



MANNVIT



RANNSÓKNARVERKEFNI

VEGLÝSING Á ÞJÓÐVEGUM

VEGAGERÐIN

GREINING Á VEGLÝSINGU VIÐ ÞJÓÐVEGI Í GEGNUM
ÞÉTTBÝLI, MÆLING Á ORKUNOTKUN OG NÝTNI
BÚNAÐAR

April 2014

Helgi Baldvinsson

Baldur Hólm Jóhannsson

Efnisyfirlit:

1. Formáli	1
2. Hugtakalisti	2
3. Skilgreining og kröfur	3
3.1 Ljómi (luminance)	3
3.2 Orka (Watt)	4
3.3 Nýtni	4
3.4 Kröfur lýsingar	4
3.5 Lýsing á gangbraut	5
3.6 Aðlögunarsvæði	6
4. Framkvæmdin og mælingar	7
4.1 Aðstæður	7
4.2 Mælitæki	7
4.3 Ljómamæling	8
4.4 Birtumæling Hafnarbrautar	10
4.5 Birtumæling gangbrauta	10
4.6 Niðurstöður mælinga	13
5. Tæknilegar lausnir	14
5.1 AF/Á ljósastýring	14
5.2 Ljósdeyfing - stjórneneining fyrir hvern ljósastaur	15
5.3 Miðlæg ljósdeyfing	16
5.4 Ljóstvistar (LED)	17
6. Heimildaskrá	19
Viðauki A Birtuútreikningar Dialux athugunarsvæðið	A-1
Viðauki B Birtuútreikningar Dialux – besta tilfelli	B-1
Viðauki C Birtuútreikningar Dialux – versta tilfelli	C-1

1. Formáli

Verkefnið „Greining á veglýsingu við þjóðvegi í gegnum þéttbýli“ er unnið í samstarfi Vegagerðarinnar og Mannvits og er styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar.

Verkefnið felst í því að mæla lýsingu á dæmigerðum þjóðvegi í þéttbýli. Niðurstöðurnar verði bornar saman við hönnunarforsendur og þá staðla sem um lýsingu á þjóðvegum gilda á Íslandi og á hinum norðurlöndunum. Markmið verkefnisins er að kanna hvort hægt er að stýra götulýsingu þjóðvega í þéttbýli til að spara orku með því t.d. að skapa jafnvægi milli dagsbirtu og myrkurs án þess að skerða umferðaröryggi. Einnig verður farið yfir gerðir ljósgjafa og framtíðarsýn í lýsingu þjóðvega.

Götulýsing þjóðvega í þéttbýli hefur verið að miklu leyti með sama hætti undanfarin ár og jafnvel áratugi. Þessari skýrslu er ætlað að varpa ljósi á það hvort hönnun veglýsinga standist kröfur tímans og hvort þær uppfylli staðla sem fjalla um slíka lýsingu. Sífelld aukast kröfur um gæði lýsingar en samhliða þeim eru gerðar kröfur um sparnað. Á undanförunum árum hafa komið á markað tæki til að stjórna lýsingu og ljósgjafar sem nýta betur orkuna, en það getur verið kostnaðarsamt að setja upp slíkan búnað auk þess sem raforkuverð hér á landi er það lágt að breytingar eru lengi að borga sig upp.



Mynd 1: Þjóðvegur 82 þar sem hann liggur í gegnum Dalvík. Mynd: Veggja á vef Vegagerðarinnar.

Framkvæmdar voru mælingar á þjóðvegi 82 þar sem hann liggur í gegnum Dalvík, sjá mynd 1. Einnig voru gerðar mælingar á ljósgjafa á rannsóknarstofu Mannvits á Akureyri. Hönnunargögn fyrir þennan vegakafli lágu ekki fyrir og voru því ekki tiltæk við verkefnið.



2. Hugtakalisti

Í skýrslunni er notast við ýmis hugtök og einingar ljósfræðinnar. Þau helstu eru upptalin í töflu 1.

Tafla 1: Helstu hugtök og einingar ljósfræðinnar.

Hugtak	Skýring	Mælieining
Birta (<i>E</i>) (Illuminance)	Magn ljósstreymis á tiltekinn flöt, t.d. fermetra	Lux (lx) eða Lúmen á m ² (lm/m ²)
Ljómi (<i>L</i>) (Luminance)	Ljósstyrkur af fleti í tiltekna átt. Ljómi er mikilvægasti þátturinn í lýsingu vega.	Candela á fermetra (cd/m ²)
Ljósstreymi (Φ) (Luminous flux)	Styrkur rafgeislunar á sýnilega tíðnisviðinu.	Lúmen (lm)
Ljósstyrkur (<i>I</i>) (Luminous intensity)	Ljósstreymi frá ljósgjafa eða ljóskeri í tiltekna átt.	Candela (cd) (lm/sr) (sr=rúmhorn)
Ljósnytni (Luminous efficacy)	Hlutfall milli ljósstreymis (lm) frá ljósgjafa og þess afls (í W) sem þarf til að knýja hann.	lm/W
Glýja (eða ofbirta) (Glare)	Glýja getur verið til óþæginda og í versta tilfalli truflað færni sjónarinnar. Glýja er einingarlaus en er metin á ákveðnum skala eða hlutfalli.	G
Jafnleiki lýsingar	Ljómajafnleiki er hlutfall lægsta gildis og meðalgildis ljóma	U ₀

3. Skilgreining og kröfur

Markmið verkefnisins er að greina orkunotkun og ljósmagn á þjóðveg í þéttbýli, kanna hvernig mældum gildum ber saman við hönnun veglýsingar og bera saman. Athugun á hvort mögulega sé hægt að samnýta dagsbirtu betur við notkun veglýsingar. Í verkefninu verður notast við Hafnarbraut á Dalvík, vegstæði sem er í notkun og framkvæmdum er lokið. Framkvæma greiningu út frá fyrirbyggjandi hönnunargögnum og sannprófa ljósmagn með vettvangsferðum. Bornar verða saman greiningar með mismunandi breytum af sama svæði. Í verkefninu verður því lagt mat á hve mikið ljósmagnið er, og hvort beita mætti öðrum aðferðum á hönnunarstigi. Athuga möguleika á næturlýsingu í samráði við bæjar- eða sveitarfélag og aðra hlutaðeigandi með tilliti til sparnaðar.

Helstu ljósgjafar veglýsingar eru í dag háþrýstar natríumperur (sjá mynd 3), málmhalógen og nú síðast ljóstvistar (LED) en ljóstvistar hafa nánast ekkert verið notaðir ennþá nema til prufu og einstaka sérverkefni, t.d. í nýuppgerðri götu í Reykjavík. Áður voru háþrýstar kvikasilfursperur mest notaðar en þær eru nú á undanhaldi vegna strangari regla um umhverfismál. Háþrýstar natríumperur eru núna mest notaðar vegna hárrar nýtni og langs líftíma peranna. Vegna krafna Evrópusambandsins um bann við ákveðnum efnum í perum og um aukna nýtni pera (lúmen/watt) mun á næstu árum verða einhver breyting á þessu og líklega munu ljóstvistar verða alsráðandi innan 5 - 10 ára. Samt ræður þar bætt hönnun ljóstvista meiru, en greinilegt er að nýtni eykst stöðugt og verð þeirra fer hratt lækkandi. Tafla 2 sýnir áætlun Evrópusambandsins um stöðvun notkunar hættulegra efna í ljósgjöfum.

Tafla 2.: Áform um stöðvun framleiðslu mismunandi ljósgjafa. ⁶⁾

Frá apríl á hverju ári	2010	2012	2015	2017
Háþrýstar Sodium perur	Leyfðar	Stöðvun framleiðslu lágnýtni sodium lampa		
Sodium eða natríum lampar	Leyfðar		Stöðvun framleiðslu allra sodium gufu eða sambærilegra (natríum) lampa	
Háþrýstur Kvikasilfursperur	Leyfðar		Stöðvun framleiðslu allra kvikasilfurs gufu lampa	
Háþrýstar Málmhalógen perur	Stöðvun framleiðslu lágnýtni málm halógen lampa			Stöðvun framleiðslu allra lágnýtni lampa
	Leyfðar			

(Skýring: **Stöðvun framleiðslu:** Ekki má framleiða þessa tegund lampa lengur. Klára má vörur af lager.

3.1 Ljómi (luminance)

Samkvæmt staðli þarf lýsing á þjóðvegum að uppfylla ákveðinn ljóma eða cd/m^2 háð umferðarhraða, umferðarpunga og umferð gangandi og hjólandi. Skilgreining á ljóma er eftirfarandi:

„Ljósstyrkur af fleti í tiltekna átt. Mælieining er candela á fermetra [cd/m^2].“ ²⁾

Veglýsing byggir að mestu á að uppfylla kröfur um ljóma. Viðfangsefnið er ljósstyrkurinn frá ljóskerinu/lampanum, sem endurkastast af yfirborði vegarins á móti auga ökumannsins. Þannig fæst skerpumunur á milli hindrunar á veginum og vegarins sjálfs. Hindrunin birtist ökumanninum sem skuggi á upplýstu yfirborði vegarins. Því er ekki nægilegt að tryggja ákveðið magn ljóstreymis frá ljóskerinu á veginn, heldur verður einnig að taka tillit til endurkastseiginleika yfirborðs vegarins.



3.2 Orka (Watt)

Mælieiningin watt (W) er fyrir afl eða afköst sem er ákveðin orka á tímaeiningu. Afl lýsir breytingu á orku þ.e.a.s. ef að hlutur tekur eða gefur eitt júl (J) á einni sekúndu er orkan eitt watt. Almennt er notast við kílówött á klukkustund (kW/klst) við sölumælingu rafmagns.

3.3 Nýtni

Nýtni lýsingar skiptist í tvo aðskilda hluti og má ekki rugla þeim saman.

1. Hlutfall þess afls sem ljósgjafinn nýtir og þess afls sem ljóskerið allt nýtir.
2. Ljósnytni (luminous efficacy) er hlutfall ljósstreymis frá ljósgjafa og þess afls sem þarf til að knýja hann eða lúmen á watt (lm/W).

Sú orka sem lampi notar fer ekki allur í ljósgjafann sjálfan. Nokkur orka breytist í hita og hluti orku lampans fer í stýringu eða straumfestu (e. ballast) lampans. Hlutfallstalan milli þeirrar orku sem ljósgjafinn nýtir og allrar orkunotkunar lampans er nýtni ljóskeis.

Ljósnytni er mælt í lm/W (lúmen á watt) og segir til um hvað ljósgjafinn nýtir mikið hlutfall orkunnar í ljósstreymi.

Tafla 3: Ljósnytni algengustu gerða ljósgjafa. ⁸⁾

Flokkur pera	Gerð	Ljósnytni (lm/W)
Glópera	Venjuleg 100W pera	Undir 20
LED (Light Emitting Diode)	Mjög margar gerðir LED eru á markaðnum.	Kringum 60. Fer mjög vaxandi með tækniþróun. Einnig mjög mismunandi eftir nánari útfærslu tækninnar
LED	Fræðileg mörk	260 - 300
Ljósbogalampar	T.d. Xenon lampar	30 – 50
Flúrperur	T.d. T12, algeng gerð flúrpípa	50 - 80
Háþrýstar perur	T.d. málmhalogen	65 - 115

Eins og sjá má í töflunni, þá er besta nýtnin í þeim perum sem mest eru notaðar við veglýsingu í dag. Hins vegar er nýtni ljóstvasta, eða LED, fræðilega séð miklu hærri. Það er því eftir miklu að slægjast að þróa LED ljóskeis til veglýsingar.

3.4 Kröfur lýsingar

Stuðst er við ritið „Götu- og veglýsing – Reglur um lýsingu gatna og vega“, gefið út af Ljóstæknifélagi Íslands. ¹⁾ Við hönnun lýsingar á götum er metinn umferðarpungi, raunhraði og skiltaður hámarkshraði vegarins. Auk þess er lagt mat á hvort og þá hvernig umferð fótgangandi er háttáð. Líkt og sjá má í töflum hér að neðan er mælt til þess að nota lýsingarflokk L6 þar sem gangandi vegfarendur eru á eða við götu. Lágmarkskröfur miðast við að meðalumferð (ÁDU) bíla sé ≤4.000 á sólarhring og hraðaflokkur 50 km/klst.

Miðað við þær kröfur (flokkur L6) sem settar eru fram í Reglum um lýsingu gatna og vega er gengið út frá því að meðalgildi ljóma á Hafnarbraut skuli vera 1 cd/m² og jafnleiki að lágmarki 0,40.

