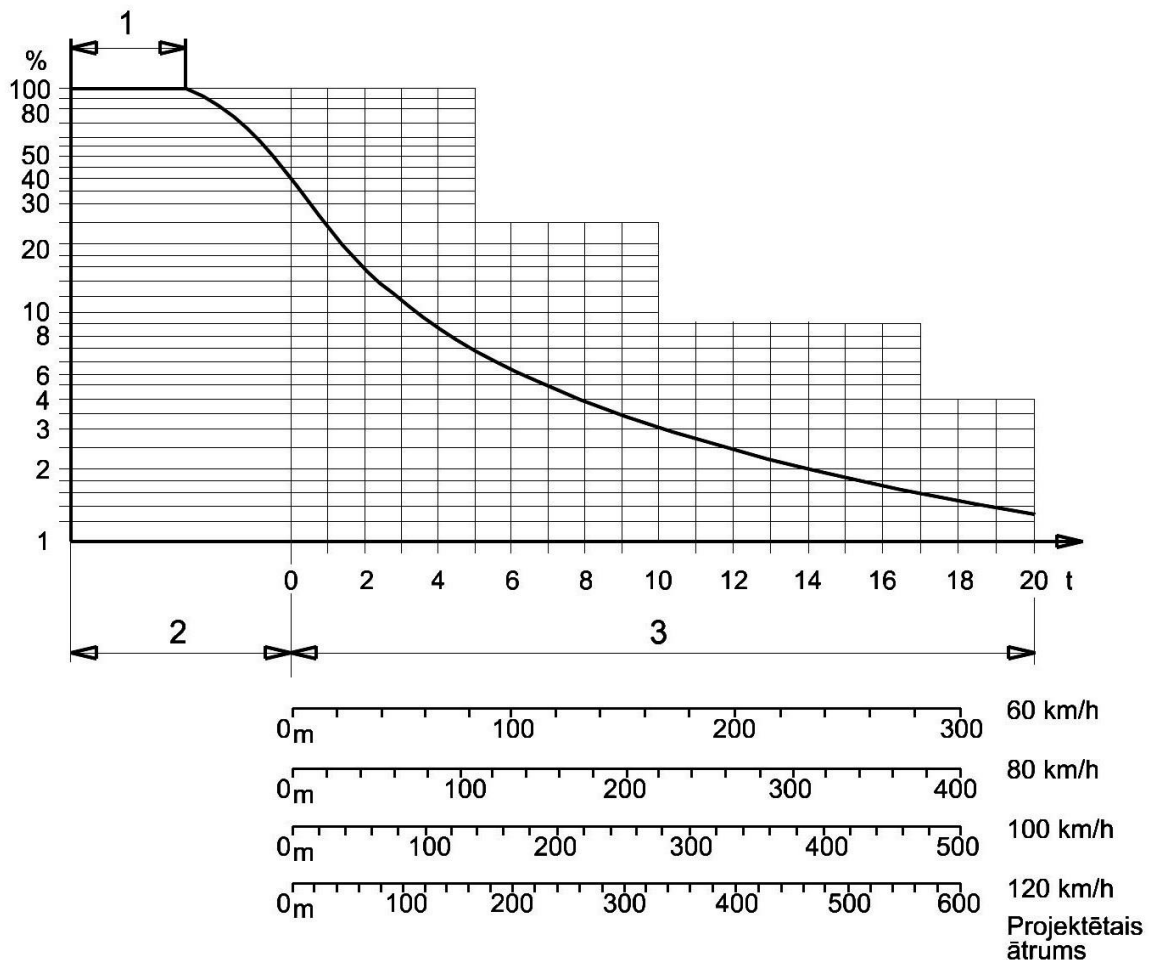
3. tabula — k vērtības dažādām ātruma robežām un tuneļa apgaismojuma klasēm

Tuneļa apgaismojuma klase	k vērtība		
	Ātruma robeža 50 km/h - 70 km/h	Ātruma robeža 80 km/h - 100 km/h	Ātruma robeža 110 km/h
4	0.05	0.06	0.10
3	0.04	0.05	0.07
2	0.03	0.04	0.05
1	-	-	-

Sākot no piekļuves zonas, apgaismojuma līmenim ir pakāpeniski un lineāri jāsamazinās līdz vērtībai, kas ieejas zonas beigās ir vienāda ar $0,4 L_{th}$. Apgaismojuma samazināšana sākot no pieejas zonas līdz pārejas zonas beigām var tikt īstenota pakāpienveidīgi, tomēr, spožuma līmenis katrā atsevišķā posmā nedrīkst būt mazāks par vērtībām, kas atbilst pakāpeniskam lineāram posma apgaismojuma samazinājumam (Att. 2).

5.4.2. Pārejas zona

Pārejas zonā ceļa virsmas vidējais spožums ir pakāpeniski jāsamazina virzienā no ieejas zonas uz iekšējo zonu, un pārejas zonas spožuma vērtības L_{tr} attiecīgajā posma punktā, nedrīkst būt mazākas kā norādītas Att.3 diagrammā.



3. Attēls.. — Spožuma samazināšanās līkne

Apzīmējumi

- 1 Ieejas zonas garums, kur L_{th} ir 100 % = $0,5 SD$
- 2 Apstāšanās redzamības attālumi ieejas (SD) zonā
- 3 Pārejas zona

5.4.3. Iekšējā zona

Ceļa virsmas vidējais spožums L_{in} iekšējā zonā nedrīkst būt mazāks par vērtību, kas parādīta 4. tabulā atbilstoši tuneļa apgaismojuma klasei.

4. tabula — Ceļa virsmas spožums iekšējā zonā
(Vērtības kandelās uz kvadrātmetru (cd/m^2))

Tuneļa apgaismojuma klase	Vidējais spožums		
	Ātruma robeža 50 km/h - 70 km/h	Ātruma robeža 80 km/h - 100 km/h	Ātruma robeža 110 km/h
4	3	6	10
3	2	4	6
2	1.5	2	4
1	-	0.5	1.5

Piezīme. Spožuma vērtības 4. tabulā ir nemainīgas vērtības.

5.4.4. Izejas zona

Tuneļa izejā cilvēka acs augstākam spožuma līmenim adaptējās ļoti ātri un šādas adaptācijas uzlabošanai nav nepieciešams papildu apgaismojums. Apgaismojuma nolūks izejas zonā ir:

- papildu apgaismot un izcelt mazākus transportlīdzekļus, kuri var nebūt saskatāmi aiz lielākiem transportlīdzekļiem, sakarā ar izejas apžilbinājuma efektu;
- nodrošināt vadītājiem, kas atstāj tuneli, pietiekamu redzamību atpakaļskata spoguļos.

Šajā zonā ir jānodrošina ceļa spožuma vērtība, kas ir apmēram piecas reizes lielāka par L_{in} , un zonas garumam metros (m) ir jābūt skaitliski vienādam ar projektēto ātrumu (V_{pr}) kilometros stundā (km/h).

1. Piezīme. Divvirzienu tunelī ieteicamo spožumu nodrošina ieejas zonas apgaismojums pretimnākošai satiksmei.

5.5. Spožuma un vienmērības vērtības

Visām zonām ir jānodrošina vidējās ceļa virsmas spožuma vērtības, kas noteiktas **5.4.1**, **5.4.2**, **5.4.3** un **5.4.4**, visā tuneļa brauktuves platumā, ieskaitot apstāšanās joslas ja tādas ir paredzētas.

Ceļa virsmas spožuma vienmērība, atbilstoši tuneļa apgaismojuma klasei, nedrīkst būt mazāka par vērtībām, kas dotas 5. tabulā. Vispārējo vienmērību jāaprēķina visam ceļa platumam, t.i., braukšanas joslai(ām) un rezerves joslām, ja tās tunelī ir paredzētas. Vienmērība garenvirzienā jāaprēķina katrai joslai atsevišķi, ieskaitot rezerves joslas, ja tādas ir paredzētas.

2. Piezīme. Pēc aprēķinātā tuneļa apgaismojuma uzstādīšanas var veikt apgaismojuma atbilstības pārbaudi. Nosacījumi mērījumu veikšanai doti 6. punktā.