Tafla 4: Skilgreining lýsingarflokka (Ljóstæknifélag Íslands, tafla 2.2.13, Götu- og veglýsing, 3. útg. október 2007).¹⁾

Safngötur	Hraðaflokkur	Fótgangendur á akbraut	Hjólreiðafólk á akbraut	Glyja frá umferð á móti ¹⁾	Lýsingarflokkur		
					2-3 reinar	4 reinar	6 reinar
	Hár	nei	nei	já	L7a	L6	L6
		nei	nei	nei	L7b	L7a	L6
	Meðallag	nei	nei	já/nei	L7b	L7a	L6
		nei	já	já/nei	L7a	L7a	
	já	já/nei	já/nei	L6	L6		
Lágur	já	já	já/nei	LE4			

Tafla 5: Val á lýsingarflokkum, L (Ljóstæknifélag Íslands, tafla A.2.2, Götu- og veglýsing, 3. útg. október 2007).¹⁾

Lýsingarflokkar	Stofn- og tengibrautir			Safngötur o.fl.				
	L1	L3	L5	L2	L4	L6	L7a	L7b
Ljómi á þurri akbraut: Miðgildi ljóma (L _m) cd/m ² (rekstrargildi) að lágmarki *): Jafnleiki (R) að lágmarki: Jafnleiki fram á við (R _L) að lágmarki:	2,0 0,40	1,5 0,40	1,0 0,40	2,0 0,40	1,5 0,40	1,0 0,40	0,75 0,40	0,50 0,40
Ljómi á votri akbraut: Jafnleiki (R) að lágmarki:	0,20	0,20	0,15	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
Sjóndeyfíglýja: (TI) % að hámarki:	6,1	6,5	6,8	6,1	6,5	6,8	7,0	7,0
Lýsingarflokkur á næstu 3,5 m langsum á akbraut:	E1	E1	E2	E1	E1	E2	E2	E2

*) Þegar lágmarkskröfur til meðalljóma hafa slæm áhrif á útlitshönnun lýsingarkerfisins, hafi það umtalsverða útlitslega kosti í för með sér, má ljóminn vera að hámarki 10% undir þessari kröfu .

3.5 Lýsing á gangbraut

Í fyrrnefndum reglum um lýsingu gatna og vega¹⁾ er gerð krafa um lýsingu gangbrauta, grein 2.2.8.

Þar er tekið fram að

„Séu götur lýstar samkvæmt lýsingarstigi L7b, LE5 og E1 eða lægra, skal þess gætt að lýsing gangbrauta uppfylli kröfur F2“¹⁾

„Þetta á einnig við um götur án lýsingar“¹⁾



Þeir lýsingarflokkar sem þarna eru nefndir eru með eftirfarandi viðmiðunartölur:

L7b: Miðgildi ljóma að lágmarki **0,5 cd/m² (l_m)**.

Jafnleiki að lágmarki **0,4**.

LE5: Meðalbirta að lágmarki **7,0 lux**.

Jafnleiki að lágmarki **0,4**.

F2: Birta á láréttum fleti: **30 lux**.

Til samanburðar er lýsingarflokkur L6 með þessar viðmiðunartölur:

L6: Miðgildi ljóma að lágmarki **1,0 cd/m² (l_m)**.

Jafnleiki að lágmarki **0,4**.

Í verkefninu var mæld birta lýsingar á tveimur gangbrautum á Hafnarbraut. Birtan mælist í lux.



Mynd 2. Gangbraut á Hafnarbraut. GHJ, ágúst 2013.

3.6 Aðlögunarsvæði

Við lýsingu þjóðvega skal gera ráð fyrir aðlögunarsvæði. Með því er dregið úr neikvæðum áhrifum vegna þess tíma sem það tekur auga mannsins að venjast minni birtu. Þetta á við þegar ekið er út úr upplýstum vegakafla. Á þeim vegakafla sem hér er til umfjöllunar á þetta ekki við þar sem hann er upplýstur áfram bæði í norður og suður.

4. Framkvæmdin og mælingar

Hér á eftir er lýsing á aðstæðum ásamt því að gerð er grein fyrir kröfum sem er ætlað að uppfylla og gerður samanburður á mældum gildum og Reglum um lýsingu gatna og vega (Ljóstæknifélag Íslands, 3. útgáfa 2007).¹⁾

Vinna við ljósmælingar við Hafnarbraut þjóðveg nr. 82 og greiningu fór fram aðfaranótt 19. september 2013. Sigurður Jónsson yfirverkstjóri á Akureyri aðstoðaði við lokun Hafnarbrautar á meðan mælingar fóru fram.

Framkvæmdar voru ljósmælingar frá klukkan 22.00 – 2.00. Aðstæður til mælinga voru ákjósanlegar. Vegurinn var þurr, heiðskýrt veður og nánast fullt tungl. Hafnarbraut var lokað við gatnamót Kirkjuvegjar. Að auki var lokað að norðan og við þverun Stórholtssvegar að sunnan.



Mynd 3. Ljósker á ljósastaur við Hafnarbraut. Peran er háþrýst natríum. GHJ, ágúst 2013.

Í viðauka er niðurstaða útreikninga lýsingarforritsins Dialux á tveimur völdum ljósastaurabilum Hafnarbrautar. Auk þess var sett í forritið það ljósastaurabil sem mælt var í aðdraganda þessarar skýrslu. Hin bilin eru annars vegar þar sem stýst er á milli staura (35,9m) og hins vegar þar sem lengst haf er milli staura (56,8m).

4.1 Aðstæður

Við Hafnarbraut þjóðveg nr. 82 eru 13 stk., 150 W, 8 metra háir ljósastaurar.

Ljósinn tengjast inn á tvær spennistöðvar í eigu Rarik, annars vegar spennistöð nr. 51 sem stendur við Sjávargötu og hins vegar spennistöð nr. 52 sem stendur við suðurenda Hafnarbrautar. Ljósinn eru stýrð með birtunemum sem staðsettir eru utaná dreifistöðvunum.

4.2 Mælitæki

Notaður var ljósmælir Mavo-Spot2 frá Gossen Foto-und Lichtmesstechnik GmbH.

Seríunúmer: M508G/0C40471

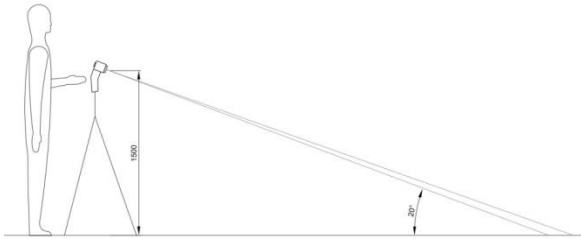
Stilltur (Calibration): 14.10.2010

Ljósmælir Elma 1335

Energy Monitor EM 231

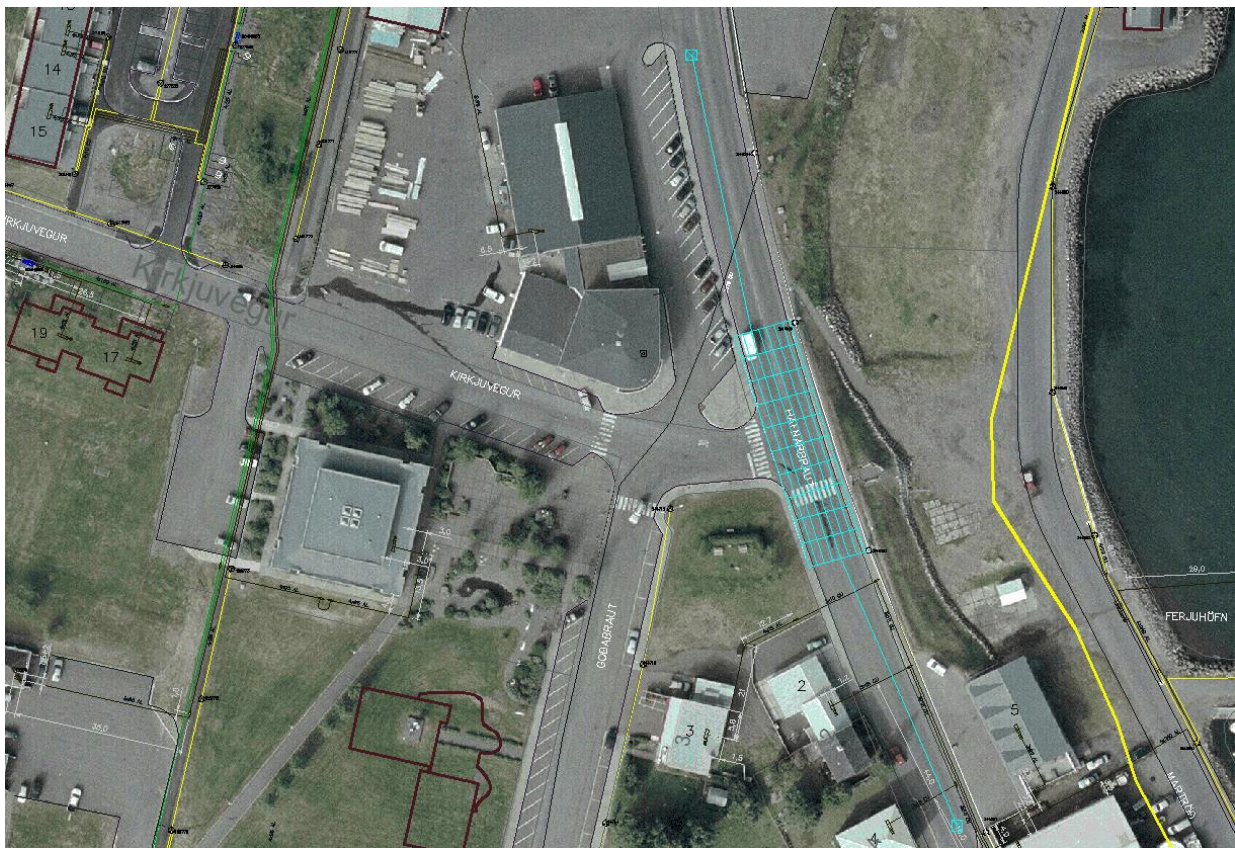
Kyoritsu Model 2012R

4.3 Ljómamæling



Ljómamæli var stillt upp á þrífæti í hæð 1,5m frá yfirborði vegarins. Mælingar voru gerðar undir u.þ.b. 20° horni. Mælingar voru gerðar frá sjónarhorni dæmigerðs ökumanns í um 60 m fjarlægð frá fremstu mörkum athugunarsvæðis (sjónarhorn ökumanns). Fjarlægð milli ljósastauranna á athugunarsvæðinu er um 50 m. Mælingar voru gerðar fyrir allt bilið á fimm metra millibili langs eftir götunni og með 8 punkta þvert á götu. Niðurstaðan er candela á m² (cd/m²).

Mynd 4: Uppstilling á ljómamæli



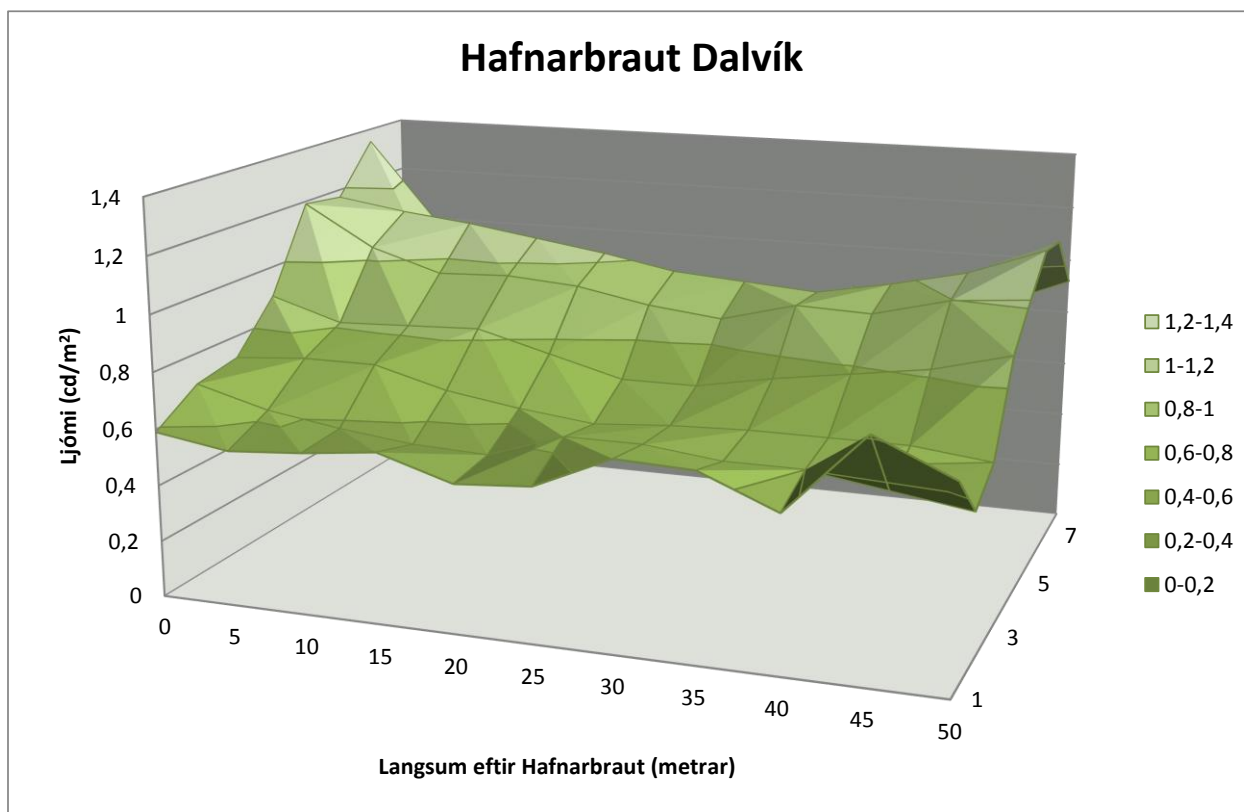
Mynd 5: Á myndinni má sjá það svæði sem mælt var með ljómamæli. Skjámynd tekin af Veggjá á vef Vegagerðarinnar.

Niðurstöður ljómamælinga má lesa í töflu 6.

Tafla 6: Ljómamæling á einu ljósabili á Hafnarbraut. Mælieining er candela á m².

metrar	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,59	0,69	0,72	0,89	1,19	1,17	1,35	0,79
5	0,55	0,62	0,74	0,81	1,04	1,13	1,05	0,7
10	0,57	0,58	0,74	0,82	0,96	1,1	0,95	0,65
15	0,6	0,55	0,67	0,83	0,97	1,06	0,85	0,66
20	0,52	0,54	0,63	0,76	0,95	1,02	0,85	0,62
25	0,54	0,63	0,6	0,69	0,9	0,97	0,86	0,6
30	0,66	0,63	0,62	0,69	0,87	0,95	0,77	0,67
35	0,65	0,6	0,63	0,74	0,94	0,93	0,8	0,84
40	0,54	0,6	0,63	0,78	0,93	0,98	0,8	0,72
45	0,82	0,56	0,63	0,82	0,998	1,04	0,97	0,81
50	0,7	0,52	0,6	0,89	1,02	1,14	1,12	0,92

Á mynd 6 má sjá í þrívídd gildi ljómamælingar tiltekens staurabils Hafnarbrautar. Hægt er að ímynda sér að horft sé frá vestari akrein. Ljósastaurar eru við austari akrein götunnar (fjær). Hæsta gildi er undir ljósastaur en lækkar milli staura og í átt að vestari akrein. Sjá má að gildi fer hæst í 1,35 cd/m² lengst vinstra megin (nyrst) en er oftast undir 1,00 cd/m² og fer niður í 0,52 cd/m².


Mynd 6: Ljómamæling eins staurabils Hafnarbrautar sett fram á myndrænan hátt.

Viðmiðunargildi staðla fyrir götu eins og Hafnarbraut er 1,00 cd/m² (lýsingarflokkur L6) en raungildi er nær því að uppfylla flokkinn L7a.



4.4 Birtumæling Hafnarbrautar

Birtumæling er gerð með birtumæli sem gefur niðurstöðu í magni ljósstreymis á tiltekinn flöt. Niðurstöður eru í einingunni Lux (lx) eða lúmen á fermetra (lm/m²).

Birtumælingin var gerð í um 80 cm hæð frá yfirborði götu til að fá samanburð á lýsingu götunnar. Mælingin var gerð langsum eftir allri Hafnarbraut eða um 560 m vegalengd. Teknar voru mælingar á 4 mismunandi punktum í hverju staurabili; a) til móts við ljósastaur á miðri eystri akrein, b) til móts við ljósastaur á miðri vestari akrein, c) mitt á milli ljósastaura á miðri eystri akrein og c) mitt á milli ljósastaura á miðri vestari akrein. Fyrstu mælingar eru við nyrsta ljósastaurinn og síðan farið eftir götunni í suður.

Tafla 7 sýnir niðurstöður birtumælinga á Hafnarbraut. Ljósú línurnar eru á móts við ljósastaur en dökku línurnar eru milli ljósastaura. Mismunur lýsingar gefur hugmynd um jafnleika lýsingarinnar á götunni.

Tafla 7: Birtumæling Hafnarbraut. Gildi eru lux (lx) eða lúmen á m² (lm/m²).

Metrar	Eystri akrein	Vestari akrein	Nýtni, Lux/W	Metrar	Eystri akrein	Vestari akrein	Nýtni, Lux/W
0	45	17	0,26	(framhald)			
21,5	13	9		292,5	25	13	
43,0	45	31	0,26	317,0	63	26	0,36
62,5	13	13		344,5	5	5	
82,0	52	37	0,3	372,0	91	32	0,51
101,0	13	12		400,5	5	6	
120,0	64	23	0,36	429,0	60	37	0,34
138,0	14	12		453,0	9	9	
156,0	77	27	0,44	477,0	20	15	0,11
180,5	5	7		498,5	9	8	
205,0	75	43	0,43	520,0	70	41	0,40
236,5	6	6		541,0	8	7	
268,0	73	57	0,42	562,0	60	23	0,34

Jafnleiki lýsingar.

Mismunur lýsingar gefur hugmynd um jafnleika lýsingarinnar á götunni. Heildar jafnleiki er útreiknað lægsta mælda gildið deilt með meðalgildinu.

$$U_0 = L_{\min} / L_m$$

Miðað við töflu 7 er jafnleiki lýsingar Hafnarbrautar frá 0,15 til 0,51. Meðaltal jafnleika er 0,33.

4.5 Birtumæling gangbrauta

Birtumælingar voru framkvæmdar á tveimur gangbrautum, annars vegar á Hafnarbraut við verslun, mynd 7 og tafla 8, og hins vegar nær gatnamótum Hafnarbrautar og Kirkjuvegar, mynd 8 og tafla 9. Gerðar voru láréttar og lóðréttar mælingar með sjónarhorn ökumanns í huga.



Mynd 7: Gangbraut á Hafnarbraut. Horft í norður. Mynd: ja.is

Tafla 8: Niðurstöður mælinga á birtu á gangbraut yfir Hafnarbraut við verslun. Eining er Lux (lx).

Vegalengd þvert á götu (m)	Syðri brún gangbrautar	Miðlína gangbrautar	Nyrðri brún gangbrautar	Meðaltal mælingar langsum (lx)
0	15,00	10,00	5,00	10,00
2,5	23,00	15,00	5,00	14,30
5	25,00	15,00	6,00	15,30
7,5	21,00	14,00	6,00	13,70
10	15,00	12,00	6,00	11,00
Meðaltal þvert á götu (lx)	20,00	13,60	6,20	12,90



Mynd 8. Gangbraut á Hafnarbraut við gatnamót Kirkjuveg. Horft í suður. BHJ, ágúst 2013.

Tafla 9: Niðurstöður mælinga á birtu á gangbraut yfir Hafnarbraut við Kirkjuveg. Eining er Lux (lx).

Vegalengd þvert á götu (m)	Syðri brún gangbrautar	Miðlína gangbrautar	Nyrðri brún gangbrautar	Meðaltal mælingar langsum (lx)
0	9,00	8,00	10,00	9,00
3,0	10,00	8,00	9,00	9,00
6,0	11,00	9,00	9,00	9,67
8,0	12,00	9,00	10,00	10,33
12,0	10,00	8,00	11,00	9,67
Meðaltal þvert á götu (lx)	10,40	8,40	9,80	9,53

Niðurstaða ljómmælingar sýnir að veglýsingin gefur að lágmarki $0,52l_m$ og að hámarki $1,35l_m$ á athugunarsvæðinu. Meðal ljómi er $0,79l_m$. Á gangbrautunum mældist birtan að meðaltali:

Hafnarbraut við Skemmuna: 12,9 lux.

Hafnarbraut við Kirkjuveg: 9,5 lux.

Sé tekið mið af þessum niðurstöðum og grein 2.2.8 í reglum um lýsingu gatna og vega ¹⁾, er lýsing á gangbrautunum ekki fullnægjandi og þarf því að vera sérstök lýsing á gangbrautum Hafnarbrautar.

4.6 Niðurstöður mælinga

Miðað við að Hafnarbraut sé skilgreind í flokknum L6 samkvæmt staðli er lýsing götunnar nokkuð undir þeim gildum sem staðallinn segir til um. Miðgildi ljóma skal vera að lágmarki 1 cd/m^2 en er að meðaltali 0,79. Hins vegar mælist meðal birta yfir viðmiðunarmörkum sem er 15 lux, sjá töflu 5. Birtan er mjög misjöfn eftir götunni og því jafnleiki lár eins og áður hefur komið fram. Niðurstaðan er um 0,33 en jafnleiki skal vera að lágmarki 0,4.

Þar sem lýsing götunnar nær ekki að uppfylla flokk L6, en er nær því að vera L7b skal lýsing á gangbrautum uppfylla lýsingarflokk F2 fyrir gangbrautir eins og áður hefur komið fram í kafla 3.5 og niðurstöður mælinga sýna. Lýsingarflokkur F5 gerir kröfu um birtu á láréttum fleti upp á 30 lux, (Götu- og veglýsing, Viðauki A5 ¹⁾). Ekkert mæligildi mælinga á gangbrautunum tveimur á Hafnarbraut sem mældar voru uppfylltu það skilyrði.



Mynd 9. Gangbraut á Hafnarbraut að kvöldi. BHJ, ágúst 2013.

Þessar niðurstöður má einnig sjá í viðauka A þar sem núverandi lýsing er sett inn í Dialux lýsingarforritið.

Niðurstaðan er því að lýsing Hafnarbrautar og lýsing gangbrauta á Hafnarbraut er undir stöðlum.



5. Tæknilegar lausnir

Nokkrar aðferðir eru í boði við stýringu veglýsingar til orkusparnaðar.⁵⁾

1. Slökkva og kveikja á ljósagreinum með stjórnbúnaði í dreifiskáp. Gerist með klukku, ljósnema, ljómmamælingu, stýringu frá öðrum dreifistöðvum, umferðarskynjurum, veðurstöðvum eða samsetningu af þessu. Stýra ljósunum nákvæmar en gert er í dag.
2. Stýribúnaður (dimming) í hverjum ljósastaur, staðstýring. Til eru óháðar einingar sem settar eru í hvern ljósastaur, sem dimma ljósgjafa staurans eftir ákveðnu forriti, t.d. Philips LLC7120/00 Chronosense Controller).⁹⁾ Tækið nemur á og af tíma lýsingar og deyfir lýsingu á völdu ákveðna tímabili á miðjum lýsingartíma ljósastauranna. Hægt er að deyfja háþrýstar perur (SON/HID ljósgjafa) um allt að 50% sem gefur um 30% orkusparnað.
3. Ljósdeyfing með stýranlegum raf ballestum, t.d. Dali stýring. Krefst þess að setja upp miðlægan stjórnbúnað og leggja stýristreng í hvern ljósastaur. Einnig er þessi búnaður til með þráðlausum samskiptum milli klasa ljósastaura.
4. Fjórða lausnin er innleiðing LED lampa eða ljósvista fyrir götulýsingar.

Eins og raforkuverð er í dag er frekar lítið að sækja með þessum aðferðum sem upp eru taldar. Allar lausnirnar kosta bæði efni og vinnu og tekur langan tíma að vinna upp kostnaðinn. Það getur þó verið skynsamlegt að skoða þessa kosti um leið og nauðsynleg endurnýjun á ljósastaurum fer fram.

Með þeirri grænu framtíð sem verður æ mikilvægari er ekki alltaf spurt um kostnað heldur hve mikla orku er hægt að spara.

5.1 AF/Á ljósastryring

Mikilvægt er að götulýsing sé til staðar þar sem hennar er þörf þegar hennar er þörf.

Með það að leiðarljósi hefur verið reynt að stýra lýsingu gatna eftir birtustigi, klukkurofa og eftir umferðarþunga og skapa þannig jafnvægi milli dagsbirtu og myrkurs án þess að skerða umferðaröryggi. Þetta er hægt að gera með sólúri (e. astronomical clock), birtunema og jafnvel umferðarteljara.