5. tabula — Ceļa virsmas spožuma vienmērība

Tuneļa apgaismojuma klase	Vispārējā vienmērība U_0	Garenvirziena vienmērība U_1
4	>0,4	>0,7
3	>0,4	>0,6
2	>0,4	>0,6
1	-	-

5.6. *Tuneļa sienas*

4. apgaismojuma klases tuneļiem vidējais tuneļa sienu spožums līdz 2 m augstumam nedrīkst būt mazāks par vidējo ceļa virsmas spožumu atbilstošajā vietā.

2. un 3. apgaismojuma klases tuneļiem vidējais tuneļa sienu spožums līdz 2 m augstumam nedrīkst būt mazāks par 60 % no vidējā ceļa virsmas spožuma atbilstošajā vietā.

1. apgaismojuma klases tuneļiem vidējais tuneļa sienu apgaismojums līdz 2 m augstumam nedrīkst būt mazāks par 25 % no vidējā ceļa virsmas apgaismojuma atbilstošajā vietā.

5.7. *Apgaismojuma līmeņu noteikšana naktī*

Ja tunelis atrodas uz apgaismota ceļa daļas, spožumam tunelī nakts laikā ir jābūt vismaz vienādam ar pienākošā ceļa spožumu, bet ne vairāk kā trīs reizes lielākam par tā vērtību.

Ja tunelis atrodas neapgaismota ceļa posmā:

- a) tuneļiem, kas ir īsāki par 25 m, parasti nevajag apgaismojumu;
- b) tuneļiem ar garumu 25 līdz 200 m lēmumu par apgaismojuma nodrošināšanu nakts laikā pieņem *autoceļa īpašnieks*, ievērojot tuneļa apgaismojuma klasi, lietošanas tipu naktī un ekoloģiskus apsvērumus;

1. Piezīme. Tuneļiem ar garumu 25 līdz 200 m, ja ir nodrošināts apgaismojums dienā (skat. 4.4 un pielikumu C), parasti tiek nodrošināts arī apgaismojums nakts laikā.

- c) tuneļi, kas garāki par 200 m, naktī ir jāapgaismo līdz spožuma līmenim, ne mazākam par $1,0 \text{ cd/m}^2$.

Ja tunelim, kas atrodas uz neapgaismota ceļa, ir nodrošināts apgaismojums nakts laikā, lēmumu par apgaismojuma nodrošināšanu uz īsas piekļuves zonas daļas un attālināšanās zonā pieņem *autoceļa īpašnieks*. Ja šāds apgaismojums tiek nodrošināts, šīs daļas garumam parasti ir jābūt ne mazākam par apstāšanās attālumu *SD*, kas saistīts ar tuneļa aprēķina ātrumu no 1. tabulas, atskaitot gadījumus, kad šī posma garumu ietekmē citi apstākļi, kā arī ceļa virsmas spožuma vienmērībai jāatbilst 5.tabulā atbilstošajai tuneļa apgaismojuma klasei.

5.8. *Ņirboņa*

Ņirboņas sajūta var izraisīt vadītājiem vizuālu diskomfortu. To izraisa periodiskas spožuma izmaiņas redzes laukā. Šādu efektu var izsaukt braukšana zem nepareizi izvietotiem gaismekļiem pa tuneli vai ieejas zonu ar dienas gaismas žālūzijām.

Diskomforta pakāpe ir atkarīga no:

- a) ņirboņas iedarbības kopējā ilguma;
- b) kontrasta starp ņirboņas avota spožumu un tā fonu;
- c) ņirboņas frekvences;
- d) spožuma izmaiņas ātruma.

Ņirboņas efekta samazināšanu līdz minimumam var panākt ja:

- a) ņirboņas ilgums nav ilgāks par 20 s;
- b) neapgaismotais posms starp blakusesošiem apgaismotiem laukumiem gaismekļu

- rindā ir mazāks nekā gaismekļa apgaismotais posms;
- c) ņirboņas frekvence ir ārpus 2,5 līdz 15 Hz joslas.

Piezīme. ņirboņas frekvenci var aprēķināt, dalot ātrumu metros sekundē (m/s) ar gaismekļu attālumu metros (no viena centra līdz otram). Piemēram: transportlīdzekļa ātrumam 60 km/st (= 16,6 m/s) un gaismekļu attālumam 4 m ņirboņas frekvence ir $16,6/4 = 4,2$ Hz.

5.9. Apžilbinājums

Apžilbinājums rada redzes traucējumus, samazinot cilvēka acs uztveres spēju. Atkarībā no apžilbinājuma ietekmes ilguma, tiek samazināta spēja uztvert objektus ar zemu, vidēju vai pat augstu kontrasta līmeni. Lai novērstu apžilbinājuma radīto risku, projektējot apgaismojumu, tas ir jāsamazina līdz minimumam.. Apžilbinājuma efektu var izteikt kvantitatīvi ar sliekšņa (*TI*) palīdzību, ko aprēķina atbilstoši **6.1**.

Lai apžilbinājuma iespējamību samazinātu līdz minimumam, sliekšņa rādītājam *TI* ir jābūt:

- mazākam par 15 % tuneļa ieejas, pārejas un iekšējā zonā dienā;
- mazākam par 15 % visām tuneļa zonām naktī.

Īsākām ieejas un pārejas zonām šī sliekšņa rādītāja aprēķina metode nav būtiska, jo braucējs var atrasties vienā zonā, tajā pat laikā redzot citu zonu (60 m uz priekšu). Ja ieejas zona ir pietiekami gara, pietiek *TI* aprēķinu veikt ieejas zonai. Ja tā atbilst ieteicamām *TI* vērtībām, var pieņemt, ka arī pārējās zonas atbildīs šiem ieteikumiem, ar noteikumu, ka visās zonās ir izmantots viena tipa gaismekļi un optiskā sistēma. *TI* aprēķina vajadzībā ir jāpieņem, ka tuneļa zonas ir bezgalīgi garas.

5.10. Apgaismojuma regulēšanas līdzekļi

Piekļuves zonas spožums mainās līdz ar izmaiņām dienas gaismas apstākļos. Dienā spožuma līmenis ieejas un pārejas zonā ir jāregulē automātiski atbilstoši spožuma līmenim piekļuves zonā.

1. *Piezīme.* Iespējamās divas sistēmas: spuldžu grupu ieslēgšana/izslēgšana vai to spilgtuma vājināšana. Pirmais ir biežāk lietotais, īpaši gadījumos, pie augsta spožuma līmeņa.

2. *Piezīme.* Vispraktiskākais risinājums automātiskai regulēšanai ir spožuma mērinstruments ar 20° mērījuma lauku, centrēts uz tuneļa ieeju un novietots apstāšanās redzamības attālumā (SD) tuneļa ieejas priekšā. Praktisku iemeslu dēļ spožuma mērinstruments parasti ir jānostiprina augstāk par vadītāja acu līmeni. Tāpēc, lai instruments dotu pareizu L_{20} mērījumu, tas ir jākalibrē pielietojumam specifiskā vietā.

Lai izvairītos no nevajadzīgas ieslēgšanās sakarā ar vietējā apgaismojuma līmeņa īslaicīgām izmaiņām, ko izraisa, piemēram, pāri ejoši mākoņi, apgaismojuma ierobežošanas vadības ierīcei ir jābūt ar vairāku minūšu laika aizturi.

Ja vadības ierīce izmanto pakāpienveida spožuma līmeņa izmaiņšanu, šie pakāpieni ir jāizveido tā, lai tie būtu optimāli, līdz minimumam samazinot elektrības patēriņu (lielāks pakāpienu skaits samazina elektrības patēriņu) un neradot pārmērīgas vadības sistēmas izmaksas.

Spožuma vērtību attiecība starp secīgiem pakāpieniem nedrīkst pārsniegt 1:3. Ir jāparedz tuneļa apgaismojuma regulēšanas sistēmas ārkārtas atslēgšanas iespēja.

Projekta sastāvā nepieciešams paredzēt visu tehnisko pasākumu kompleksu, kas saistīts ar operatīviem pieslēgumiem pilsētas apgaismojuma elektriskajos tīklos un nodrošinātu standartam atbilstošu apgaismojuma funkcionēšanu dienas un nakts laikā.