Það hefur reynt vel að spara orku og minnka viðhald ljósgjafa með því að kveikja á veglýsingu seinna og slökkva fyrr. Einnig hefur verið notuð sú aðferð að slökkva á t.d. öðrum hverjum staur á lengri vegaköflum. Þá þarf í hönnun rafdreifingar að gera ráð fyrir þessum möguleika þar sem kostnaðarsamt er að breyta dreifingunni eftirá¹.

Stýring götulýsingar á Dalvík er með birtunema á hverri dreifistöð fyrir sig. Ekki hefur verið tekið saman hve margar klukkustundir á ári götur eru lýstar en gert ráð fyrir að það séu um 4.500 klst./ár. Upplýsingar um lýsingartíma í Reykjavík eru að lýst sé í u.þ.b. 3.900 til 4.000 klst./ár. Þar er lýsingu einnig stýrt með birtunema. Samkvæmt Almanaki Háskólans, tölur fyrir Akureyri, eru á einu ári u.þ.b. 3.338 klst. milli myrkurs og birtingar² en um 4.200 klst. milli sólarlags og sólriss³. Það mætti breyta götulýsingu á Dalvík þannig að í staðin fyrir að stýra henni með birtunema væri hægt að setja sólúr sem kveikir og slekkur eftir gangi sólar. Stilla mætti tímanna þannig að kveikt yrði á lýsingu mitt á milli milli sólarlags og myrkurs og slökkt við birtingu. Þannig væri árleg lýsing í um 3.600 klst./ár. Stýring

¹ Þessi aðferð er notuð t.d. við lýsingu Reykjanesbrautar, en þar sem ekki er gert ráð fyrir þessu við hönnun lýsingarinnar er einfaldlega búið að aftengja u.þ.b. annan hvern ljósastaur brautarinnar til orkusparnaðar og sparnaðar í peruskriptum.

² „Birting og myrkur reiknast þegar sólmiðjan er 6° undir sjónbaug, en það er nálægt mörkum þess að verkljóst sé úti við.“⁷⁾

³ „Sólrís og sólarlag teljast þegar efri rönd sólar sýnist vera við sjónbaug, og er þá reiknað með að ljósbrot í andrúmsloftinu nemi 0,6°.“⁷⁾



með klukku er nákvæmari en með birtuskynjara þar sem birtuskynjarinn getur kveikt ljós á miðjum degi vegna truflana eða augnabliks veðurfarslegra áhrifa.

Tafla 10: Útreikningar á mögulegum sparnaði við notkun á vikuklukku fyrir stýringu ljósastaura, sjá tölulið 1 í kafla 5.

Verð kr/kWh: Skv. Verðskrá RARIK 1.1.2014.
 Taxti: V0110 Eingjaldstaxti, allt að 80A.
 Fastagjald: Skiptir ekki máli í útreikningi.
 Orkugjald: 4,91 kr/kWh Verð án VSK

Hafnarbraut, Dalvík.
 M.v. Daglega notkun, meðaltal: 12,32877 klst/dag
 Árlegur lýsingartími: 4.500 klst/ár (heimild: RARIK Norðurlandi)
 Fjöldi ljósastaura á athugunarsvæði: 13 stk.
 Perustærð: 150 W
 Eyðsla skv. mælingu: 178 W (77% nýtni)
 Heildarnotkun: 2.314 W
 Kílóvattstundir (kWh) á ári: 10.413 kWh/ár
 Kostnaður á ári: 51.128 kr./ár án VSK

Miðað við tölur um sólarganginn í almanaki Háskólans
 Frá myrkri til birtingar: 3.338 klst/ár
 Frá sólarlagi til sólriss: 4.188 klst/ár
 Birtustíli skipt út fyrir sólarúr sem miðar við að kveikingatími sé milli sóllarlags og myrkurs.
 Áætlaður fjöldi klukkustunda: 3.763 klst/ár
 Kílóvattstundir (kWh) á ári: 8.708 kWh/ár
 Kostnaður á ári: 42.754 kr./ár án VSK

Sparnaður: 8.374 kr/ár

Árlegur sparnaður fyrir þá 13 ljósastaura sem hér eru til umfjöllunar er því um 8.400 kr/ári. Í staðin fyrir birtunema er hér gert ráð fyrir að nota fyrirframstilltan klukkurofa eða sólúr. Til eru margar gerðir af klukkurofum allt eftir því hvaða virkni óskað er eftir. Þeir fullkomnustu eru GPS stýrðir með GSM upphringimöguleika til stýringa og eftirlits. Venjuleg vikuklukka sem mikið er notuð hér á landi kostar innan við 25 þúsund krónur. Hún getur stjórnað öllum staurunum, ef þeir eru á sér grein og mælingu frá dreifistöð.

Ókostur við að stýra ljósastaurum Vegagerðarinnar með þessum hætti er að þá gæti orðið misræmi í lýsingu Vegagerðarinnar og RARIK í bæjarfélaginu.

5.2 Ljósdeyting - stjórnening fyrir hvern ljósastaur

Hér verður gerð athugun á því hve mikið er hægt að spara í rekstri á þeim staurum sem til athugunar eru á Hafnarbraut á Dalvík, töluliður 2 í tæknilegum lausnum.

Forsendur sem gefnar eru í dæminu eru þær að tækið sé stillt á dimmingu í 1:30 klst fyrir miðtíma lýsingar og í 4:30 klst eftir miðtíma lýsingar, samtals í 6 klst á hverri nóttu sem ljós lýsa.



Tafla 11: Útreikningar á mögulegum sparnaði við notkun á sjálfstæðum ljósdeyfingum fyrir ljósastaura, sjá tölu 2 í kafla 5.

Verð kr/kWh: Skv. Verðskrá RARIK 1.1.2014.
 Taxti: V0110 Eingjaldstaxti, allt að 80A.
 Fastagjald: Skiptir ekki máli í útreikningi.
 Orkugjald: 4,91 kr/kWh Verð án VSK

Hafnarbraut, Dalvík.
 M.v. Daglega notkun, meðaltal: 12,33 klst/dag
 Árlegur lýsingartími: 4.500 klst/ár (heimild: RARIK Norðurlandi)
 Fjöldi ljósastaura á athugunarsvæði: 13 stk.
 Perustærð: 150 W
 Eyðsla skv. mælingu: 178 W (77% nýtni)
 Heildarnotkun: 2.314 W
 Kílóvattstundir (kWh) á ári: 10.413 kWh/ár
 Kostnaður á ári: 51.128 kr./ár án VSK

Útreikningar á mögulegum sparnaði við sjálfvirka dimmingu um miðja nótt:

Dimming með Philips Chronosense Controller.

Dimming um 50%, þýðir sparnað upp á: 30%
 Fjöldi stunda sem dimming virkar: 1.650 klst/ár M.v. 6 klst/nóttu.
 Kílóvattstundir (kWh) á ári (fullt álag): 6.595 kWh/ár
 Kílóvattstundir (kWh) á ári (dimmað): 2.673 kWh/ár
 9.268 kWh/ár
 Kostnaður á ári: 45.504 kr./ár án VSK

Sparnaður: 5.624 kr/ár

Niðurstaðan er sú að hægt er að spara samtals 5.624 kr/ári án VSK með þessum búnaði í öllum 13 ljósastaurunum. Hins vegar kostar búnaðurinn á listaverði í Bretlandi um £ 57,00 sem gerir tæpar 11 þúsund ÍSK fyrir hvern ljósastaur. Þá er ekki meðtalin vinna við að koma búnaðinum fyrir og kostnaður við útskiptingu á straumfestum í lömpunum því búnaðurinn krefst þess að straumfestur þoli deyfingu.

Þetta dæmi sýnir að það getur ekki borgað sig að fjárfesta í þessum búnaði eins og verðskrá orkufyrirtækjanna er.

5.3 Miðlæg ljósdeyfing

Þeir ljósgjafar sem nú eru nánast alfarið ráðandi í lýsingu á þjóðvegum eru ekki hentugir til ljósdeyfingar með raf straumfestum (ballestum). Háþrýstar natríumperur ljósdeyfast í mesta lagi um 50%. Orkusparnaður í hámarksdeyfingu er aðeins um helmingur af þeirri tölu. Setja þarf upp miðlæga stýringu, annað hvort með því að leggja stýristreng í hvern ljósastaur sem tengjast saman í t.d. dreifistöð, eða setja þráðlausa stýringu í hvern ljósastaur. Þessi aðferð er ekki hagkvæm og er á undanhaldi hjá nágrannaþjóðunum, sérstaklega vegna þess að LED ljósgjafar eru væntanlega framtíðarlausnin og þá er hægt að deyfa frá 0 – 100%. Þessi möguleiki verður því ekki skoðaður nánar hér.

5.4 Ljóstvistar (LED)

Almennt

Mjög mikil framþróun er í framleiðslu á LED lömpum fyrir götu- og borgarlýsingu og koma nýjungar fram á hverju ári. Mikill fjöldi framleiðenda býður LED lampa fyrir útilýsingu og gæðin eru mismikil eftir framleiðendum. Ljósnotni (ljósstreymi á afl, lúmen/Watt) fer sífellt hækkandi og líftími ljóstvista (LED) lengist og er algengt að framleiðendur ábyrgist 50.000 klukkustunda endingu. Varðandi líftíma á rafeinda-drifbúnað LED lampa (e. driver) þá eru margir framleiðendur sem annað hvort gefa hann ekki upp eða að hann er töluvert styttri en líftími LED lampans. Þróunin hefur þó verið í þá átt að líftími rafeindabúnaðar hefur lengst og framleiðendur eru smám saman farnir að gefa upp líftíma rafeindabúnaðar jafnt og líftíma LED ljósgjafans.

Einnig eru upplýsingar um jöfn litgæði díóða mjög mismunandi eftir framleiðendum.

Á málþingi Ljóstæknifélags Ísland um Lýsingarhönnun í þéttbýli sem haldið var föstudaginn 7. febrúar 2014 kom fram hjá fyrirlesurum sem sjá um borgarlýsingar, t.d. fulltrúa OR sem eru búnir að vera með tilraunir með LED götulýsingu frá árinu 2009, að tilraunir með LED lýsingu reyndust gefa mjög mismunandi niðurstöðu og líftími LED lampanna stóðust ekki alltaf upplýsingar frá framleiðendum.

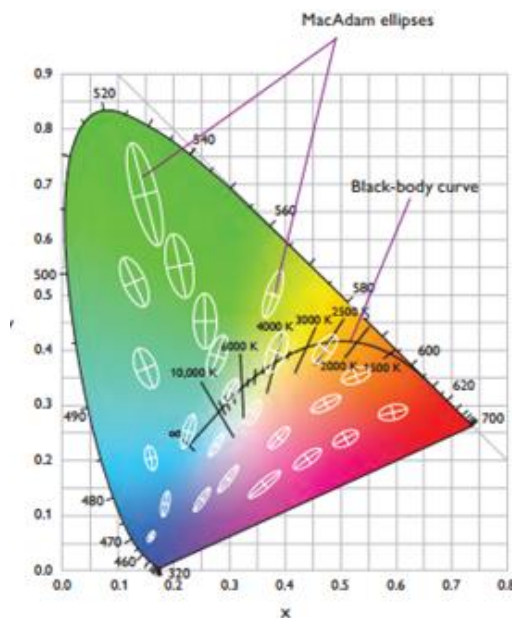
Lýsingarhönnuður frá Malmö í Svíþjóð var einnig með athugasemdir við innleiðingu LED lýsingar og vistvæna endurnýtingu LED búnaðarins sem Svíar eru ekki hrifnir af, en úreltur búnaður er sendur til endurvinnslu til Afríku eða Indlands. LED lampar eru almennt ekki komnir á þann stað í þróun að þeir taki við eldri gerðum af ljósgjöfum s.s. háþrýstum natríum- og málmhalogen perum.

Æskilegt er þó að skoða notkun LED lýsingar við sérstakar aðstæður og gera samanburð við hefðbundna lýsingu. Þetta hefur nú þegar verið gert við eina götu í Reykjavík.

Helstu kostir og gallar LED lýsingar eru:

Kostir

Lengri líftími og minna viðhald, er orkusparandi miðað við háþrýsta kvikasilfur-peru. Einnig eru betri og fjölbreyttari möguleikar á að vera með stýringu til að minnka ljósmagnið eftir álagi og notkun. Framarlega í stýringum eru Philips með Dynadimmer sem hægt er að stýra miðlægt eða lamparnir koma fyrirfram forritaðir t.d. til að minnka ljósmangið á nóttunni, sem sparar orku og eykur líftíma ljósgjafans. Hægt er að dimma LED frá 0 til 100%.



Mynd 10: Myndin sýnir þá liti sem mannsaugað greinir. Inni í kúrfunni er ferill sem sýnir litahitastig, frá 1500 til 10.000K (kelvin)

Optibin: Color Consistency for Color and White-Light LEDs

Color consistency is an index of light quality for both color and white-light LEDs. Where white light is concerned, correlated color temperature, or CCT, describes whether white light appears warm (reddish), neutral, or cool (bluish). The standard definitions of CCT allow a range of variation in chromaticity that can be readily discerned by viewers even when the CCT value is the same. Ensuring color consistency, therefore, is a major concern of LED manufacturers, who devise methods to keep color variations under tight control.

	ANSI Chromaticity Standard†		eW Cove MX Powercore‡	
	CCT Range	Allowed Variation	Measured CCT	Actual Variation
2700 K	2725 K ± 145 K	5.3%	2775 K +50 K	1.8%
3000 K	3045 K ± 175 K	5.7%	3006 K -39 K	1.3%
3500 K	3465 K ± 245 K	7.1%	3345 K -120 K	3.5%
4000 K	3985 K ± 275 K	6.9%	3955 K -30 K	0.8%

† ANSI Chromaticity Standard C78.377A
‡ eW Cove MX Powercore color reports



Gallar

Lampaverð er nokkuð hátt enn sem komið er og spurning hvort fjárfestingin borgi upp verðmuninn á líftíma lampans þar sem orkuverð á Íslandi er töluvert lægra en hjá nágrannalöndunum eða í þeim löndum sem helstu framleiðendur LED eru. Því þarf að taka með ákveðnum fyrirvara upplýsingum framleiðenda um orkusparnað. Rafeindabúnaður og drif (e. driver) fyrir LED lampa eru með skemmri líftíma en ljósgjafinn sjálfur, en sem komið er.

Samantekt LED

Ljósnytni ljóstvista hefur aukist með aukinn framleiðslu og þróun síðan þeir voru fyrst kynntir til sögunnar til almennrar lýsingar. Búist er við því að þessi þróun haldi áfram, þökk sé nýjum eignum, betri framleiðsluaðferðum og nýjum stillingum lampa. Ljósnytni ljóstvista er vel samkeppnisfær við hefðbundnar lausnir. Þó skal athuga að breytileiki framleiðslu LED er mjög mikil og þróunin er mjög hröð. Það er heldur ekki rétt að einblína á ljósnytnina, önnur einkenni eru líka mikilvæg eins og litahitastig, ljósstyrkur, dreifing og ljósdeyfanleiki ljósgjafans.⁸⁾

6. Heimildaskrá

- ¹ Ljóstæknifélag Íslands, 2007. *Götu- og veglýsing – Reglur um lýsingu gatna og vega*. Ljóstæknifélag Íslands, 3. útgáfa október 2007.
- ² Vegagerðin/VBS Verkfræðistofa, 2009. *Veglýsing utan þéttbýlis – leiðbeiningar*. Vegagerðin/VBS Verkfræðistofa, nóvember 2009.
- ³ Vejdirektoratet, 1999. *Vejbelysning – Vejreglar for vejbelysning*. Vejdirektoratet - Vejregelrådet í Danmörku, mars 1999
- ⁴ Nordisk Møde for Forbedret Vejudstyr, 2012. *Lighting – Efficiency and Efficacy of Road Lighting*. 2012.
- ⁵ Statens vegvesen, 2013. *Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning, Håndbok 264*. Statens vegvesen – Vegdirektoratet 2013 (Norge)
- ⁶ Philips, *Professional Lighting Solutions 2013 – 2014*.
- ⁷ Raunvísindastofnun Háskólans, 2013. *Almanak um árið 2014*. Raunvísindastofnun Háskólans, Þorsteinn Sæmundsson og Gunnlaugur Björnsson, 2013.
- ⁸ U.S.Department of Energy, 2013. *Energy Efficiency of LEDs*. U.S.Department of Energy, mars 2013. (<http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/>)
- ⁹ Philips, LLC7120/00 Chronosense Controller, október 2009.
- ¹⁰ Norwegian University of Science and Technology, 2009, Road lighting and Traffic Safety – Do we need Road Lighting?, PhD. Per Ole Wanvik

Viðaukar

Niðurstöður útreikninga lýsingarhönnunar hugbúnaðarins Dialux eru meðfylgjandi sem viðaukar:

- | | |
|---------------------|---|
| Viðauki A | Hafnarbraut, útreikningur ljósastaurabils sem mælt var ljómamælingu, sjá kafla 4.3. |
| Viðauki B
metra. | Hafnarbraut, útreikningur ljósastaurabils sem er með stysta bil milli ljósastaura, 36 metra. |
| Viðauki C
metra. | Hafnarbraut, útreikningur ljósastaurabils sem er með lengsta bil milli ljósastaura, 57 metra. |

Viðauki A Birtuútreikningar Dialux athugunarsvæðið

Project 4



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

PHILIPS SGS203 1xSON-TTP150W PC P5 / Luminaire Data Sheet

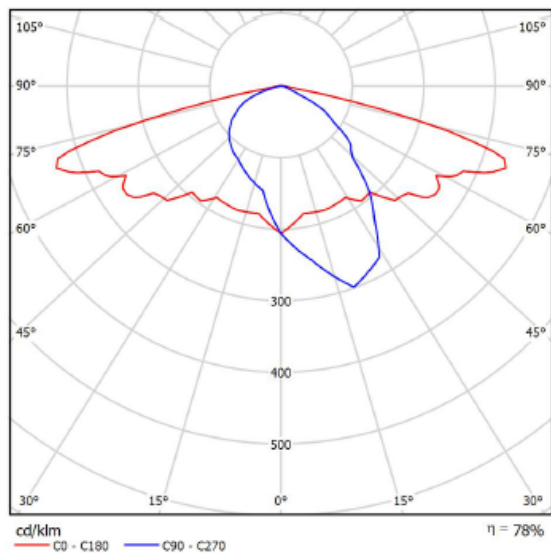
Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 37 71 96 100 78

SGS203/403 – precision lighting

SGS203/403 is a modular luminaire in contemporary style for safe and comfortable driving, and for area illumination, with low energy and maintenance costs. It offers a choice of canopies and a bowl or minimal-glare flat glass. Dedicated optics optimize beam control and maximize light output. Five different reflector positions allow precise control of beam direction. Energy savings are possible, for instance with the Chronosense dimming system (no pilot cable required).



Due to missing symmetry properties, no UGR table can be displayed for this luminaire.



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

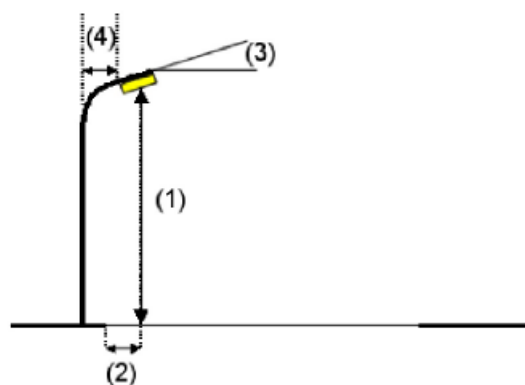
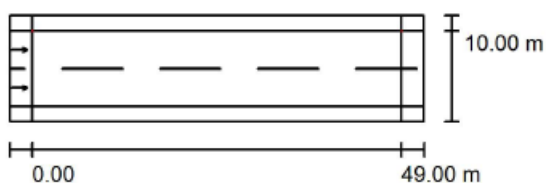
Street 1 / Planning data

Street Profile

Sidewalk 2 (Width: 2.000 m)
Hafnarbraut (Width: 10.000 m, Number of lanes: 2, tarmac: R3, q0: 0.070)
Sidewalk 1 (Width: 2.000 m)

Light loss factor: 0.67

Luminaire Arrangements

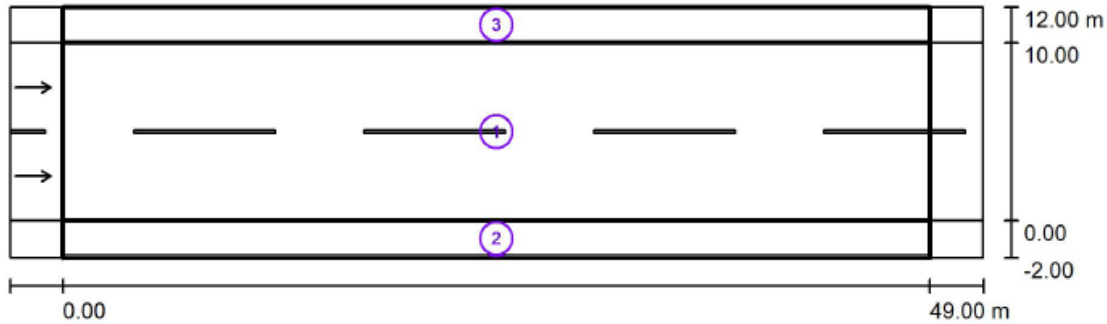


Luminaire:	PHILIPS SGS203 1xSON-TPP150W PC P5	
Luminous flux (Luminaire):	13650 lm	Maximum luminous intensities
Luminous flux (Lamps):	17500 lm	at 70°: 467 cd/klm
Luminaire Wattage:	169.0 W	at 80°: 29 cd/klm
Arrangement:	Single row, top	at 90°: 3.12 cd/klm
Pole Distance:	49.000 m	Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.
Mounting Height (1):	8.000 m	Arrangement complies with luminous intensity class G3.
Height:	7.999 m	Arrangement complies with glare index class D.6.
Overhang (2):	0.000 m	
Boom Angle (3):	0.0 °	
Boom Length (4):	1.500 m	



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Photometric Results



Light loss factor: 0.67

Scale 1:394

Calculation Field List

- 1 Hafnarbraut
Length: 49.000 m, Width: 10.000 m
Grid: 17 x 6 Points
Accompanying Street Elements: Hafnarbraut.
tarmac: R3, q0: 0.070
Selected Lighting Class: ME4a

(Not all lighting performance requirements are met.)

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Calculated values:	0.69	0.17	0.27	26	0.45
Required values according to class:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Fulfilled/Not fulfilled:	✘	✘	✘	✘	✘

Street 1 / Photometric Results

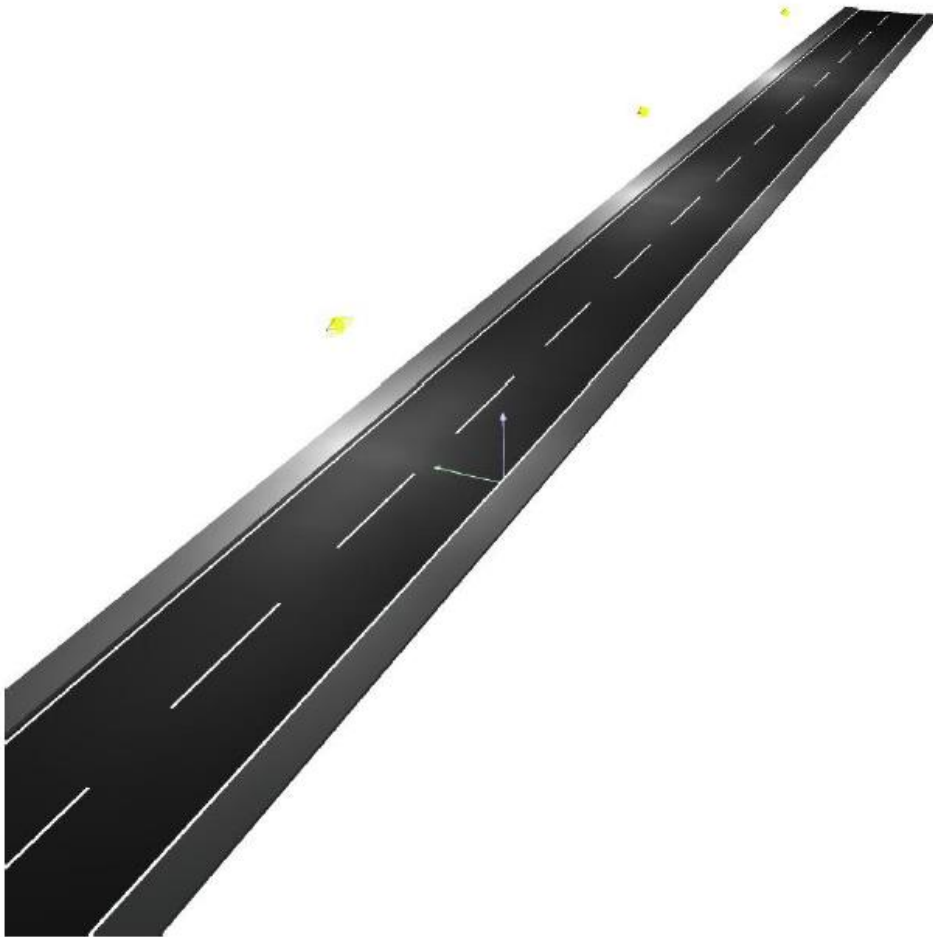
Calculation Field List

2	Valuation Field Sidewalk 1 Length: 49.000 m, Width: 2.000 m Grid: 17 x 3 Points Accompanying Street Elements: Sidewalk 1. Selected Lighting Class: CE5	(Not all lighting performance requirements are met.)		
	Calculated values:		E_{av} [lx]	U0
	Required values according to class:		2.12	0.50
	Fulfilled/Not fulfilled:		≥ 7.50	≥ 0.40
			✗	✓
3	Valuation Field Sidewalk 2 Length: 49.000 m, Width: 2.000 m Grid: 17 x 3 Points Accompanying Street Elements: Sidewalk 2. Selected Lighting Class: CE5	(Not all lighting performance requirements are met.)		
	Calculated values:		E_{av} [lx]	U0
	Required values according to class:		10.04	0.27
	Fulfilled/Not fulfilled:		≥ 7.50	≥ 0.40
			✓	✗