5.11. Apgaismojums elektroenerģijas padeves pārtraukumos

Pastāvīgā elektroenerģijas avota atteikuma gadījumā tunelī apgaismojums jānodrošina ar alternatīvo avotu, lai būtu iespēja nodrošināt minimāli nepieciešamo (avārijas) apgaismojumu un ļautu lietotājiem ar transportlīdzekļiem droši atstāt tuneli. Parasti, daļa no apgaismojuma ir pieslēgta nepārtrauktai barošanai. Vidējam avārijas apgaismojuma līmenim ir jābūt ne zemākam par 10 lx, un kādā no atsevišķām vietām līmenis nedrīkst būt zemāks par 2 lx.

Piezīme. Avārijas apgaismojums ugunsgrēka gadījumā šajā standarta daļā nav apskatīts

5.12. Luksoforu signāli

Ja tuneļa apgaismošanai tiek izmantotas oranžās nātrija tvaiku spuldzes (kā augsta, tā arī zema spiediena), un tunelī ir luksoforu signāliekārtas, vadītāji var vizuāli sajaukt šādas spuldzes ar luksofora dzelteno signālu. Lai no šādām situācijām izvairītos, ir rūpīgi jāizvēlas nātrija tvaika spuldžu saturošu gaismekļu, un satiksmes luksoforu izvietojums.

6. Aprēķini un mērījumi

6.1. Aprēķini

Tuneļa apgaismojumu, spožuma līmeņus un vienmērības attiecības ir jāaprēķina atbilstoši LVS EN 13201-3:2003 punktiem 7.1, 7.2, 8.3 un 8.4. Režģa solim aprēķinos ir jābūt ne mazākam kā 1,0m. Aprēķinos jāizmanto spuldžu sākotnējā jauda, kas attiecināta uz 100 stundu ilgu izmantošanu.

Aprēķinot spožuma un apgaismojuma vērtības, ir jāizmanto gaismekļa nolietojuma koeficients (*MF*) 0,7, ja vien nav pieejama detalizēta informācija par gaismekļu nolietojuma koeficientu saistībā ar plānotajām uzturēšanas procedūrām, un nevar aprēķināt precīzāku uzturēšanas faktoru.

Piezīme. Aprēķina metodes, ko izmanto LVS EN 13201-3, ietver uzturēšanas faktoru (*MF*), kas ir spuldžu uzturēšanas faktora un gaismekļu uzturēšanas faktora reizinājums. Skat. arī pielikumu F.

Sliekšņa rādītāju (*TI*) aprēķina atbilstoši LVS EN 13201-3:2003 punktam 8.5, izņemot gadījumus, kad sākotnējais vidējais ceļa virsmas spožums ir $> 5 \text{ cd/m}^2$, 42. vienādojumā konstante ir jāmaina no 65 uz 95, un ceļa virsmas spožuma vērtība ir jākāpina ar 1,05.

6.2. Mērījumi

Tuneļa apgaismojuma mērījumi, lai pārbaudītu aprēķinus vai kontrolētu darbību ekspluatācijas laikā ir jāveic atbilstoši LVS EN 13201-4.

Pielikums A. Tunēļa dizaina un uzturēšanas ietekme uz tunēļa apgaismojuma aprēķinu

A.1 Vadītāja komforts

Transportlīdzekļa vadīšana tunelī vai uz atklāta ceļa būtiski atšķiras. Tam par iemeslu ir ierastās telpiskās uztveres ierobežošana un atraušana no „pazīstamām ainām”. Sienas var radīt “nedrošo sienu” efektu, kas neapzināti liek vadītājam atvirzīties tālāk no tām. Vadītāja redzes spējas tunelī var būt ievērojami zemākas nekā uz atklāta ceļa, sevišķi attiecībā uz redzes asumu, kontrasta un attāluma uztveri, perifēro redzi un spēju atšķirt krāsas. Var mainīties laika uztvere: pavadītais laiks šķiet divas reizes garāks nekā reālais laika posms.

Lai pārvarētu redzes adaptācijas un tunēļa vides ietekmi uz vadītāju, tiek piemērots papildus spožuma līmenis, tādejādi paaugstinot vadītāja komfortu kopumā.

A.2 Tunēļa dizains

Projektējot tuneli, ir dizaina aspekti, kas būtiski ietekmē apgaismojumu, īpaši piekļuves un ieejas/pārejas zonās. Materiālu ar samazinātu redzamo virsmu spožumu lietošana šajās zonās, ļauj vienkāršot apgaismojuma sistēmas, samazināt enerģijas patēriņu un uzturēšanas prasības.

Jau Tunēļa detālās projektēšanas gaitā būtu jāievērtē izmantojamo materiālu ietekme uz tunēļa apgaismojumu kopumā. Pamatnosacījumi, kuri būtu jāievērtē:

A.2.1 Tuvojoties tunelim:

- a) tunēļa ieejas un ārējās ceļa virsmas, kas konstruētas no tumšiem materiāliem, samazina piekļuves zonas spožumu, un tādā veidā samazina apgaismojuma līmeni piekļuves un pārejas zonā. Piemēram, tunēļa fasāde ar tumšu nelīdzenu virsmu, kuras atstarošanās koeficients būtu mazāks par 0,2;
- b) tunēļa fasādes konstrukcija un tā tuvākās apkārtnes apstrāde var ierobežot zemas saules ietekmi, kas var būt problēma tunēļiem ar austrumu-rietumu orientāciju, kā arī pēc iespējas samazināt debesu daļu redzes laukā. Piemēram, koki vai citi aizslietņi virs tunēļa ieejas, var samazināt tiešo apžilbinājumu no saules

A.2.2 Tunelī:

- a) visi ceļa elementi (piem. mezgliem, rampām u.c) ir jāiekļauj kopējā tunēļa apgaismojuma shēmā;
- b) kopējo apgaismojuma risinājuma efektivitāti palielinās gaiša ceļa virsma un gaišas sienas;
- c) apgaismojums kopā ar ceļa apzīmējumiem un ceļa zīmēm nodrošina vizuālo informāciju.

A.2.3 Pie tunēļa izejas:

- a) sevišķa uzmanība kopējā tunēļa apgaismojuma shēmā ir jāpievērš visiem ceļu mezgliem un/vai rampām tieši pie vai ārpus tunēļa izejas, kā arī no tunēļa izbraucoša vadītāja spējai atpakaļskata spoguļī saskatīt transportlīdzekļus, kas vēl atrodas tunelī.

A.3 Tunēļa uzturēšana

Uzturēšanas faktors (MF), kas izmantots projekta aprēķinos **6.** punktā, attiecas uz gaismekļa un spuldzes fotometriskās efektivitātes nolietojanos ekspluatācijas laikā no jauna stāvokļa līdz sliktākajam pieņemamam stāvoklim. Tas ir spuldzes un gaismekļa uzturēšanas faktoru reizinājums.

6. punktā ieteikta uzturēšanas faktora vērtība ir 0,7. Gadījumā, ja ir iespējams aprēķināt precīzāk uzturēšanas faktoru, Tā vērtība, saistībā ar zināmiem pasākumiem spuldžu nomaiņai un gaismekļu tīrīšanai, var tikt mainīta atbilstoši reālajai gaismekļu veiktspējai. . Sienu apdarei ir nozīmīga loma apgaismojuma efektivitātē, un, lai saglabātu projektēto izskatu, svarīga loma ir sienu un gaismekļu mazgāšanai, kur aktuālais tīrīšanas biežums ir saistīts ar gaismekļa un spuldzes uzturēšanas faktoriem, kas lietoti apgaismojuma līmeņu aprēķinā.

Pielikums B. Apgaismojuma sistēmas

B.1 Vispārēji

Parasti lieto divas mākslīgā apgaismojuma sistēmas; simetrisko, kas nodrošina negatīva un pozitīva kontrasta sajaukumu, un pretgaismas, kas nodrošina negatīvu kontrastu.

Piezīme. Trešā sistēma, aizmugures apgaismojums, tiek lietota reti, un nav aprakstīta šajā pielikumā.