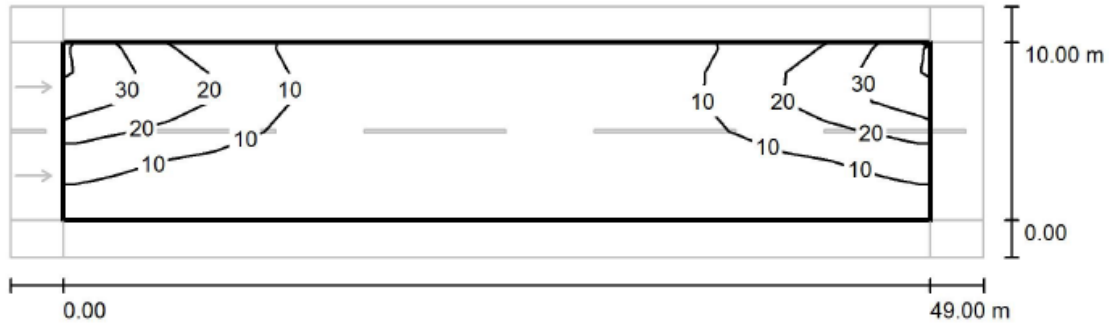
Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / 3D Rendering



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 394

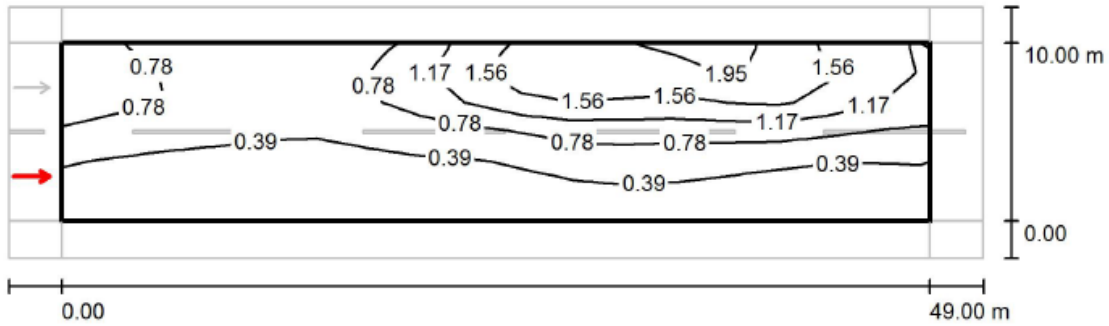
Grid: 17 x 6 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
10	2.18	38	0.209	0.058



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Observer 1 / Isolines (L)



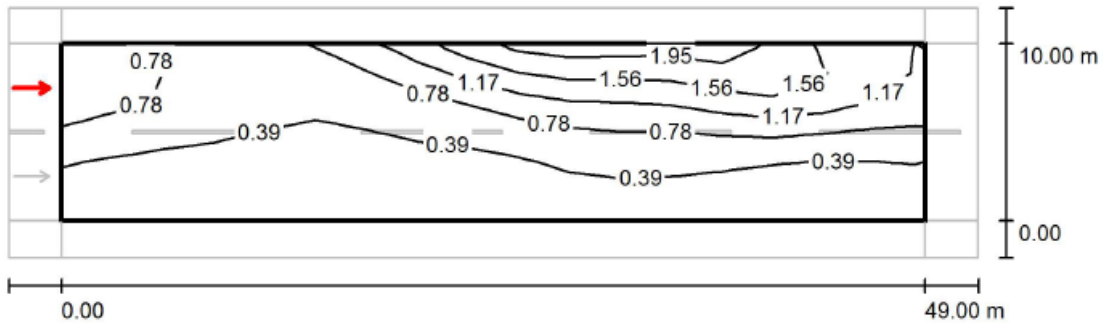
Values in Candela/m², Scale 1 : 394

Grid: 17 x 6 Points
Observer Position: (-60.000 m, 2.500 m, 1.500 m)
tarmac: R3, q0: 0.070

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Calculated values:	0.75	0.17	0.48	7
Required values according to class ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✗	✗	✓

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Observer 2 / Isolines (L)



Values in Candela/m², Scale 1 : 394

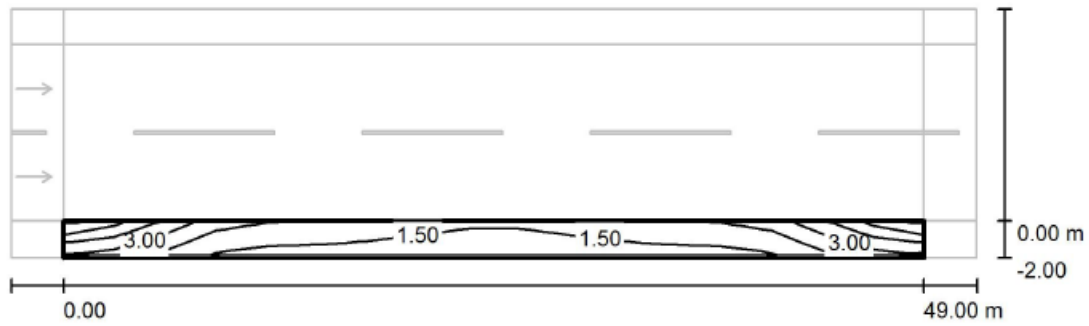
Grid: 17 x 6 Points
Observer Position: (-60.000 m, 7.500 m, 1.500 m)
tarmac: R3, q0: 0.070

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Calculated values:	0.69	0.18	0.27	26
Required values according to class ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Fulfilled/Not fulfilled:	✗	✗	✗	✗



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Valuation Field Sidewalk 1 / Isolines (E)



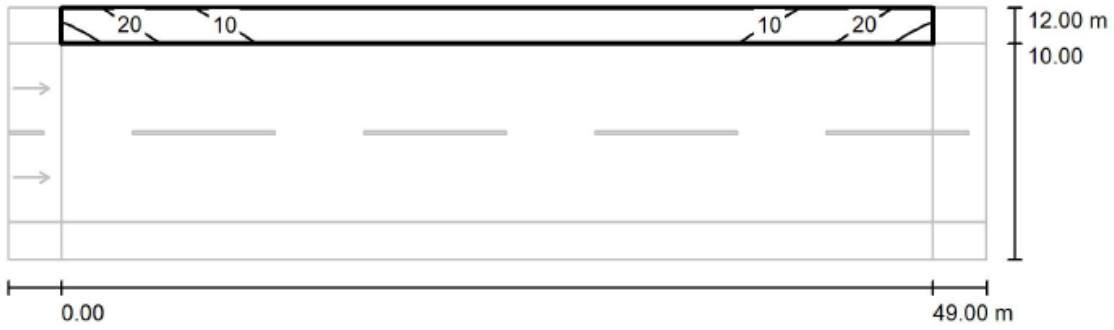
Values in Lux, Scale 1 : 394

Grid: 17 x 3 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
2.12	1.05	4.82	0.496	0.218

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Valuation Field Sidewalk 2 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 394

Grid: 17 x 3 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
10	2.74	31	0.273	0.088

Viðauki B Birtuútreikningar Dialux – besta tilfelli

(Fyrsta blaðsíða: Sama og í viðauka A, bls.A-1.)

Project 4



DIALux

28.02.2014

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

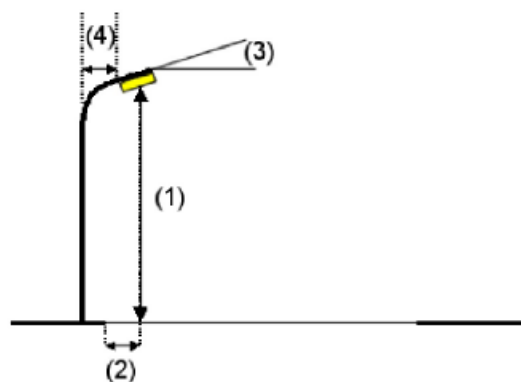
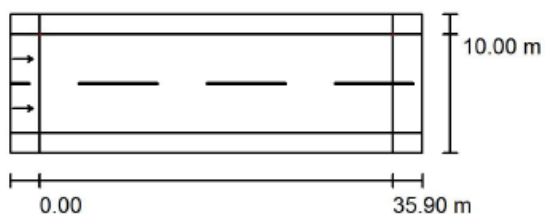
Street 1 / Planning data

Street Profile

Sidewalk 2 (Width: 2.000 m)
Hafnarbraut (Width: 10.000 m, Number of lanes: 2, tarmac: R3, q0: 0.070)
Sidewalk 1 (Width: 2.000 m)

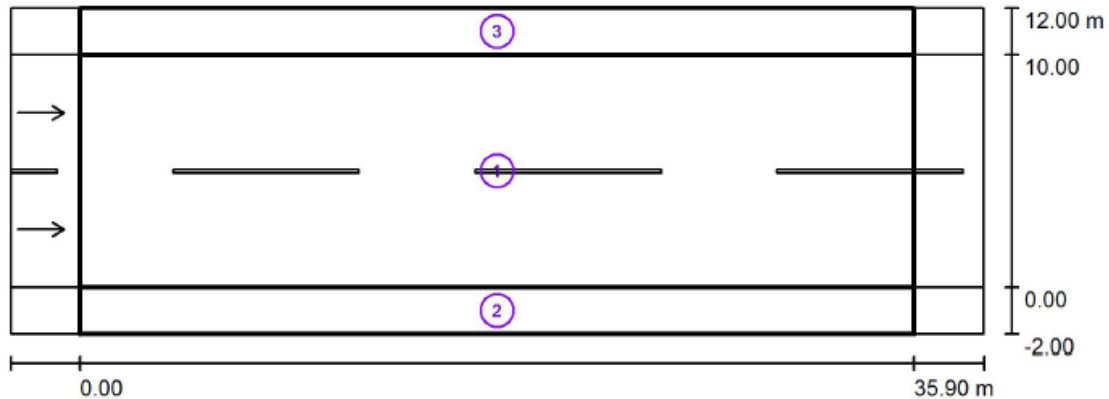
Light loss factor: 0.67

Luminaire Arrangements



Luminaire:	PHILIPS SGS203 1xSON-TPP150W PC P5	
Luminous flux (Luminaire):	13650 lm	Maximum luminous intensities
Luminous flux (Lamps):	17500 lm	at 70°: 467 cd/klm
Luminaire Wattage:	169.0 W	at 80°: 29 cd/klm
Arrangement:	Single row, top	at 90°: 3.12 cd/klm
Pole Distance:	35.900 m	Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.
Mounting Height (1):	8.000 m	Arrangement complies with luminous intensity class G3.
Height:	7.999 m	Arrangement complies with glare index class D.6.
Overhang (2):	0.000 m	
Boom Angle (3):	0.0 °	
Boom Length (4):	1.500 m	


 Operator
 Telephone
 Fax
 e-Mail

Street 1 / Photometric Results


Light loss factor: 0.67

Scale 1:300

Calculation Field List

- 1 Hafnarbraut
 Length: 35.900 m, Width: 10.000 m
 Grid: 12 x 6 Points
 Accompanying Street Elements: Hafnarbraut.
 tarmac: R3, q_0 : 0.070
 Selected Lighting Class: ME4a

(Not all lighting performance requirements are met.)