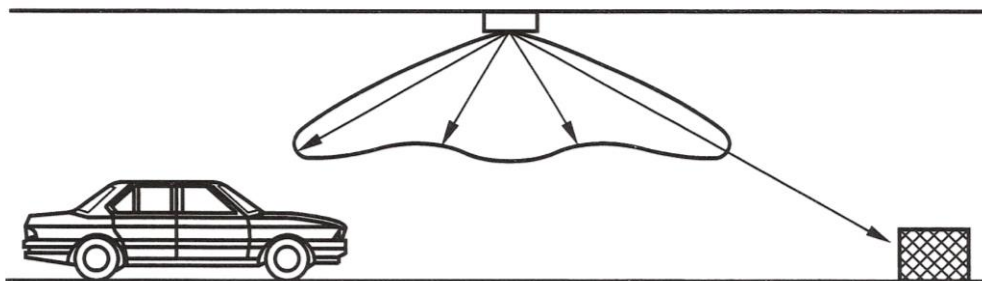
Termini “simetrisks” un “pretgaismas” attiecas uz gaismekļu spožuma sadalījumu, kas tiek lietots šajās divās sistēmās.

B.2 Simetriska apgaismojuma sistēmas

Simetriskā apgaismojuma sistēma lieto gaismekļus, kuru spožuma intensitātes sadalījumam ir vertikālā simetrijas plakne, kas perpendikulāra tuneļa asij (skat. Attēlu B.1).

Simetriskā apgaismojuma sistēmas var nodrošināt labu kontrastu starp objektiem uz ceļa un ceļa virsmu to aizmugurē, kā arī uzlabot citu tajā pašā virzienā braucošu transportlīdzekļu redzamību. Tā ir veiksmīgs risinājums divvirzienu satiksmes tuneļos, gan ekspluatācijas režīmā, gan arī uzturēšanas operāciju laikā.

Piezīme. Simetriskā apgaismojuma sistēmām nav jāņem vērā kontrasta atklāšanas koeficients q_r .



Attēls B.1 — Simetriskā apgaismojuma sistēma

B.3 Pretgaismas apgaismojuma sistēmas

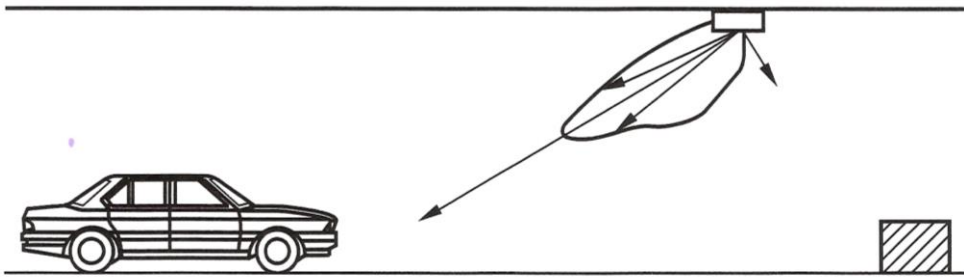
Pretgaismas apgaismojuma sistēmā lieto gaismekļus, kuru spožuma intensitātes sadalījums ir vērsts galvenokārt pret tuvojošos satiksmi, un rezultātā ir stipri asimetriska (skat. Attēlu B.2).

Pretgaismas apgaismojuma sistēmas parasti rada lielāku kontrastu starp objektiem uz ceļa un aiz tiem esošās ceļa virsmas spilgtumu.

Piezīme. Pretgaismas apgaismojuma sistēmām parasti lieto minimālo kontrasta atklāšanas koeficienta q_r vērtību 0,6.

Pretgaismas sistēmai var būt šādi trūkumi:

- tā var nebūt piemērota tuneļiem, kuru ieeju būtiski izgaismo dienasgaismā;
- tā var būt mazāk efektīva tuneļiem ar ļoti intensīvu satiksmi vai tuneļiem ar lielu smagā autotransporta īpatsvaru;
- tā var nebūt piemērota divvirzienu tuneļiem;
- var būt grūtības ar nepieciešamā spožuma sasniegšanu uz tuneļa sienām;
- tā var samazināt vadītāja vizuālo izpratni, skatoties atpakaļskata spoguļos.



Attēls B. 2 — Pretgaismas apgaismojuma sistēma

Pielikums C. Īsu tuneļu apgaismojums dienā

C.1 Caurskates indeksa noteikšana

Caurskates indeksu LTP jāaprēķina, izmantojot vienādojumu (attēls C.1),

$$\begin{aligned} LTP &= 100 \times \frac{\text{virsmas } EFGH}{\text{virsmas } ABCD} \\ &= 100 \times \frac{EF \times FG}{AB \times BC} \\ &= 100 \times \frac{EF}{AB} \times \frac{FG}{BC} \end{aligned} \tag{C.1}$$

kurā A, B, C, D, E, F, G un H ir parādīti attēlā C.1.

Caurskates indekss var tikt izteikts arī kā *skata leņķu* attiecība, izmantojot vienādojumu (attēls C.2),

$$LTP = 100 \times \frac{\beta_u}{\beta_i} \times \frac{\alpha_u}{\alpha_i} \tag{C.2}$$

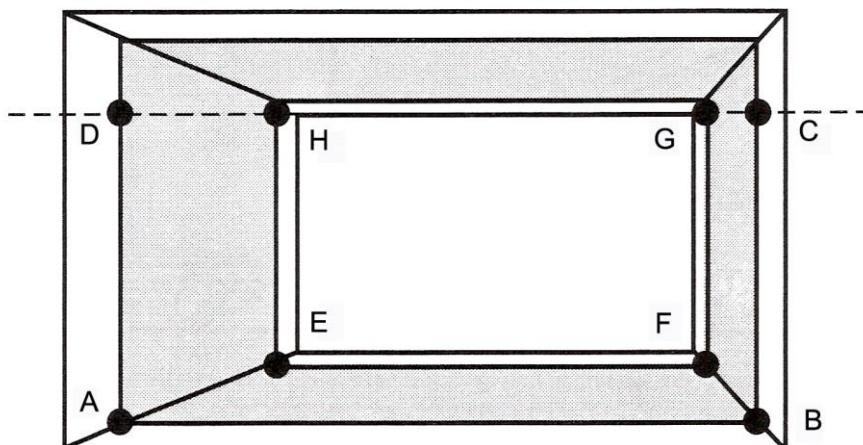
kurā α_i , α_u , β_i un β_u , ir parādīti attēlā C.2.

1. *Piezīme.* Attēlā C.1 attēlotā perspektīvas zīmējuma centrs ir:

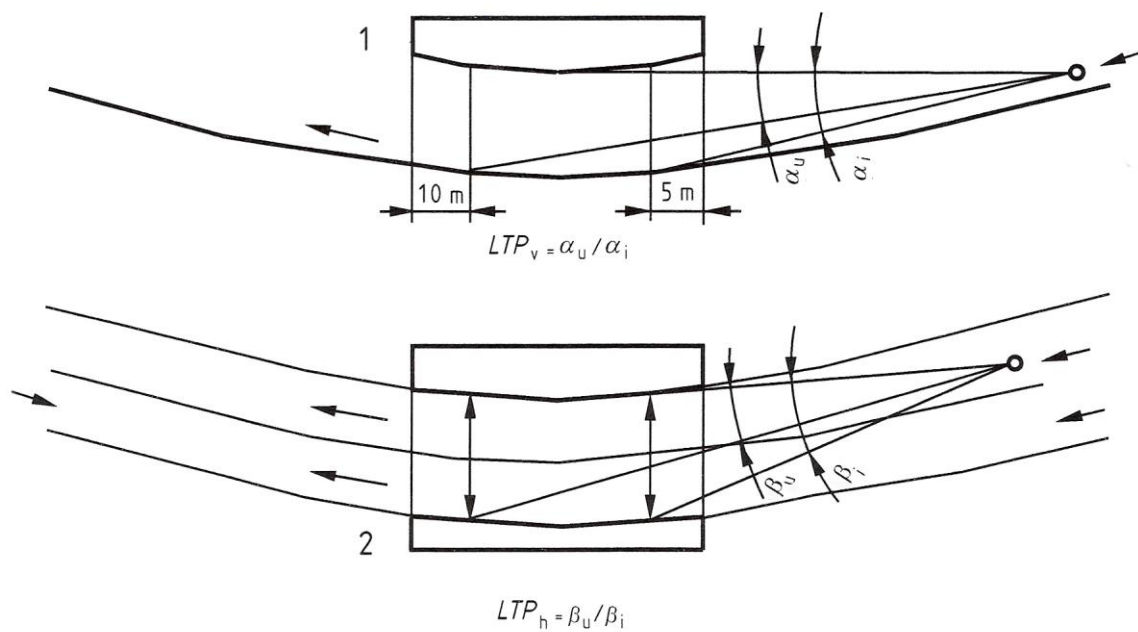
- punkts uz horizontālas līnijas 1,2 m virs ceļa virsmas;
- braukšanas joslas vidū (ja tiek lietotas vairākas joslas, jānosaka katrai joslai);
- no 1. tabulas ņemtā apstāšanās redzamības attālumā SD no dienas gaismas ietekmētā šķietami redzamā portāla.

2. *Piezīme.* Griestus neņem vērā, jo tie parasti nav fons, uz kura var slēpties citi ceļa lietotāji vai šķēršļi.

3. *Piezīme.* Dienas gaismas iespiešanās saīsina šķietami redzamo tuneļa garumu. Tāpēc, nosakot LTP , lieto šķietami redzamo ieeju un izeju. Šķietami redzamā ieeja parasti ir ievirzīta apmēram 5 m iekšā tunelī un šķietami redzamā izeja- apmēram 10 m tunelī (sk.attēlu C2). Praksē ir grūti novērtēt vai izmērīt ievirzījuma attālumus, taču tie tikuši pieņemti atbilstoši labajai praksei.



Attēls C.1 — Caurskates indekss



Apzīmējumi

- 1 Vertikālā plakne
- 2 Horizontālā plakne

Attēls C.2 — Skata leņķi

C.2 Dienas laika apgaismojuma nepieciešamības noteikšana

C.2.1 *Vispārēji*

Atbilstoši *LTP* vērtībai, dienā ir jānodrošina šāds apgaismojums:

- ja $LTP < 20\%$, ir jānodrošina mākslīgais apgaismojums dienā;
- ja $LTP > 80\%$, parasti nav jānodrošina mākslīgs apgaismojums dienā;
- ja $20\% < LTP < 80\%$, mākslīga apgaismojuma vajadzību dienā nosaka saskaņā ar punktu C.2.2.

C.2.2 *Apgaismojums dienā LTP vērtībām no 20 % līdz 80 %*

Ja *LTP* vērtība ir no 20 % līdz 80 %, objektam (automobilis, gājējs vai velosipēdists) ir jābūt novērojamam pret tuneļa šķietami redzamo izeju. Tad vajadzību pēc apgaismojuma dienā ir jānosaka saskaņā ar objekta daļu procentos, ko var saskatīt pret šķietami redzamo izeju.

Tuneļiem, kas paredzēti tikai autotransportam, kā objekts ir jāizmanto automobilis. Tam ir jābūt četrstūrim ar platumu 1,6 m un augstumu 1,4 m.

Tuneļiem, kas paredzēti jauktai satiksmei, kā objekts ir jāizmanto gājējs vai velosipēdists. Tam ir jābūt četrstūrim ar platumu 0,5 m un augstumu 1,8 m.

Novērotāja attālumam garenvirzienā ir jābūt apstāšanās redzamības attālumā *SD* no šķietami redzamās ieejas. Objekta un novērotāja šķērsvirziena stāvoklim ir jābūt saskaņā ar tabulu C.1 atbilstošajam ceļa tipam.

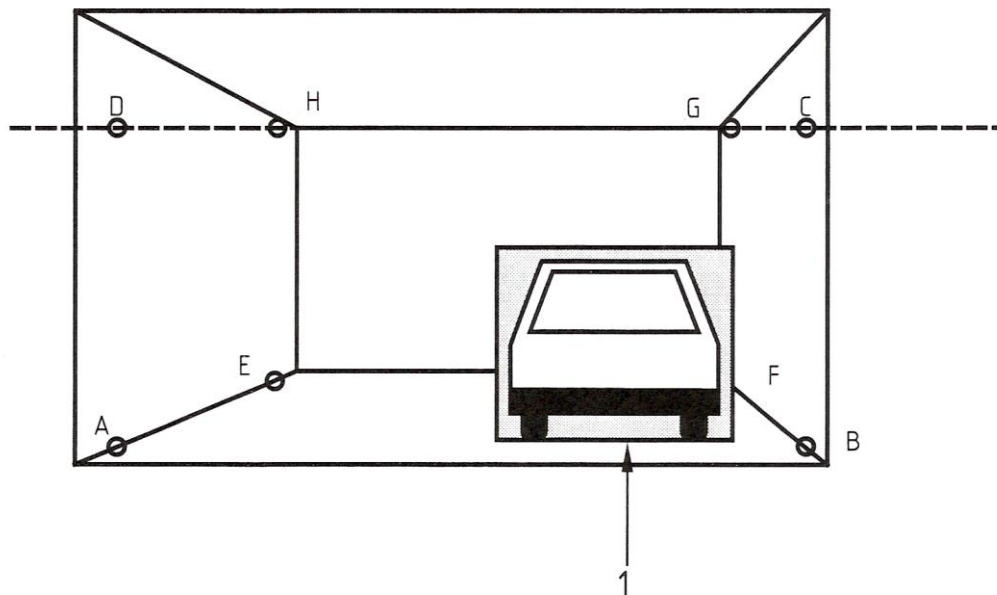
Piezīme. Objekta redzamība divvirzienu tuneļos ir jāaplūko katrā kustības virzienā.

Tabula C.1 — Objekta un novērotāja šķērsvirziena stāvoklis

Ceļa tips	Objekta stāvoklis	Novērotāja stāvoklis
Ar dalītu brauktuvi un drošības joslu	Labā puse, drošības josla	Ass līnija, 1.josla
Ar dalītu brauktuvi un bez drošības joslas	Labā puse, 1.josla	Ass līnija, 1.josla

Mākslīgs apgaismojums dienā ir jānodrošina, ja:

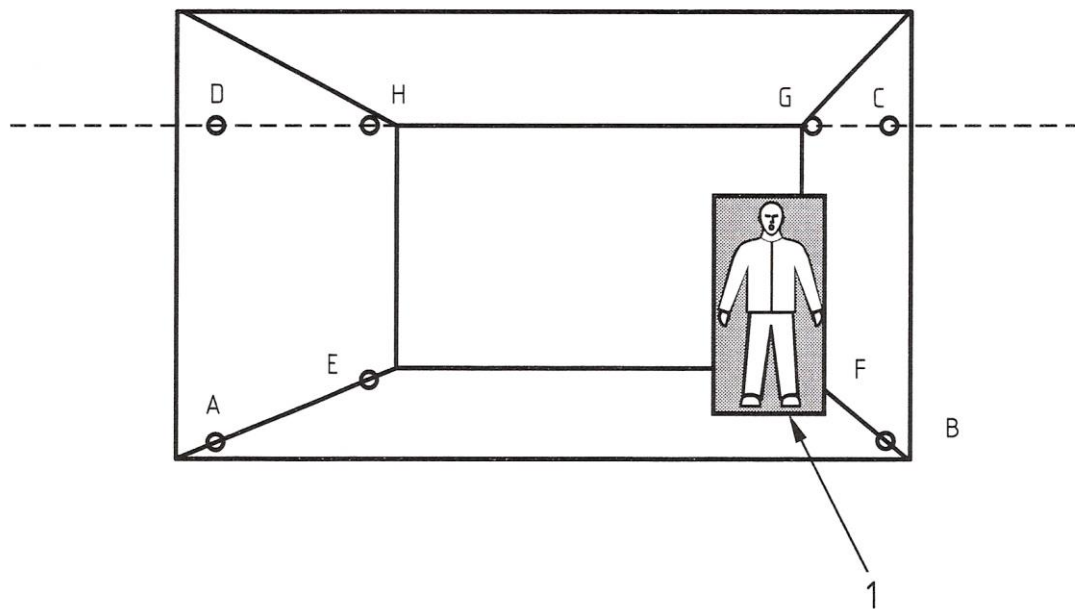
- pret šķietami redzamo izeju var novērot mazāk nekā 30 % no objekta, kas ir automobilis, (skat. Attēlu C.3); vai
- pret šķietami redzamo izeju var novērot mazāk nekā 50 % no objekta, kas ir gājējs/velosipēdists, (skat. Attēlu C.4).