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Calculated values:	0.93	0.20	0.56	20	0.45
Required values according to class:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✗	✗	✗	✗

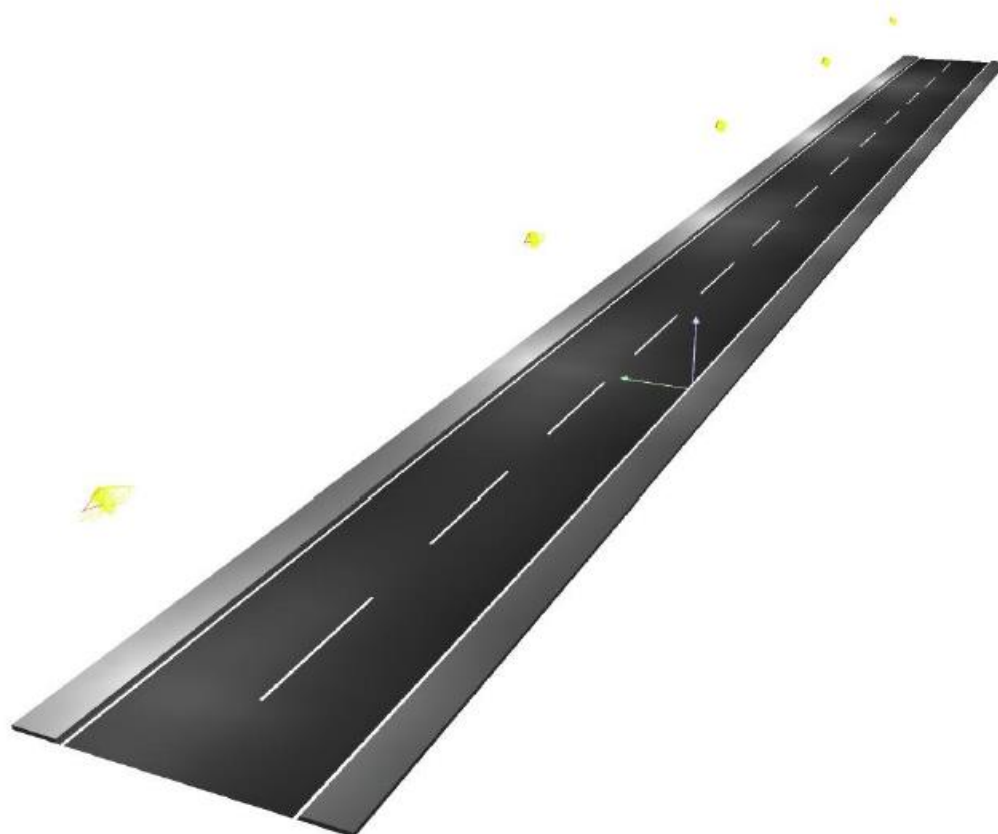

 Operator
 Telephone
 Fax
 e-Mail

Street 1 / Photometric Results

Calculation Field List

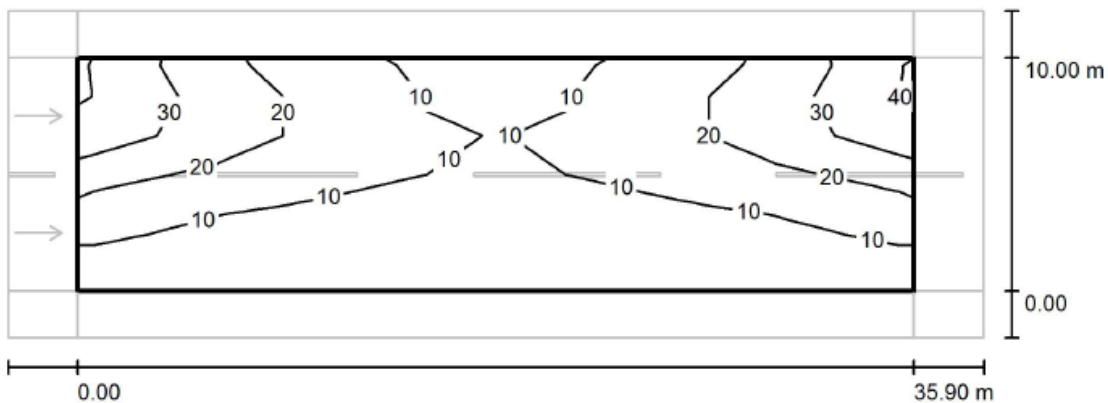
2	Valuation Field Sidewalk 1 Length: 35.900 m, Width: 2.000 m Grid: 12 x 3 Points Accompanying Street Elements: Sidewalk 1. Selected Lighting Class: CE5	(Not all lighting performance requirements are met.)		
	Calculated values:	E_{av} [lx]	U0	
	Required values according to class:	2.91	0.64	
	Fulfilled/Not fulfilled:	≥ 7.50	≥ 0.40	
		✗	✓	
3	Valuation Field Sidewalk 2 Length: 35.900 m, Width: 2.000 m Grid: 12 x 3 Points Accompanying Street Elements: Sidewalk 2. Selected Lighting Class: CE5	(Not all lighting performance requirements are met.)		
	Calculated values:	E_{av} [lx]	U0	
	Required values according to class:	13.70	0.39	
	Fulfilled/Not fulfilled:	≥ 7.50	≥ 0.40	
		✓	✗	

Street 1 / 3D Rendering



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 300

Grid: 12 x 6 Points

E_{av} [lx]
14

E_{min} [lx]
4.28

E_{max} [lx]
38

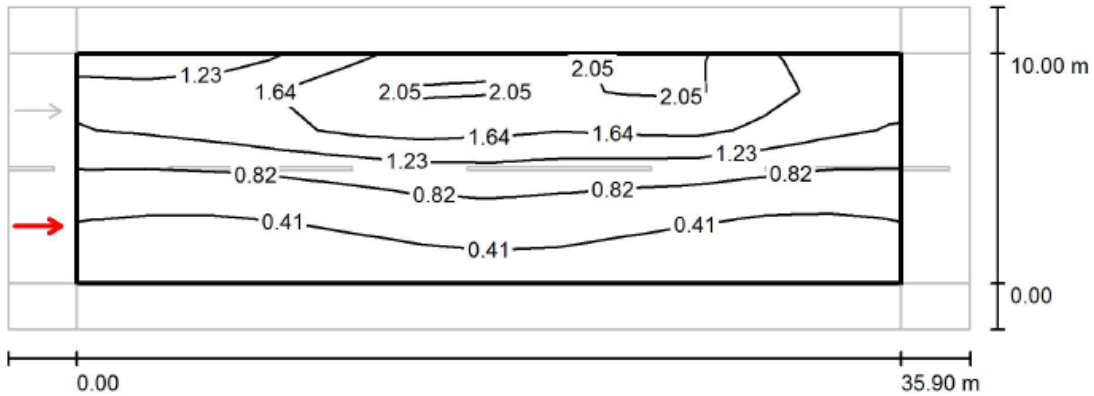
$u0$
0.302

E_{min} / E_{max}
0.114



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Observer 1 / Isolines (L)



Values in Candela/m², Scale 1 : 300

Grid: 12 x 6 Points

Observer Position: (-60.000 m, 2.500 m, 1.500 m)

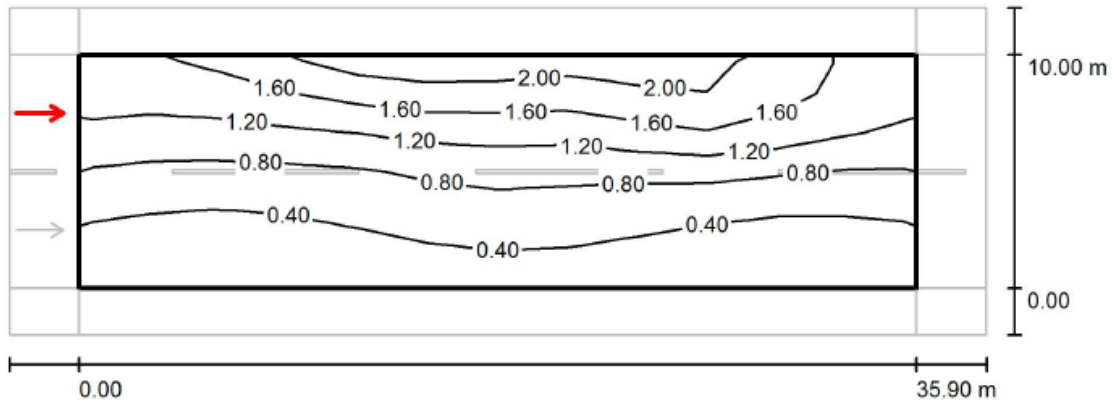
tarmac: R3, q0: 0.070

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Calculated values:	1.02	0.20	0.56	5
Required values according to class ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✗	✗	✓



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Observer 2 / Isolines (L)



Values in Candela/m², Scale 1 : 300

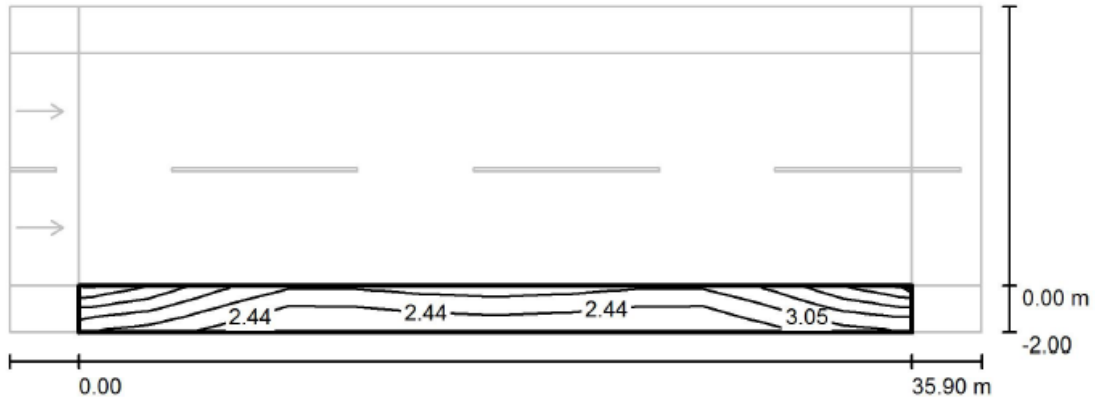
Grid: 12 x 6 Points
Observer Position: (-60.000 m, 7.500 m, 1.500 m)
tarmac: R3, q0: 0.070

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Calculated values:	0.93	0.21	0.64	20
Required values according to class ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✗	✓	✗



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Valuation Field Sidewalk 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 300

Grid: 12 x 3 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
2.91	1.86	4.93	0.640	0.377



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Valuation Field Sidewalk 2 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 300

Grid: 12 x 3 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
14	5.32	31	0.389	0.170

Viðauki C Birtuútreikningar Dialux – versta tilfelli

(Fyrsta blaðsíða: Sama og í viðauka A, bls.A-1.)