Apzīmējumi

- 1- Automobilis
- 1,4m x 1,6m
- 30% redzamība

Attēls C.3 — Automobila redzamība



Apzīmējumi

- 1- Gājējs/velosipēdists
- 0,5m x 1,8m
- 30% redzamība

Attēls C.4 — Gājēja/velosipēdista redzamība

Pielikums D. Piekļuves zonas spožuma noteikšana ar tiešu mērījumu

Piezīme. Visprecīzāk piekļuves zonas L_{20} spožums ir nosakāms ar tiešu mērījumu tajā gadalaikā, kad tā vērtība ir maksimāla. Ļoti iespējams, ka šis laiks ir ap vasaras vidu jūnijā, bet ir iespējams, ka apsnigušam tunelim ziemā var būt augstāka L_{20} vērtība.

D.1 Ierīces

D.1.1 *Spožuma mērinstruments*, optimāli tāds, kas uztver perifērisku 20° redzes lauku (skat. piezīmi), nostiprināts uz trijkāja.

Piezīme. Ja nav pieejams spožuma mērinstruments, kas aptver 20° redzes lauku, var lietot mērinstrumentu ar mazāku lauku (piem., 3° vai 1°), ar noteikumu, ka spožuma mērījumi 20° laukā tiek veikti vairākos punktos un, lai iegūtu L_{20} , aprēķināts vidējais, kā tas aprakstīts pielikumā E.

D.2 Procedūra esošiem tuneļiem

D.2.1 Spožuma mērinstrumentu un trijkāji (D.1.1.) jānovieto tunelī pienākošās brauktuves centrā 1,5 m augstumā virs ceļa virsmas un 20° lauks jāvērs pret tuneļa ieejas centru. Mērinstruments un trijkājis jānovieto no ieejas attālumā, kas vienāds ar apstāšanās redzamības attālumam.

D.2.2 Mērījumi jāveic vairākās dienās, kad spīd saule. Ir jāiekļauj apstākļi, kad debesīs ir balti mākoņi, sevišķi, ja tie ir mērījuma laukā, jo tie var dot augstāku L_{20} vērtību. No mērījumiem ir jāizslēdz visas situācijas, kad saule iekļūst 20° redzes laukā, jo šīs situācijas dod ārkārtīgi augstus spožuma rezultātus.

Piezīme. Praksē vadītāji tiek galā ar šo situāciju, nolaižot saules aizsargstiklu.

D.2.3 Abos tuneļa galos ir jāveic rinda mērījumu ap to laiku, kad tiek sasniegtas maksimālās L_{20} vērtības, un jāizveido grafiks atkarībā no laika.

Piezīme. Iespējams, ka austrumu-rietumu virziena tuneļiem maksimālā vērtība pie austrumu ieejas būs no rīta un pie rietumu ieejas pēcpusdienā. Tomēr, vienmēr nav acīmredzams, kad novērojami maksimumi, un ir jāpievērš uzmanība vai, piemēram, izklidēta gaisma no dūmakas uz ēnainas nogāzes nedod nozīmīgi augstāku L_{20} vērtību citā dienas laikā.

D.3 Procedūra no jauna projektētiem tuneļiem

D.3.1 Ja tunelis vēl ir jāuzbūvē, L_{20} mērījumi ir jāveic no vietām, kur būs jaunais ceļš. Spožuma mērinstruments ir jāvērs pret punktu, kurā atradīsies tuneļa ieeja

Piezīme. Situācijās, kurās mērinstrumenta novietošanu izvēlētajā vietā aprūstina reljefs, koki vai kādi citi apstākļi, jāizmanto pēc iespējas līdzīga alternatīva vieta. Ja arī tas ir grūti izdarāms, labāk necensties veikt tiešus L_{20} mērījumus, bet lietot metodi, kas aprakstīta pielikumā E.

D.3.2 Mērījumi ir jāveic, kā izklāstīts **D.2.2.**

Piezīme. Mērījumus, kas veikti uz vietas, kur tunelis vēl nav uzbūvēts, var būt nepieciešams koriģēt pēc perspektīvās ceļa virsmas uz esošā reljefa, izmērot vidējo spožumu vietai, kur būs ceļš, un salīdzinot ar līdzīgi orientēta ceļa spožumu izvēlētajās vietas tuvumā, vai ar piemērotu spožumu no spožuma vērtību tabulas (skat. pielikumu E). Ja novērojama būtiska vērtību starpība, var izdarīt korekciju, aizvietojo ar jaunu vidējo vērtību, kura tiek ievērtēta atbilstoši platībai, kas aizņem 20° no redzes lauka.

Pielikums E. Piekļuves zonas spožuma noteikšana ar režģa metodi

1. *Piezīme.* Piekļuves zonas spožumu L_{20} var aprēķināt ar režģa metodi, kuru var lietot sākotnējā projektēšanas posmā, vai arī nosakot maksimālo spožumu esošam tunelim. Šajā metodē redzes lauku sadala mazos laukumos, lai katram laukumam varētu piešķirt individuālu spožuma vērtību, un pēc tam aprēķināt visam laukumam vidējo spožuma līmeni. Šī metode ir aptuvena un tās precizitāte ir atkarīga no aprēķinā izmantotajiem atsevišķiem spožuma lielumiem.

Izmantojot rasējumus, modeli datorā vai tiešu fotogrāfiju, ir jāizveido tuneļa attēls perspektīvā, kādu to redz no apstāšanās redzamības attāluma SD pirms ieejas. Lai arī kāda metode tiek lietota, novērojuma punktam ir jābūt 1,5 m virs ceļa virsmas brauktuves centrā, un apstāšanās redzamības attālumā SD no ieejas.

Piekļuves zonas spožuma noteikšanai esošam tunelim ir nepieciešams acs uztveres zonā ievietot apli, kas aptver 20° no redzes lauka (attēls E.1.). Ja izmanto fotogrāfiju, lai noteiktu leņķisko mērogu, redzes laukā noteiktā attālumā ir jābūt atsauces objektam, piemēram, topogrāfa latai. Esošai tuneļa ieejai augstums H nodrošina piemērotu atsauci, pēc kura kopā ar attālumu SD , no kura izdarīta fotografēšana, ir jākalibrē fotogrāfijas leņķis, izmantojot vienādojumu (E.1).

$$\theta_H = \tan^{-1} \frac{H}{SD} \quad (\text{E.1})$$

2. *Piezīme.* Šis vienādojums dod aptuvenu vērtību.

Ja tunelis vēl nav uzbūvēts, un fotogrāfijā nav iekļauts atsauces objekts ar zināmu garumu, attēla leņķisko augstumu jāaprēķina, izmantojot vienādojumu (E.2).

$$\theta_p = 2 \tan^{-1} \frac{h}{2f} \quad (\text{E.2})$$

kur: f -fotokameras objektīva fokusa garums milimetros (mm)

h -filmas negatīvā attēla augstums milimetros (mm);

Izmantojot uzklājumu, uz tuneļa vietas fotogrāfijas atbilstošā mērogā ir jāuzzīmē tuneļa ieeja. Tāpat ir jāpievieno ceļa nomale, atbalstsienas, ceļa zīmju vārti un citi objekti, kas veido galīgo redzes lauku. Rekonstrukcijā ir jāpievērš uzmanība visām izmaiņām ceļa līmenī.

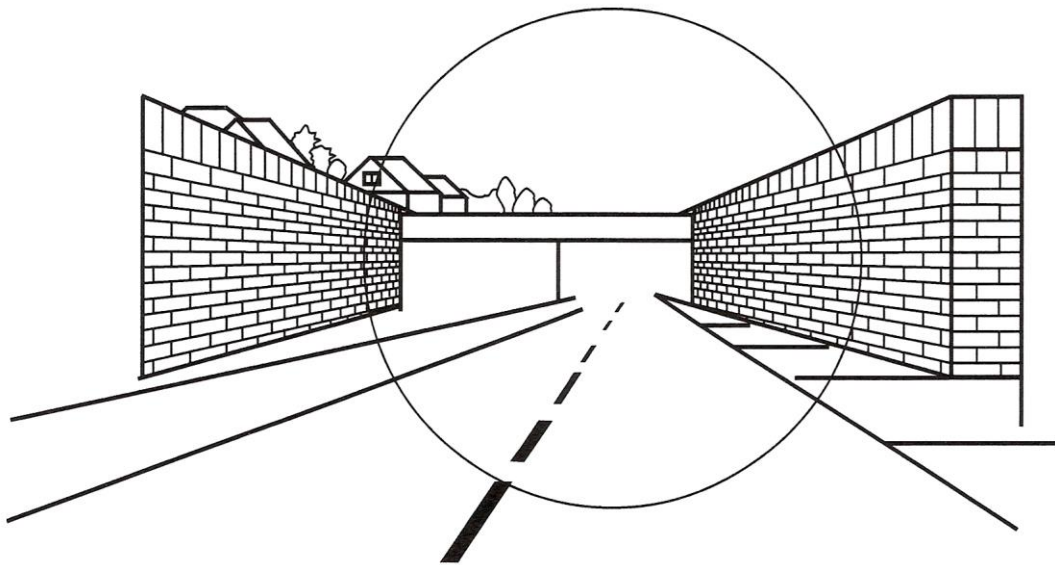
3. *Piezīme.* Ja tiek nodrošināts, ka galvenie objekti fotogrāfijā ir attēloti aptuveni mērogā, kopējā zīmējuma precizitāte vai neprecizitāte būtiski neietekmēs aprēķinu.