Project 4



DIALux

28.02.2014

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

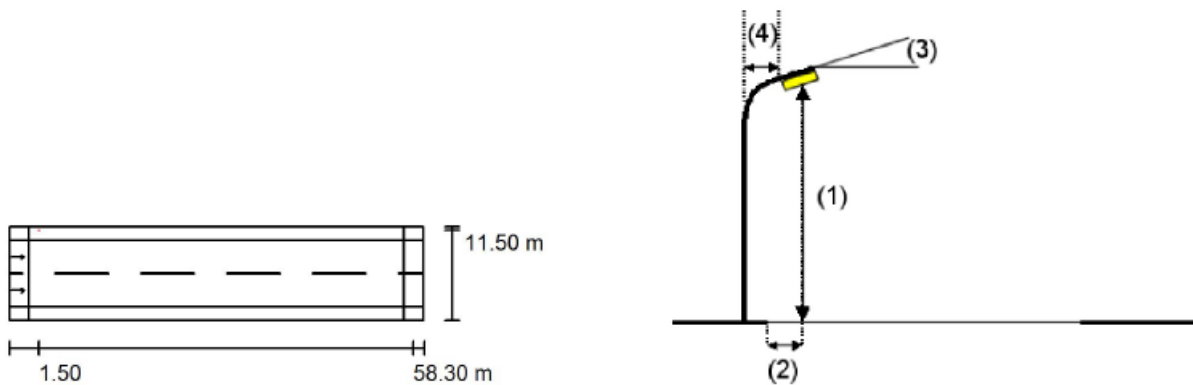
Street 1 / Planning data

Street Profile

Sidewalk 2 (Width: 2.000 m)
Hafnarbraut (Width: 10.000 m, Number of lanes: 2, tarmac: R3, q0: 0.070)
Sidewalk 1 (Width: 2.000 m)

Light loss factor: 0.67

Luminaire Arrangements

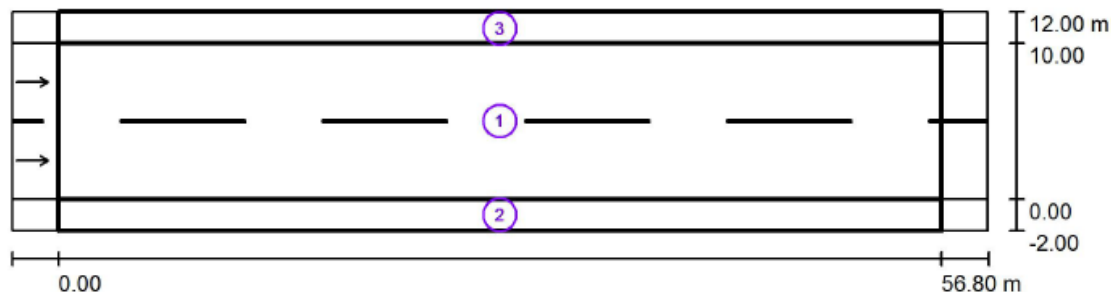


Luminaire:	PHILIPS SGS203 1xSON-TPP150W PC P5	Maximum luminous intensities
Luminous flux (Luminaire):	13650 lm	at 70°: 467 cd/klm
Luminous flux (Lamps):	17500 lm	at 80°: 29 cd/klm
Luminaire Wattage:	169.0 W	at 90°: 3.12 cd/klm
Arrangement:	Single row, top	Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.
Pole Distance:	56.800 m	Arrangement complies with luminous intensity class G3.
Mounting Height (1):	8.000 m	Arrangement complies with glare index class D.6.
Height:	7.999 m	
Overhang (2):	-1.500 m	
Boom Angle (3):	0.0 °	
Boom Length (4):	1.500 m	



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Photometric Results



Light loss factor: 0.67

Scale 1:449

Calculation Field List

- 1 Hafnarbraut
Length: 56.800 m, Width: 10.000 m
Grid: 19 x 6 Points
Accompanying Street Elements: Hafnarbraut.
tarmac: R3, q0: 0.070
Selected Lighting Class: ME4a

(Not all lighting performance requirements are met.)

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Calculated values:	0.18	0.06	0.02	5	0.99
Required values according to class:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Fulfilled/Not fulfilled:	✗	✗	✗	✓	✓



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Photometric Results

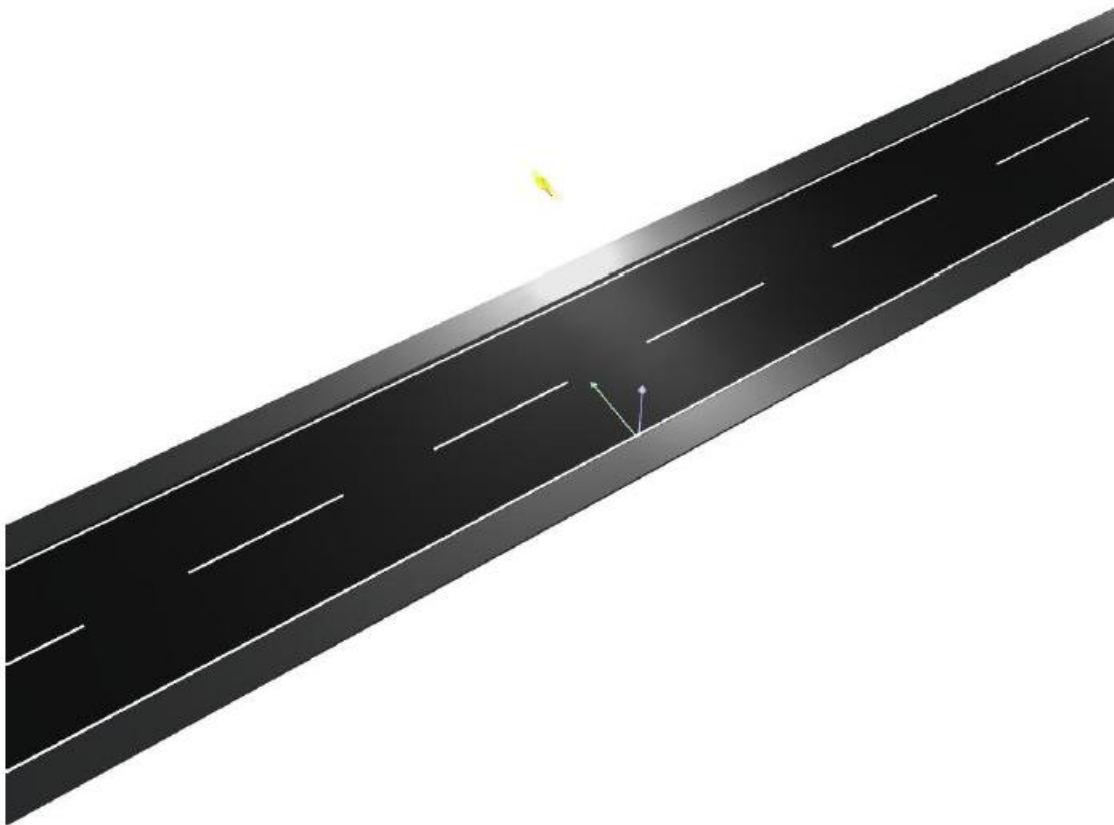
Calculation Field List

2	Valuation Field Sidewalk 1 Length: 56.800 m, Width: 2.000 m Grid: 19 x 3 Points Accompanying Street Elements: Sidewalk 1. Selected Lighting Class: CE5	(Not all lighting performance requirements are met.)		
	Calculated values:		E_{av} [lx]	U0
	Required values according to class:		2.25	0.06
	Fulfilled/Not fulfilled:		≥ 7.50	≥ 0.40
			✗	✗
3	Valuation Field Sidewalk 2 Length: 56.800 m, Width: 2.000 m Grid: 19 x 3 Points Accompanying Street Elements: Sidewalk 2. Selected Lighting Class: CE5	(Not all lighting performance requirements are met.)		
	Calculated values:		E_{av} [lx]	U0
	Required values according to class:		8.00	0.01
	Fulfilled/Not fulfilled:		≥ 7.50	≥ 0.40
			✓	✗



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

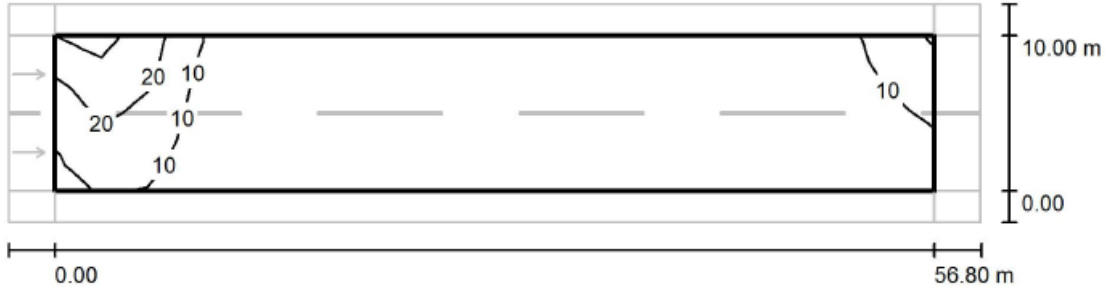
Street 1 / 3D Rendering





Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 449

Grid: 19 x 6 Points

E_{av} [lx]
4.64

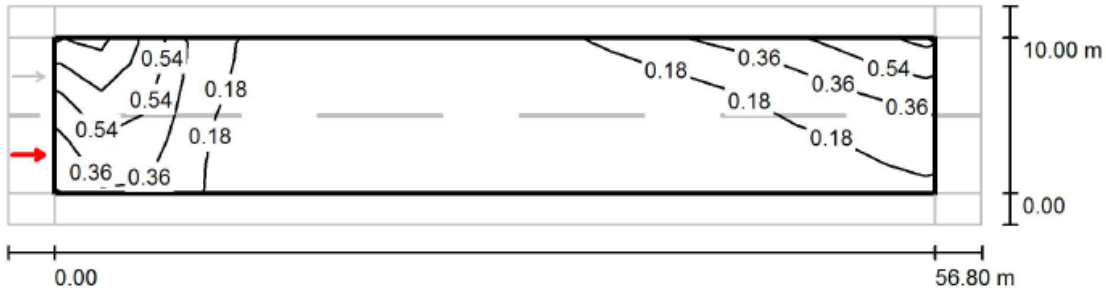
E_{min} [lx]
0.10

E_{max} [lx]
33

u0
0.023

E_{min} / E_{max}
0.003


 Operator
 Telephone
 Fax
 e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Observer 1 / Isolines (L)

 Values in Candela/m², Scale 1 : 449

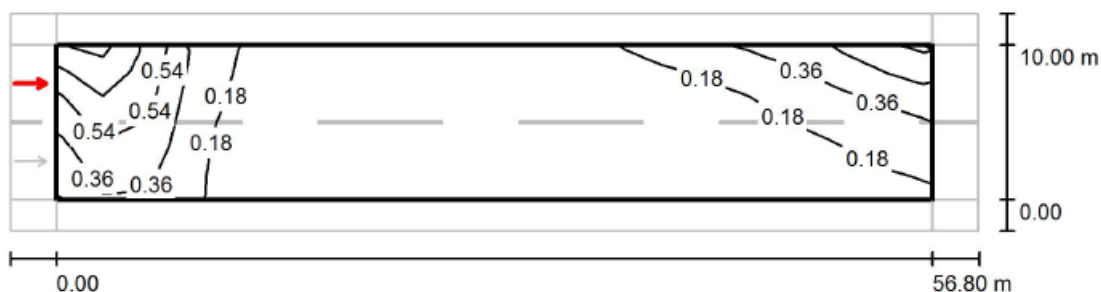
 Grid: 19 x 6 Points
 Observer Position: (-60.000 m, 2.500 m, 1.500 m)
 tarmac: R3, q0: 0.070

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Calculated values:	0.19	0.06	0.02	3
Required values according to class ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Fulfilled/Not fulfilled:	✗	✗	✗	✓



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Hafnarbraut / Observer 2 / Isolines (L)



Values in Candela/m², Scale 1 : 449

Grid: 19 x 6 Points

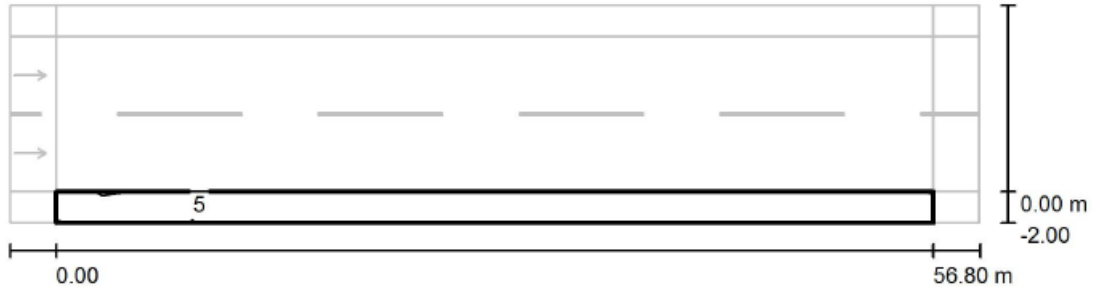
Observer Position: (-60.000 m, 7.500 m, 1.500 m)

tarmac: R3, q0: 0.070

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Calculated values:	0.18	0.06	0.02	5
Required values according to class ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Fulfilled/Not fulfilled:	✗	✗	✗	✓

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Valuation Field Sidewalk 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 449

Grid: 19 x 3 Points

E_{av} [lx]
2.25

E_{min} [lx]
0.13

E_{max} [lx]
11

$u0$
0.059

E_{min} / E_{max}
0.012



Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Street 1 / Valuation Field Sidewalk 2 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 449

Grid: 19 x 3 Points

E_{av} [lx]
8.00

E_{min} [lx]
0.08

E_{max} [lx]
47

u_0
0.010

E_{min} / E_{max}
0.002