L_{20} aprēķinu no fotogrāfijas, rasējuma vai modeļa datorā veic šādi:

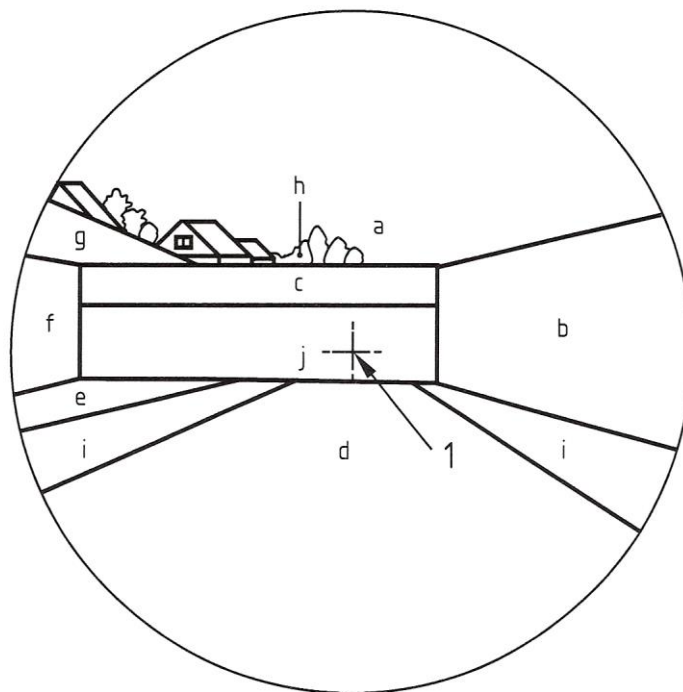
- Jāpievieno redzes lauka robeža, uzklājot apli, kas ierobežo 20° , ar centru tuneļa ieejā, no redzes punkta 1,5 m augstumā virs ceļa virsmas, kā parādīts Att. E.1.
- 20° redzes lauku jāsadala segmentos (skat. Att. E.2), un katrs segments jāidentificē ar atsauces numuru vai burtu. Izmantojot uz vietas izmērīto vai tipisko vērtību no tabulas E.1, katram segmentam ir jāpiešķir spožuma vērtība L .
- Jāizveido segmentu tabula (piemērs ir parādīts tabulā E.2), kurā parādīta katra segmenta laukums A , tā spožums L un šo lielumu reizinājums, $A \times L$. Pēc tam, izmantojot vienādojumu (E.3), ir jāaprēķina vidējais spožums L_{20} .

$$L_{20} = \frac{AL}{A} \quad (\text{E.3})$$

4. *Piezīme.* Ieejas un atbalstsienu apdarei var būt nozīmīga ietekme uz piekļuves zonas spožuma vērtību un ieejas zonas apgaismojumu. Tāpēc būtu lietderīgi veikt dažādu apdares veidu un materiālu ietekmes



Attēls E.1 — Tuneļa ieejas perspektīvas skats ar uzliktu apli, kas ierobežo 20°



Apzīmējumi

1- Tuneļa ieejas centrs

Attēls E.2 — 20° redzes lauks, sadalīts novērtējuma laukumos

Tabula E.1 — Tipiskas spožuma vērtības

Fons	Spožums, L cd/m ²
Zeme/smiltis	3500
Zāle	2000
Kalns (klints nobiras)	3500
Celtne (ķieģeļu)	3500
Ieeja (tumša)	1000
Ceļš (asfalta)	4000
Ceļš (asfalta) saulē, vērsts dienvidu virzienā	6000
Ceļš (betona)	8000
Debesis (skaidras)	8000
Debesis (dūmakā, skaidras), redzamas, skatoties dienvidu virzienā	20000
Koks	1000
Siena (tumša)	1000
Siena (gaiša)	6000

Piezīme. Šīs vērtības ir vasaras vidum pilnā saules gaismā ar horizontālo apgaismojumu apmēram 100 000 lx.
Ja virsma atrodas ēnā laikā, kad L_{20} vērtība ir maksimālā, šīs virsmas L vērtību ir jāreizina ar 0,25.

Tabula E.2 — Piekļuves zonas spožuma L_{20} noteikšanas piemērs

Segments ^a	Fons	Laukums, A	Spožums, L cd/m ²	Reizinājums $A \times L$
a	Debesis (skaidras)	2 600	8 000	20 800 000
b	Tumša siena	1 150	1 000	1 150 000
c	Tumša siena virs ieejas	300	1 000	300 000
d	Ceļš (asfalta) saulē	3 300	4 000	13 200 000
e	Ceļš ēnā	80	1 000	80 000
f	Tumša siena ēnā	128	250	32 000
g	Celtne (ķieģeļu) ēnā	130	875	114 000
h	Koki	90	1 000	90 000
i	Smilšaini laukumi	800	3 500	2 800 000
j ^c	Tuneļa iekšpuse	922	-	—
Kopā	—	9 500	-	38 566 000

Vidējais spožums $L_{20} = AL/A = 4060$ cd/m²

^a Kā parādīts Attēlā E.2;

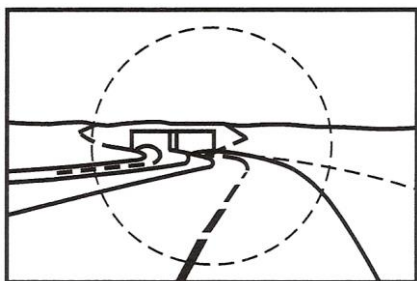
^b Mērvienības laukumam A ir relatīvas, visos dotajos piemēros izmantotās mērvienības var būt jebkādas, kas piemērotas attēla izmēram;

^c Ja ir jānodrošina apgaismojums dienā īsiem tuneļiem, kuriem izeja ir redzam no apstāšanās redzamības attāluma SD pirms ieejas (skat. pielikumu C), sakarā ar gaismas iespiešanos, tuneļa iekšpusei „j” būs spožuma vērtība. Šī spožuma vērtība ir jāievieto tabulā E.2 ar negatīvu zīmi, un tā nedaudz samazinās L_{20} vērtību.

Pielikums F. Piekļuves zonas spožuma novērtējums

Izmantojot tuneļu piekļuves zonu piemērus (attēls F.1), var provizoriski iegūt sākotnējo piekļuves zonas spožuma L_{20} novērtējumu. Tajā ir doti skatu perspektīvu piemēri dažādām tuneļa ieejām, un iespējamā piekļuves zonas spožuma L_{20} novērtējums. Ir jāizvēlas piemērs, kas vistuvāk atbilst topogrāfijai, un, ievērojot tuneļa ieejas orientāciju, jāatzīmē aptuvenā L_{20} vērtība.

Piezīme. Metodes, kas jāizmanto galīgajā projektā, ir aprakstītas pielikumā D un pielikumā E.

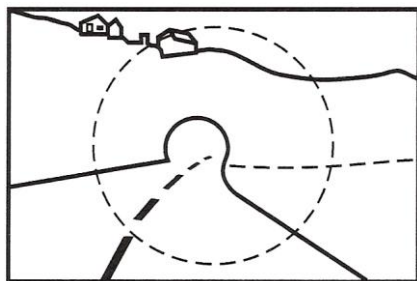


160m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 5000 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 7500 cd/m²

a) Divbrauktuvju ceļš ārpus apdzīvotas vietas ar zemu horizontu

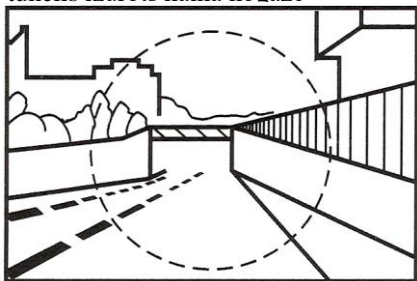


90 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 3000 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 3000 cd/m²

c) Vienbrauktuves ceļš ārpus apdzīvotas vietas, tunelis izurbts kalna nogāzē

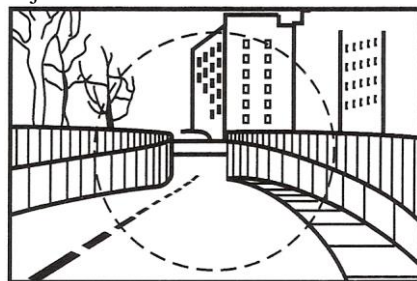


90 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 3500 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 5500 cd/m²

e) Pilsētas vai apdzīvotas vietas ceļš ar augstceltnēm un reljefu

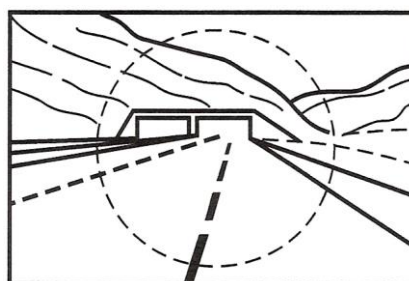


90 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 3000 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 4000 cd/m²

g) Pilsētas vai apdzīvotas vietas ceļš ar augstceltnēm tiešā tuvumā

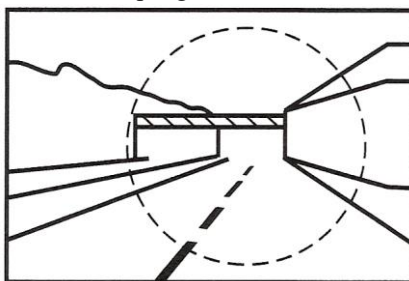


90 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 4000 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 5500 cd/m²

b) Divbrauktuvju ceļš ārpus apdzīvotas vietas, fonā pauguri

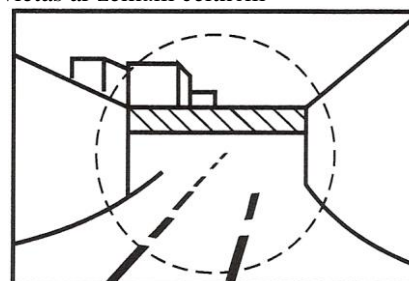


90 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 4500 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 7000 cd/m²

d) Vienbrauktuves ceļš ārpus apdzīvotas vietas ar zemām celtnēm

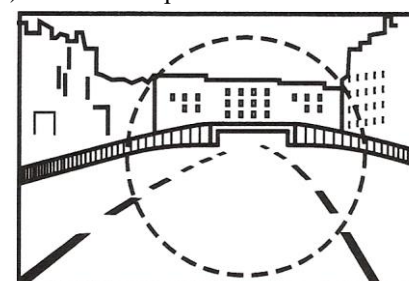


50 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 3000 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 4000 cd/m²

f) Pilsētas vai apdzīvotas vietas tunelis



160 m attālums

L_{20} - braucot uz ziemeļiem - 4500 cd/m²

L_{20} - braucot uz dienvidiem - 6500 cd/m²

h) Pilsētas vai apdzīvotas vietas ceļš ar paaugstinātu atļauto braukšanas ātrumu ar augstceltnēm

Att. F.1 — Tuneļu pieeju piemēri ar izmantojamām piekļuves zonām.

Alfabētiskais rādītājs

A

Apgaismojuma līmeņa noteikšana tuneļa zonai dienā	9
Apgaismojuma līmeņu noteikšana naktī	12
Apgaismojuma regulēšanas līdzekļi	13
Apgaismojuma sistēmas	17
Apgaismojums dažāda garuma tuneļos	7
Apgaismojums dienā LTP vērtībām no 20 % līdz 80 %	21
Apgaismojums elektroenerģijas padeves pārtraukumos	14
Aprēķini un mērījumi	14
Aprēķinu metodes	14
Apstākļi dienā	6
Apstākļi naktī	7
Apstākļi tuneļos	6
Apstāšanās attālumi	8
Apstāšanās redzamības attāluma noteikšana	8
Apstāšanās redzamības attālums	5
Apžilbinājums	13
Ātrums projektētais	5
Attālināšanās zona	3
Attēla leņķiskais augstums	5
Automobiļa redzamība	22

C

Caurskates indeksa noteikšana	19
Caurskates indeks	3
Caurskates indeks	5
Ceļa virsmas spožuma vienmērība	11
Ceļa virsmas spožums	11

D

Darbības mērķis	3
Dienas gaismas aizslietnis	3
Dienas laika apgaismojuma nepieciešamības noteikšana	21

E

Ekvivalents apžilbināšanas spožums	5
------------------------------------------	---

F

Filmas negatīvā attēla augstums	5
Filmas negatīvā attēla augstums	24

G

Gaismekļa nolietojuma koeficients	5
Gājēja/velosipēdista redzamība	22
Garenvirziena vienmērība	5

I

Ieeja	3
Ieejas zona	3
Ieejas zonas apgaismojums	3
Ieejas zonas spožuma attiecība	4
Iekšējā zona	4, 11

Ieteikumi ceļu projektēšanai. Tuneļu apgaismojums

Ierīces	23
Ieejas zona	13
Ieejas zonas spožums	3, 5, 9
Iekšējās zonas spožums	4, 5
Izeja	7, 19, 26
Īsu tuneļu apgaismojums dienā	19
Izeja	4
Izejas zona	4, 11

K

K vērtības	10
Kontrasta atklāšanas koeficients	5, 17
Kontrasta koeficients	4

L

Leņķis, ko ierobežo tuneļa augstums	5
Luksoforu signāli	14

M

Mērījumi	14, 23
----------------	--------

N

Normatīvās atsauces	3
Ņirboņa	12

O

Objekta un novērotāja šķērsvirziena stāvoklis	21
-----------------------------------------------------	----

P

Pārejas zonas spožums	5
Pārejas zona	4, 10
Pārejas zonas spožums	4
Piekļuves zonas garums	4
Piekļuves zonas spožuma noteikšana	9, 23, 26
Piekļuves zonas spožuma noteikšana ar režģa metodi	24
Piekļuves zonas spožuma novērtējums	27
Piekļuves zonas spožums	4, 5, 9, 13, 23, 24
Piekļuves zona	4
Pretgaismas apgaismojuma sistēmas	17, 18
Pretgaismas apgaismojums	4

R

Redzes lauka sadalījums	25
-------------------------------	----

S

Simboli	5
Simetriska apgaismojuma sistēmas	17
Simetrisks apgaismojums	5
Skata leņķi	20
Sliekšnis	5

Spožuma mērinstruments.....	23
Spožuma mērīšanas procedūra esošiem tuneļiem	23
Spožuma mērīšanas procedūra no jauna projektētiem tuneļiem.....	23
Spožuma samazināšanās likne	10
Spožuma un vienmērības vērtības.....	11
Spožums	5

T

Termini un definīcijas.....	3
Termini, definīcijas un simboli	3
Tipiskas spožuma vērtības	26
Tuneļa apgaismojuma izvēle.....	8
Tuneļa apgaismojuma zonas	9
Tuneļa dizaina ietekme	15
Tuneļa dizains.....	15

Tuneļa ieejas perspektīva.....	25
Tuneļa ieejas vertikālā projekcija	5
Tuneļa izejas vertikālā projekcija	5
Tuneļa sienas	12
Tuneļa ieejas augstums	5
Tuneļa ieejas horizontālā projekcija	5
Tuneļa ieejas perspektīvā skata segmenta laukums	5
Tuneļa izejas horizontālā projekcija	5
Tuneļa uzturēšana	16
Tuneļu pieeju piemēri ar izmantojamām piekļuves zonām...	28

V

Vadītāja komforts	15
Vispārējā vienmērība.....	5
Vizuālā informācija	5, 8
Virsmas vispārējā vienmērība.....	5